
RECONOCIMIENTO DE MATERIALES SINTETICOS

JAIME A. BERMUDEZ

- Profesor Universidad EAFIT
- Ingeniero Mecánico U.P.B.

MATERIALES SINTETICOS Y FORMA EN QUE APARECEN

Los materiales sintéticos son materiales orgánicos de moléculas grandes, que se producen completamente artificiales a partir de uniones de moléculas menores o mediante alteración química de materiales naturales de moléculas grandes (principalmente la celulosa). Las principales materias primas son el petróleo, el gas natural y el carbón, a partir de los cuales junto con aire, agua o cloruro de sodio, se obtienen monómeros capaces de reaccionar. Los procedimientos técnicos más importantes para su obtención a partir de monómeros se clasifican de acuerdo al mecanismo de reacción de formación de los polímeros como: Copolimerización, policondensación y poliadición. Los materiales de ahí obtenidos se llamarán, correspondientemente Copolimerizados, policondensado y poliadicionados. Puesto que muchos materiales químicamente semejantes o iguales, se pueden obtener mediante varios procedimientos y a partir de diferentes materias primas, esta clasificación tiene poca importancia para el análisis del material sintético desconocido. El análisis químico, la forma externa en que aparece un material sintético,

así como su comportamiento al calor, dan información para su reconocimiento.

Entre las macromoléculas, de las cuales está compuesto un material sintético, hay, como entre materiales de moléculas más pequeñas, interacciones físicas que son responsables del comportamiento y de las propiedades como: Resistencia, dureza, ablandamiento, etc. Los materiales sintéticos que están compuestos de macromoléculas lineales, "fibras", de varios centenares de (nm) de longitud y unas centésimas de (nm) de diámetro o de cadenas macromoleculares no muy ramificadas, se pueden ablandar mediante calentamiento y en muchos casos también fundirse. En este caso, por encima de una temperatura determinada, las cadenas más o menos orientadas deslizan de tal forma que se obtiene una sustancia con una viscosidad relativamente alta. De acuerdo al estado de ordenamiento de las macromoléculas en estado sólido, se pueden distinguir entre materiales sintéticos parcialmente cristalinos y amorfos; de lo cual también depende el comportamiento durante el calentamiento. Fig. 1. Los materiales sintéticos que mediante calentamiento se ablandan y fluyen, se denominan termoplásticos: mediante enfriamiento del material

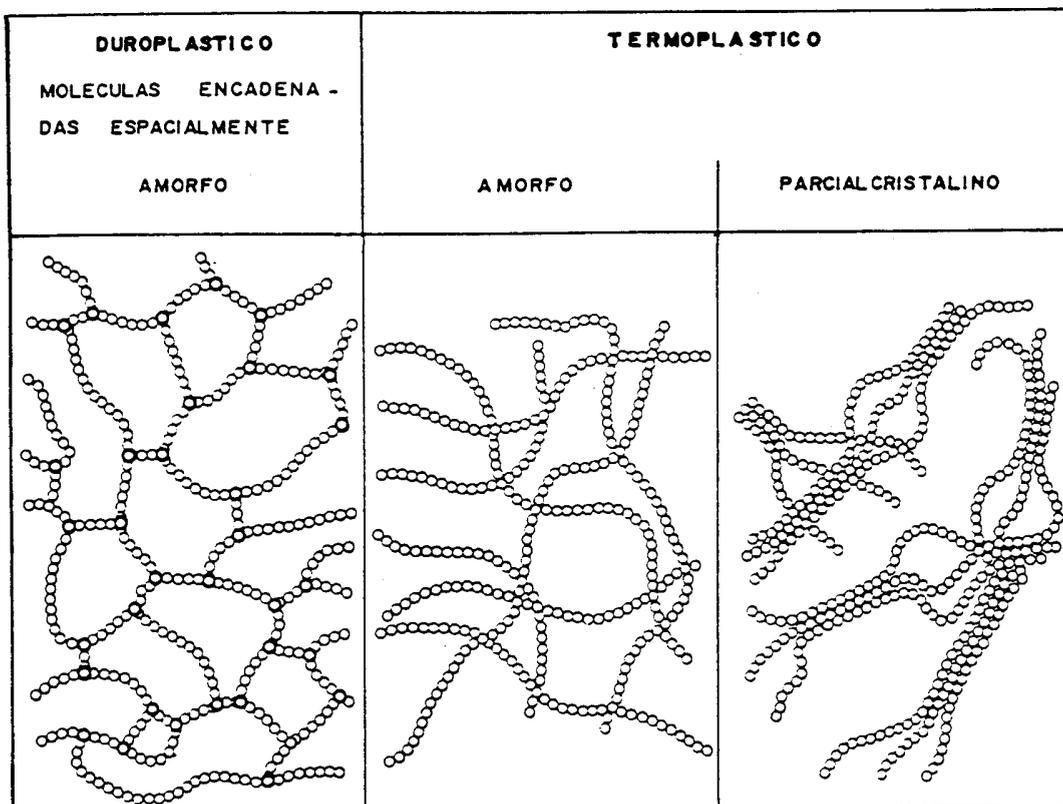


FIG. 1 ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES SINTETICOS

fundido, estos vuelven a solidificar. Sin embargo existen excepciones para ello, como cuando la estabilidad química disminuye con la temperatura y da origen a separación química, se altera la composición química del material sintético durante el calentamiento. Una característica adicional de las cadenas lineales o con pocas ramificaciones es, casi sin excepciones, su solubilidad en diferentes líquidos. Mediante ese método se alteran las interacciones entre las macromoléculas y las moléculas del solvente se deslizan entre las de la cadena del polímero.

Por el contrario a los termoplásticos, los conocidos como duroplásticos (o durómeros), se componen después de su elaboración, esto es, en estado sólido, de macromoléculas encadenadas que por regla no son fundibles ni solubles. Para obtenerlos se utilizan por lo general sustancias fluidas y solubles de moléculas no muy grandes, que mediante la acción de la presión y/o la temperatura o por reacciones químicas con aditivos, y moldeo simultáneo se encadenan (endurecen) y por un fuerte aumento del tamaño molecular se transforman en una red tridi-

mensional. En estos casos se trata de verdaderas moléculas gigantes, que solo mediante destrucción química de los puentes de la red, se pueden transformar en partes más pequeñas, fundibles y solubles. Los duroplásticos contienen por lo general rellenos que puedan alterar la apariencia y las propiedades del producto.

Por último, se puede, a partir de su apariencia externa, reconocer el grupo de los elastómeros, que son deformables caucho-elásticamente y que están compuestos por macromoléculas débilmente encadenadas. En la práctica, el proceso de encadenamiento unido al proceso de moldeo del caucho natural y del sintético se conoce como vulcanización. Los elastómeros, debido a su encadenamiento, hasta un poco por debajo de su temperatura de separación son no fundibles, siendo un modo de distinguirlos de los termoplásticos elásticos como el PVC blando.

En la tabla 1 se dan las características principales de los tres grupos. Para diferenciarlos se utiliza junto con la elasticidad, su comportamiento durante el

TABLA 1. COMPARACION DE DIFERENTES GRUPOS DE MATERIALES SINTETICOS

	TERMO- PLASTICOS	FORMA EN QUE APARECE	DENSIDAD (g/cm ³)	COMPORTAMIENTO MEDIANTE CALENTAMIENTO	COMPORTAMIENTO MEDIANTE TRATAMIENTO CON SOLVENTE
T E R M O P L A S T I C O S	Macromoléculas lineales o ramificadas	Parcialmente cristalino: flexible, turbio, de lechoso a opaco; transparente sólo en hojas delgadas. Amorfo: sin colorantes y aditivos, transparentes; desde duro hasta elástico.	0.9 hasta 1.4 (excepción de PTFE, 2 a 2.3) 0.9 a 1.9	Se ablandan, se funden y se vuelven más transparentes, con frecuencia se estiran en fibras, soldables.	Se hinchan, por norma en frío son difícilmente solubles, pero en la mayoría lo son mediante calentamiento Ej. El polietileno en xilol. Con pocas excepciones, solubles en determinadas soluciones orgánicas después de hincharse.
DURO PLAS TICOS	(La mayoría) macromoléculas encadenadas de malla fina. transparentes.	Duros: la mayoría con relleno, no transparentes, sin relleno,	1.2 a 1.4 con relleno 1.4 a 2.0	Permanecen duros; de forma estable hasta la separación química.	No son solubles, no se hinchan o muy poco.
ELAS TOME ROS	(La mayoría) macromoléculas de malla	Deformables cauchoelásticamente	0.8 a 1.3	No fluyen hasta cerca a la temperatura de separación química.	Insolubles por lo general se hinchan.

calentamiento así como la densidad y la solubilidad; sin embargo, debido a los aditivos, pigmentos o refuerzos, se pueden presentar desviaciones grandes, de tal forma que su clasificación de acuerdo con los criterios dados no es posible. Especialmente las densidades dadas en la Tabla 1 se deben mirar como cifras aproximadas para materiales compactos. Los espumados tienen densidades alrededor o bajo 0.1 gr/cm³, los espumados estructurales con superficie cerrada y núcleo poroso tienen densidades entre 0.2 y 0.9 gr/cm³ y no son fácilmente reconocibles como tales mediante su apariencia externa.

Aquí no es posible llegar a las peculiaridades de la gran cantidad de tipos de materiales sintéticos, que puedan darse dentro de los tres grupos mencionados. La industria de materiales sintéticos está hoy en capacidad de producir mediante copolimerización o por modificación química una gran cantidad de combinaciones de propiedades que dificultan en alto grado el reconocimiento de los materiales sintéticos.

La distinción exterior de los termoplásticos, duroplásticos y elastómeros permiten solo en casos muy sencillos dar pistas sobre la composición química del material.

En los últimos años han salido al mercado una gran cantidad de sistemas de mezclas de diferentes polímeros, se designan Blends o aleaciones sintéticas. Su reconocimiento mediante métodos sencillos presenta grandes dificultades, porque el ensayo de llama y el de pirólisis no dan resultados claros. Una separación de grupos mediante el valor PH de los pirolizados tampoco permite una clasificación segura. En tales casos, es posible separar mezclas de polímeros por medio de la diferencia de solubilidad de partes constituyentes, y proceder a identificarlas.

Para ello no existe un proceso general de separación. Relativamente fácil es el análisis de mezclas de poliamidas y poliolefinas, puesto que la porción de poliamida puede ser disuelta mediante hidrólisis ácida y el producto de separación se puede analizar como se verá más adelante.

En la Tabla 2 se da una lista de los principales Blends ofrecidos en el mercado con nombres comerciales y productores.

Se debe mencionar también, que las fibras artificiales y los cauchos artificiales a pesar de su composición química similar a la de los materiales sintéticos, no se consideran entre ellos. Su reconocimiento aquí será siempre y cuando aparezcan como materiales sintéticos por ejemplo la policaprolactama se utiliza tanto como material para fibras como también como material de construcción de piezas.

En la tabla 2 se dan las abreviaturas y los nombres comerciales de los principales materiales sintéticos.

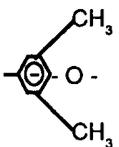
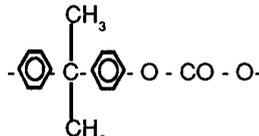
GENERALIDADES SOBRE ANALISIS DE MATERIALES SINTETICOS PROCESO DE ANALISIS

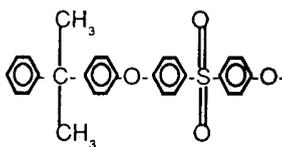
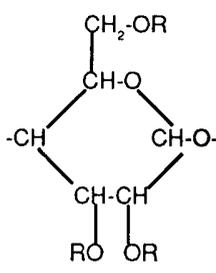
Para el análisis de cualquier material sintético se comienza con una serie de pre-análisis. Junto con la determinación de algunas características típicas como: Solubilidad, densidad, ablandamiento y fusión, el comportamiento mediante calentamiento en tubos de ensayo (ensayo de pirólisis) y en llama (ensayo de quemado), juega un papel importante. En casos en que con ello no sea posible una identificación segura, se ensaya entonces la presencia de los así llamados heteroelementos: nitrógeno y halógenos (principalmente Cloro y Fluor) así como Azufre.

TABLA 2. PRINCIPALES MATERIALES SINTETICOS

2.1 TERMOPLASTICOS			
DESIGNACION TECNICA	ABREVIATURA SEGUN DIN 7728	UNIDAD ESTRUCTURAL	NOMBRES COMERCIALES
POLIETILENO	PE	-CH ₂ -CH ₂ -	ALKATHENE, BAYLON, ELTEX, HOSTALEN, LUPOLEN, MARLEX, MOPLEN, VESTOLEN A.
ETILENO-COPO-LIMERIZADO	EEA	CON ACRILATO-ETILICO CON ACETATO DE VINILO	ALKATHENE, BAYLON, LEVA PREN, LEVASINT, LUPOLEN

DESIGNACION TECNICA	ABREVIATURA SEGUN DIN 7728	UNIDAD ESTRUCTURAL	NOMBRES COMERCIALES
POLIETILENO CLORADO	PEC		BAYER CM, HOSTAPREN, LUTRIGEN
POLIETILENO CLOROSULFONADO	CSM		
POLIPROPILENO	PP	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	HOSTALEN PP, MOPLEN, NOVOLEN, PROFAX, PP, PROPATHE-NE, VESTOLEN P
POLIBUTENO 1	PB	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	VESTOLEN BT, WITRON
POLI-ISOBUTILENO	PIB	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	OPANOL, RHEPANOL, VISTANEX
POLI-4-METIL-PENTENO 1	PMP	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	RESINA TPX
POLIESTIRENO	PS	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	CARINEX, LUSTREX, PLYSTYROL, VESTYRON
POLIESTIRENO MODIFICADO (RESISTENTE AL IMPACTO)	SB	COPOLIMERO PFPFOPF CONPOLIBUTADIENO. COPOLIMERO PFPFOPF CON CAUCHO EPDM.	LUSTREX, POLYSTYROL, VESTYRON
ESTIRENO-COPOLIMERIZADO	SAN	CON ACRILICO NITRILO	LURAN, LUSTRAN
ABS	ABS	POLIMERO DE ACRILONITRILO, BUTADIENO Y ESTIROL	CYCLAC, LUSTRAN, NOVODUR, TERLURAN
ASA	ASA	POLIMERO DE ACRILONITRILO, ESTIROL Y ACRILESTER	LURAN S
POLIVINILCLORURO	PVC	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CL} \end{array}$	HOSTALIT, SOLVIC, VESTOLIT, VINOFLEX, VINNOL
PVC MODIFICADO (RESISTENTE AL IMPACTO)		CON COPOLIMEROS EVA O CON PFPFOPF COPOLIMEROS EVA/VC CON POLIETILENO CLORADO CON ACRILATO	VESTOLIT BAU, VINNOL HOSTALIT Z CONCENTRADO DE VINURAN, VINIDUR
POLIVINILIDENCLORURO	PVDC	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{C}- \\ / \quad \backslash \\ \text{CL} \quad \text{CL} \end{array}$	

DESIGNACION TECNICA	ABREVIATURA SEGUN DIN 7728	UNIDAD ESTRUCTURAL	NOMBRES COMERCIALES
POLITETRAFLUOR-ETILENO	PTFE	$-CF_2-CF_2-$	FLUON, HOSTAFLON TF, TEFLON
COPOLIMERO DE TETRAFLUORETILENO	PETFE PFEP	COPOLIMERO CON ETILENO COPOLIMERO CON HEXA-FLUORPROPILENO	HOSTAFLON ET, TEFLON NOPLON, TEFLON
POLITRIFLUOR-COROETILENO	PCTFE	$-CF_2-CF-$ CL	FLUOROTHENE, KEL F
TRIFLUORCORO-ETILENO COPOLIMERIZADO	PECTFE	COPOLIMERO CON ETILENO	HALAR
POLIMERO PER-FLUORALKOXY	PFA	$CF_2-CF_2-CF-CF_2-$ OR CON R= CmFzm+1	TEFLON PFA (M=3)
FLUORURO DE POLIVINILO	PVF	$-CH_2-CH-$ F	TEDLAR (HOJAS)
POLIVINILDENFLUORURO	PVDF	$-CH_2-CF_2-$	DIFLON, SOLEF
POLIACRILONITRILO	PAN	$-CH_2-CH$ CN	BAREX, CYCLESAFE, LOPAC, (TODOS COPOLIMEROS CONS- TIROL)
POLIACRILACIDO		$-CH_2-CH$ CON DIFERENTES COOR RESTOS ALCOHO- LICOS R	ACRONAL, FLEXTOL
POLIMETILMETACRI-LATO	PMMA	CH_3 CH_2-C- COOCH ₃	DEGALAN, PERSPEX, PLEXI- GLAS, RESARIT
METILMETACRI-LATO COPOLIMERIZA-DO	AMMA	COPOLIMERO CON ACRILONITRILO	OROGLAS, FLEXIDUR PLUS
POLIFENILOXI	PPO		
PPO MODIFICADO		CON POLISTROL O PA	NORIL, LURANIL, VESTORAN
POLICARBONATO	PC		LEXAN, MACROLON

DESIGNACION TECNICA	ABREVIATURA SEGUN DIN 7728	UNIDAD ESTRUCTURAL	NOMBRES COMERCIALES
TEREFTALATO DE POLIETILENO	PETP	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-\text{O}-$	ARNITE, CRASTIN, POCAN, ULTRALEN, VESTODUR
TEREFTALATO DE BUTENO	PETP PBTB	$-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_2-\text{O}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-\text{O}-$	ARNITE, CELANETEX, CRASPOLITIN, POCAN, PTMT, TENITE
POLIAMIDA	PA		ULTRADUR, VESTODUR
POLIAMIDA 6	PA6	$-\text{NH}(\text{CH}_2)_5\text{CO}-$	DURETHAN B, GRILON, MARANYL, ORGAMID, TECHNIL, ULTRAMID B
POLIAMIDA 6,6	PA66	$-\text{NH}(\text{CH}_2)_6\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4\text{CO}-$	DURETHAN A, MARANYL, TECNYL, ULTRAMIDA, ZYTEL
POLIAMIDA 6,10	PA610	$-\text{NH}(\text{CH}_2)_6\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_8\text{CO}-$	MARANYL, TECNYL, ULTRAMIOS, ZYTEL
POLIAMIDA 11	PA11	$-\text{NH}(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}-$	RILSAN B
POLIAMIDA 12		$-\text{NH}(\text{CH}_2)_{11}\text{CO}-$	GRILAMID, RILSANA, VESTAMIDA
POLIAMIDA AROMATICA		CON ACIDO TEREFTALICO	TROGAMID T
POLIFENILENO-SULFURO	PPS	$-\text{C}_6\text{H}_4-\text{S}-$	RYTON
POLIETER SULFONADO	PES	$-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_2-\text{O}-$	POLIETER SULFONADO
			UDEL
CELULOSA (R=H) -ACETATO (R=COCH3) -ACETOBUTIRATO -PROPIONATO (R=CO-CH2-CH3) -NITRATO (R=NO2)	CA CAB CP		CELLIDOR, CELLIT, TENITE
METILCELULOSA (R=CH3)	MC		CELULOID

DESIGNACION TECNICA	ABREVIATURA SEGUN DIN 7728	UNIDAD ESTRUCTURAL	NOMBRES COMERCIALES
ETILCELULOSA (R=C ₂ H ₅)	EC		
RESINAS, DISPERSIONES Y OTROS PRODUCTOS ESPECIALES			
POLIVINILACETATO	PVAC	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-CH} \\ \\ \text{O-CO-CH}_3 \end{array}$	MOWILIT, VINNAPAS
VINILACETATO COPOLIMERIZADO		VAC/ MALEINATO VAC/ VERSATATO VAC/ ACRILATO VAC/ ETILENO	
POLIVINILALCOHOL	PVAL	$\begin{array}{c} \text{-CH}_2\text{-CH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	MOWIOL, POLYVIOL
POLIVINILETER	PVA	$\begin{array}{c} \text{-CH}_2\text{OR CH-} \\ \\ \text{OR} \end{array} \text{ CON DIFERENTES R}$	LUTONAL
POLIVINILACETAL	PVB	CON BUTIRALDEHIDO CON FORMALDEHIDO	MOWITAL, PIOLOFORM
POLIOXIMETILENO (POLIACETAL)	POM	-CH ₂ -O-	DELRIN, HOSTAFORM, ULTRAFORM
POLIETER CLORADO		$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{CL} \\ \\ \text{-CH}_2\text{-C-O-} \\ \\ \text{CH}_2\text{CL} \end{array}$	PENTON
SILICONA	SI	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{-Si-O R=CH}_3\text{(EJ.)} \\ \\ \text{R} \end{array}$	DAYSILON, SILICONA WACKER
FIBRA VULCANIZADA	VF		
CASEINA	CS	-NH-CO-	GALALITH

2.2 MATERIALES SINTETICOS ENDURECIBLES

DESIGNACION TECNICA O QUIMICA	ABREVIATURA SEGUN DIN 7728	MATERIAL DE PARTIDA	GRUPOS REACTIVO O ENDURECIDOS	FORMA DE EMPLEO
FENOPLAS-PLASTICOS			-CH ₂ OH	
RESINA FENOLICA	PF	FENOL Y FENOLES SUSTITUIDOS (EJ CRESOLES) Y FORMALDEHIDO		NOVOLAKE, NO AUTOENDURECIBLE; ENDURECIMIENTO MEDIANTE POR EJ. CON HEXAMETILENTETRAMINA (UROTROPIN) RESOLE (ENDURECE MEDIANTE PRESION Y CALOR EVENTUALMENTE CON CATALIZADORES A RESITEN).
RESINA CRESOL	CF	CRESOL Y FORMALDEHIDO	O	
AMINOPLASTICOS				
RESINA FORMALDEHIDO	UF	OLAMINA DE ACIDO CARBONICO (ALGUNAS VECES TIODAMIDA) Y FORMALDEHIDO	NH ₂ ;-NH-CH ₂ OH	PRODUCTO COMO SOLUCION ACUOSA O SOLIDA, ENDURECIMIENTO BAJO PRESION Y CALOR EVENTUALMENTE CATALIZADORES.
RESINA MELANIMICA FORMALDEHIDO	MF	MELAMINA Y FORMALDEHIDO	-N(CH ₂ OH) ₂	
RESINA POLIESTERICA NO SATURADA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO	UP GUP o GF-UP	POLIESTER CON ACIDO DICARBONICO NO SATURADO, ACIDOS SATURADOS COMO: ACIDO BERNSTEIN, ACIDO ADIPIN, ACIDO FTALICO Y DIOGEN EJ. BUTANDIOL	-CO-CH=CH-CO-	POLIESTER PRINCIPALMENTE EN ESTIRENO, RARAS VECES SOLUBLE EN OTRO MONOMERO; ENDURECIMIENTO MEDIANTE COPOLIMERIZACION RADICAL CON CATALIZADORES QUE ACTUAN EN FRIJO O EN CALIENTE.
RESINA EXPOXICA	EP	DE DI-O POLIOLENO O BISFENOL Y EPICLORHIDRIN U OTROS FORMADORES DE EPOXI		PRODUCTOS LIQUIDOS O SOLIDOS QUE ENDURECEN EN FRIJO COMO POR EJ. DI O POLIAMINAS, O EN CALIENTE COMO POR EJ. ACIDO DICARBONICO O CON ANHIDRIDO
POLIURETANO	PUR	DI-O POLISOCIANATO REACCION CON DI-O POLIOLENO PARA DAR PRODUCTOS DUROS O BLANDOS	N=C=O+HO-	ISOCIANATO (NOMBRES COMERCIALES; DESMODUR, ELASTONAT, LURPANAT) Y UNIONES QUE CONTIENEN GRUPOS OH (EJ DESMOPHENE, ELASTOPHENE, LUPRANOL) SE TRANSFORMAN EN ESTADO LIQUIDO O FUNDIDO.

2.3 ELASTOMEROS

DESIGNACION TECNICA O QUIMICA	ABREVIATURA SEGUN DIN 7728	MATERIAL DE PARTIDA	UNIDAD BASICA	TIPICA
POLIBUTADIENO	BR	BUTADIENO	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}=\text{CH}_2 \end{array}$	UNION 1,4 CIS O TRANS UNION 1,2 EVENTUAL ISOSIN O ATACTICA
POLICLORO- PRENO	CR	CLOROPRENO	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CL} \end{array}$	Y ESTRUCTURA DE ISOMERO
POLIISOPRENO	NR	ISOPRENO CAUCHO NATURAL	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	CIS-1,4 POLIISOPRENO (GUTAPERCHA O BALATA TRANS-1-4-POLIISOPRENO)
BUNA N	NBR	ACRILONITRILO Y BUTADIENO		
BUNA S	SBR	ESTIRENO Y BUTADIENO		
CAUCHO DE BUTILO	IIR	ISOBUTILENO Y POCO ISOPRENO		
CAUCHO ETILE- NOPROPILENO	EPM EPDM EPD	ETILENO Y PROPILENO EPM CON -DIEN-COMPONENTES		
CAUCHO DE FLUOR	FE	OLEFINAS CON CONTENIDO DE FLUOR		
CAUCHO CLO- ROHIDRATADO	CHR	EPICLOROHIDRATO- OXIETILENO-COPOLIMERIZADO		
CAUCHO OXI- PROPILENICO	POR	COPOLIMERO DE OXIPROPILENO Y ALIGLICIDILETER		

2.4 BLENDS O ALEACIONES SINTETICAS

BLENDS POLIMERICOS	NOMBRE COMERCIAL	PRODUCTOR
ABS/PVC	ABSON CYCOLOY EH CYCOVIN KAB KRALASTIC FVM POLIMAN 509	GOODRICH CHEMICAL Co. BORG WARNER CHEMICALS BORG WARNER CHEMICALS USS CHEMICALS A SCHULMAN GmbH

BLENDOS POLIMERICOS	NOMBRE COMERCIAL	PRODUCTOR
ABS/TPU	CYCOLOY ESTANE PELLETHANE	BORG-WARNER CH. GODRICH CH-Co. UPJOHN POLIMER CHEM DIV.
BLENDOS-PA	BEETLE AC1 DURETAN VP KL 1-2311 6 POLYLOY BC 80 SCHULAMID ZYTEL	BIP CHEMICAL LTD. BAYER A.G. DR. ILLING GmbH A SCHULMAN GmbH DU PONT DE NEMOURS GmbH
PBTB/PB	POCAN S 1506	BAYER AG.
PC/ABS	BAYBLEND CYCOLAC CYCOLOY MOLDEX A POLIMAN HT	BAYER AG. BORG-WARNER CH. BORG-WARNER CH. ANIC S p.A A. SCHULMAN GmbH
PC/PBTP	MAKROBLEND XENOY CL 100	BAYER AG. GENERAL ELECTRIC Co.
PC/PS-HI	BAYBLEND H	BAYER AG.
PETP/PC	ROPET	ROHM Y HAAS Co.
PI/PPS	TRIBOLON UPJOHN 2080	TRIBOLON INDUSTRIES FLUORU- PLASTICS UPJOHN POLYMER CHEM. DIV.
PMMA/PC	DIAKON	ICI
PMMA/PVC	AKRVLIVIN KYDEX	GENERAL TIRE & RUBBER Co. ROHM Y HAAS Co.
POM/ELASTOMERO	DELRIINT, ST ULTRAFORM N2640X	DU PONT NEMOURUS GmbH BASF AG.
PP/EPDM	HOSTALEN PP VESTOLEN EM	HOECHST AG. HULS AG.
PPO/PA	NORYL GTX	GENERAL ELECTRIC Co.
PPO/PS	NORYL	GENERAL ELECTRIC Co.
PPSU/ABS	MINDEL	UNION CARBIDE
PPSU/SAN	UCARDEL	UNION CARBIDE

Aqui se puede seguir un procedimiento sistemático, principalmente sobre el ensayo de solubilidad y sobre algunos ensayos específicos sencillos. Junto con lo anterior, eventualmente, se puede detectar la presencia de aditivos orgánicos o inorgánicos o de otros complementos, como por ejemplo: Ablandadores o estabilizadores, en donde, además por medios sencillos rara vez se puede dar una declaración adecuada sobre su tipo y cantidad.

PREPARACION DE PROBETAS

Los sintéticos se presentan en la práctica, como material bruto, en forma de polvo, granulados y algunas veces como dispersiones; trabajados, aparecen por ejemplo en forma de hojas, láminas, películas, perfiles o piezas de cualquier forma.

Para algunos pre-análisis; el material se puede utilizar en la forma en que se consigue (granulado, virutas, etc.), como por ejemplo en el ensayo de quemado. Para la mayoría de los ensayos es más favorable cuando el material se presenta finamente pulverizado. Para el pulverizado se utiliza un molino; mediante enfriamiento con la adición de hielo seco, los materiales dúctiles se vuelven frágiles y además se disminuye el calentamiento durante el pulverizado.

Con frecuencia, los materiales sintéticos trabajados, contienen aditivos como estabilizadores, ablandadores, rellenos y pigmentos. En los casos más sencillos, tales elementos no dificultan los pre-análisis. Para ensayos cuantitativos o para una segura identificación, deben ser separados con anterioridad.

Materiales que mejoran la capacidad de trabajo como estabilizadores, se pueden, en la mayoría de los casos, extraer mediante éter u otro medio orgánico de solución.

Los polímeros no encadenados se pueden separar de los rellenos o materiales de refuerzo mediante solución en un medio adecuado. Todas las partes no solubles permanecen en el fondo y pueden ser separados mediante filtrado o decantación.

El polímero disuelto puede ser recuperado mediante la adición de 5 a 10 veces su volumen, de un medio no disolvente, por lo general Metanol y eventualmente Agua.

Los materiales sintéticos encadenados, debido a su insolubilidad, no se pueden separar de los rellenos mediante estos métodos. Los rellenos inorgánicos se pueden separar mediante calcinado de la probeta, en crisol de porcelana.

PRE-ANALISIS SOLUBILIDAD

Entre los muchos solventes ampliamente utilizados se encuentran: Bensol, tetrahydro-furán, Dimetil formanida, dietileter, acetona, ácido fórmico; y eventualmente también cloruro de metileno, acetato etílico, etanol y agua. El comportamiento de los principales materiales sintéticos respecto a algunos solventes, se dan en las Tablas 3 y 4. Para el análisis sistemático de materiales sintéticos, la distinción entre polímeros solubles e insolubles nos permiten clasificarlos en dos grupos, que pueden ser analizados adicionalmente mediante métodos químicos.

Para el ensayo de solubilidad se vierte alrededor de 0.1 gr del material sintético, lo más finamente pulverizado, en un tubo de ensayo y se agregan de 5 a 10 ml. del solvente.

Se agita durante varias horas y se observa algo de hinchazón de la muestra, que puede durar largo tiempo. En algunos casos se calienta el tubo con la muestra, con una agitación constante y suave, lentamente en una llama o mejor en agua hirviendo; aquí se debe tener mucho cuidado con la ebullición repentina, para evitar el salpicado, debido a que la mayoría de los solventes orgánicos o sus vapores son combustibles.

TABLA 3. SOLUBILIDAD DE DIFERENTES MATERIALES SINTETICOS

POLIMEROS	SOLVENTE	NO SOLVENTE
POLIETILENO, POLIBUTANO1	XILOL-P, TRICLORO BENCENO	ACETONA, DIETLETER, ALCOHOLES BAJOS
POLIPROPILENO ISOTACTICO	DEKAN DEKALIN	
POLIPROPILENO ATRACTICO	HIDROCRABUROS ISOAMILGETATO	ETILACETATO, PROPANOL
POLIISOBUTILENO	HEXAN, BENCENO, TETRACLO- RURO DE CARBONO, TETRAHI- DROFURAN	ACETONA, METANOL, METILACETATO
POLIBUTADIENO, POLIISO- PRENO	HIDROCARBUROS ALIPATICOS Y AROMATICOS	ACETONA, DIETLETER, ALCOHOLES BAJOS

POLIMEROS	SOLVENTE	NO SOLVENTE
POLIESTIRENO	BENCENO, TOLUENO, CLOROFORMO, CICLOHEXANO, BUTILACETATO CS ₂	ALCOHOLES BAJOS, ACETONA, DIETILETER
POLIVINILCLORURO	TETRAHIDROFURANO, CICLOHEXANON, DIMETILFORMAMIDA	METANOL-ACETONA, HEPTANO
POLIVINILFLURURO	CICLOHEXANON - DIMETILFORMAMIDA	HIDROCARBUROSALIFATICOS, METANOL
POLITETRAFLUORETILENO	INSOLUBLE	
POLIVINILACETATO	BENCENO, CLOROFORMO, METANOL, ACETONA, BUTILACETATO	DIETILETER, BUTANOL
POLIVINILISOBUTILETER	ISOPROPANOL, CLOROFORMO, HIDROCARBUROS AROMATICOS	METANOL, ACETONA
POLIACRILIO Y POLIACRILACIDO ESTER	CLOROFORMO, ACETONA, ETILACETATO, TETRAHIDROFURNA TOLUENO	METANOL, DIETILETER
POLIACRILONITRILLO	DIMETILFORMAMIDA, DIMETILSULFONADO, ACIDO SULFURICO CONCENTRADO	ALCOHOLES, DIETILETER, AGUA, HIDROCARBUROS
POLIACRILAMIDA	AGUA	METANOL, ACETONA
POLIACRILACIDO	AGUA, METANOL, DIOXAN, DIMETILFORMAMIDA	HIDROCARBUROS, METILACETATO, ACETONA
POLIVINILALCOHOL DIMETILSULFOXIDO	AGUA, DIMETILFORMAMIDA	HIDROCARBUROS, METANOL, ACETONA DIETILETER
CELULOSA	CLORURO DE ZINC AGUADO, TIOCIANATO DE CALCIO AGUADO	
CELULOSA-2-ACETATO	ACETONA	CLORURO DE METILENO
TRIACETATO O CELULOSA	CLORURO DE METILENO, CLOROFORMO, DIOXAN	METANOL, DIETILETER
CELULOSATRIMETILETER	CLOROFORMO, BENCENO	ETANOL, DIETILETER
CARBOXIMETIL CELULOSA	AGUA	METANOL
POLIESTER ALIFATICO	CLOROFORMO, ACIDO FORMICO, BENCENO	METANO, DIETILETER, HIDROCARBUROS ALIFATICOS
POLIETILENOGLICOL-TEREFTALATO	KRESOL-m, CLOROFENOL-O, NITROBENCENO	METANO, ACETONA, HIDROCARBUROS ALIFATICOS
POLIAMIDA	ACIDO FORMICO CONCENTRADO, ACIDO SULFURICO, DIMETILFORMIDA, CRESOL-m	METANO, ACETONA, HIDROCARBUROS

POLIMEROS	SOLVENTE	NO SOLVENTE
POLIURETANO (NO EN-CADENADO)	ACIDO FORMICO, DIMETILFORMAMIDA, CRESOL-m	METANO, ACETONA, HIDROCARBUROS
POLIOXIMETILENO	r-BUTIROLECTON, DIMETILFORMAMIDA	METANO, ACETONA, HIDROCARBUROS ALIFATCOS
POLIDIMETILSILOXAN	CLOROFORMO, HEPTAN, BENCENO	METANOL, ETANOL

Cuando no se puede tomar una decisi3n clara, o cuando quedan partes no solubles, se filtra o se decanta, despu3s de haber dejado la probeta toda la noche, una parte del flu3do resultante y se evapora una muestra de 3l, en un vidrio de reloj en donde quedan los materiales no disueltos.

La solubilidad de un material sint3tico depende mucho de su composici3n qu3mica y parcialmente tambi3n de la magnitud del peso molecular. Los solventes dados en la tabla 4 no permiten siempre una decisi3n clara.

DENSIDAD

La densidad, como el cociente entre la Masa M y el Volumen V de un material, en los materiales sint3ticos, s3lo se puede utilizar limitadamente, puesto que estos materiales trabajados, poseen poros o puntos defectuosos; sin embargo en tales casos se determinar3 la densidad bruta como el cociente entre la masa y el volumen limitado por las dimensiones externas de la probeta. La densidad real puede, as3 como la densidad bruta medirse mediante determinaci3n del volumen y el pesado de la muestra.

TABLA 4. SOLVENTES PARA MATERIALES SINTETICOS

AGUA	TETRAHIDRO FURANO	XIOL-HIRVIENTE (DMF)	DIMETILFORMAMIDA	ACIDO FORMICO	INSOLUBLES EN ESTOS SOLVENTES
POLIACRILAMIDA	TODOS LOS POLIMEROS NO ENCADENADOS	POLIOLEFINAS	POLIACRILONITRILO	POLIAMIDA	HIDROCARBUROS POLIFLUORADOS
POLIVINILALCOHOL		POLIMEROS DE ESTIRENO	POLIFORMALDEHIDO	DERIVADOS DE POLIVINILALCOHOL	TEREFTALATO DE POLIETILENO
POLIVINILMETILETER		POLIMEROS VINILCLORADOS		CONDENSADOS DE MELAMINA-FORMALDEHIDO	POLIMEROS ENCADENADOS
OXIPOLIETILENO		PLIACRILESTER			
POLIVINILPIRROLIDON		POLITRIFLUORCLOROETILENO			

En cuerpos compactos, para el c3lculo del Volumen es suficiente la medici3n de la probeta; para muestras en polvo; o en granos se mide el volumen mediante aumento del nivel de la superficie de un l3quido en el cual se vierten.

En ambos casos se requieren pesajes relativamente exactos. Cuando no se dispone de m3todos de medici3n de densidad, se puede recurrir, a colocar la

probeta en metanol, densidad a 20^o C: 0.79 gr/cm³, en agua= 1.00 gr/cm³, en agua saturada con cloruro de magnesio= 1.34 gr/cm³ o en agua saturada con cloruro de Zinc= 2.01 gr/cm³ y observar si flota, queda en suspensi3n o se hunde, 3sto requiere decir que posee una densidad igual ligeramente superior o inferior que el l3quido de ensayo. En la tabla 5 se dan las densidades brutas de los principales materiales sint3ticos.

Para la preparación de las soluciones saturadas se vierte lentamente $ZnCl_2$ o $MgCl_2$ puros, en agua destilada, bajo agitación, hasta que no se disuelva más y quede en el fondo. Se observa que el proceso de solución es lento y que los productos finales son relativamente viscosos.

Para el suministro de un litro de solución saturada se requiere alrededor de 1575 gr de $ZnCl_2$ y 475 gr de $MgCl_2$. Ambas soluciones son higroscópicas de tal forma que deben ser almacenadas en frascos tapados.

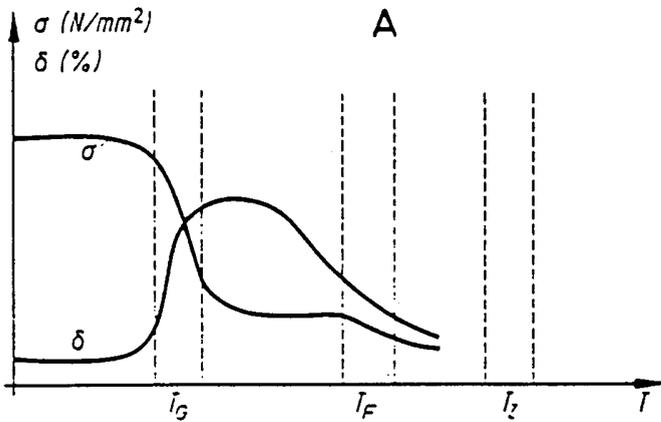
TABLA 5 DENSIDADES BRUTAS DE LOS PRINCIPALES MATERIALES SINTETICOS

DENSIDAD	MATERIAL
0.80	CAUCHO DE SILICONA
0.85 - 0.92	POLIPROPILENO
0.89 - 0.93	POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD
0.91 - 0.92	POLIBUTENO - 1
0.91 - 0.93	POLIISIBUTILENO
0.92 - 1.00	CAUCHO NATURAL
0.94 - 0.98	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
1.01 - 1.04	POLIAMIDA 12
1.03 - 1.05	POLIAMIDA 11
1.04 - 1.06	ACROLONITRILLO - BUTADIEN - ESTIRENO - COPOLIMERIZADO (ABS)
1.04 - 1.08	POLIESTIRENO
1.05 - 1.07	POLIOXIFENILENO
1.06 - 1.10	ESTIROL- ACRILONITRILLO COPOLIMERIZADO
1.07 - 1.09	POLIAMIDA 610
1.12 - 1.15	POLIAMIDA 6
1.13 - 1.16	POLIAMIDA 66
1.10 - 1.40	RESINA EPOXICA, RESINA POLIESTERICA NO SATURADA
1.14 - 1.17	POLIACRILONITRILLO
1.15 - 1.25	ACETOBUTIRATO DE CELULOSA
1.16 - 1.20	POLIMETILMETACRILATO
1.17 - 1.20	POLIVINILACETATO
1.18 - 1.24	PROPIONATO DE CELULOSA
1.19 - 1.35	PVC BLANDO (40% ABLANDADOR)
1.20 - 1.22	POLICARBONATO CON BASE DE BISFENOL - A
1.20 - 1.26	POLIURETANO ENCADENADO
1.26 - 1.28	RESINA FENOL - FORMALDEHIDO
1.21 - 1.31	POLIVINILALCOHOL
1.25 - 1.35	ACETATO DE CELULOSA
1.38 - 1.41	PVC DURO
1.30 - 1.41	RESINA DE FENOLFORMALDEHIDO CON RELLENO ORGANICO
1.34 - 1.40	CELULOIDE
1.38 - 1.41	TEREFTALATO DE POLIETILENO
1.41 - 1.43	POLIOXIMETILENO (POLIFORMALDEHIDO)
1.47 - 1.52	RESINA DE MELAMINA FORMALDEHIDO CON RELLENO ORGANICO
1.47 - 1.55	POLIVINILCLORURO POST-CLORADO
1.50 - 2.00	FENOPLASTICOS Y AMINOPLASTICOS CON RELLENO INORGANICO
1.80 - 2.30	POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Y RESINA EPOXICA
1.86 - 1.88	POLIVINILIDENCLORURO
2.10 - 2.20	POLITRIFLUORMONOCOROETLENO
2.10 - 2.30	POLIETETRAFLUOR ETILENO

COMPORTAMIENTO BAJO CALENTAMIENTO

Los termoplásticos no encadenados se ablandan por lo general cuando se comienza el calentamiento y posteriormente al continuarlo comienzan a fluir, en los polímeros amorfos, en un rango amplio y no muy definido. Los materiales sintéticos parcialmente

crystalinos, tienen por lo general rangos de fusión más estrechos pero que no están muy bien definidos. Fig. 2. Por encima de la temperatura de fluencia, comienza la separación térmica de la muestra (pirólisis), mediante la cual se forman productos de separación de bajo peso molecular que por lo general son combustibles y poseen un olor característico.



RANGO DE UTILIZACION ESTADO VITREO DURO ELASTICO

RANGO DE DEFORMACION ESTADO ELASTICO BLANDO

FUSION

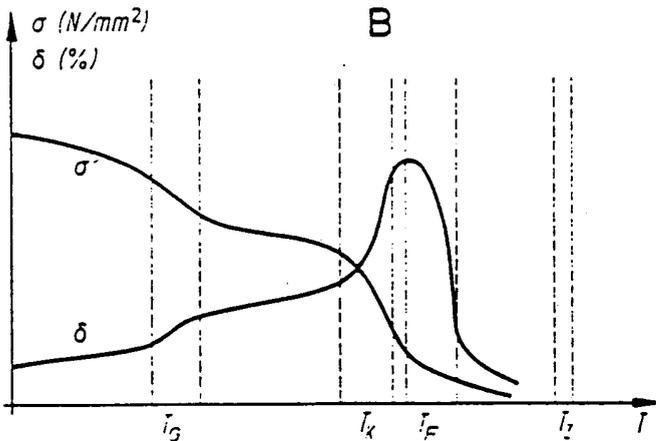
SEPARACION

T_g = TEMPERATURA VITREA O DE CONGELACION

T_f = TEMPERATURA DE FLUENCIA

T_k = TEMPERATURA DE FUSION DEL CRISTAL

T_z = TEMPERATURA DE SEPARACION



ESTADO VITREO FRAGIL

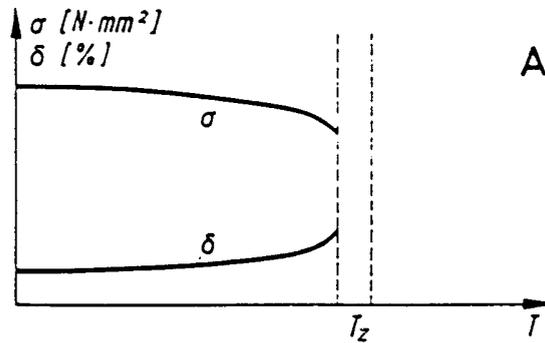
RANGO DE USO ESTADO ELASTICO TENAZ

FUSION

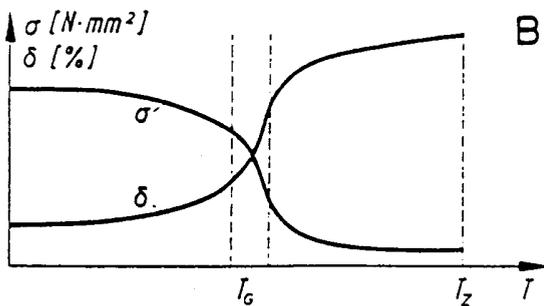
FIG. 2 DEPENDENCIA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION σ Y DE LA DEFORMACION δ CON LA TEMPERATURA PARA TERMOPLASTICOS AMORFOS (A) Y PARCIALMENTE CRISTALINOS (B).

Los duroplásticos y los elastómeros no muestran por regla ninguna fluencia, o muy pequeña, hasta el punto de separación Fig. 3, pero forman algunas veces, productos de separación típicos que puedan dar información importante para sureconocimiento.

Junto con el ensayo de pirólisis, el de quemado puede suministrar puntos de reconocimiento importantes, puesto que el comportamiento bajo llama, deja reconocer claras diferencias de acuerdo al tipo de material sintético.



ESTADO VITREO, RANGO DE UTILIZACION.



ESTADO VITREO ESTADO CAUCHO-
ELASTICO
RANGO DE UTILIZACION

FIG. 3 DEPENDENCIA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION σ Y DE LA DEFORMACION δ CON LA TEMPERATURA. PARA DUROPLASTICOS(A) Y ELASTOMEROS (B).

El ensayo de pirólisis y de quemado pertenecen a los principales procesos de pre-análisis de los materiales sintéticos. Permiten la obtención de claves directas que se pueden terminar mediante ensayos específicos.

ENSAYO DE PIROLISIS

Para el ensayo del comportamiento de un material sintético al calor, sin exposición directa a la llama, se coloca una pequeña muestra en un tubo de ensayo, sujetándolo de su parte superior con una pinza. En el extremo abierto se coloca un papel tornasol humedecido o un papel PH. Para tal ensayo se

coloca en el extremo abierto del tubo una porción de estopa o de lana de vidrio humedecida con agua o con metanol. El tubo se calienta en la llama de un mechero. (Cuidado con las salpicaduras!). El calentamiento se realiza lentamente, para poder observar las variaciones de la muestra y el olor de los gases de separación.

Después de la reacción, los vapores ablandadores dejan reconocer tres grupos de reacciones: Ácidas (coloración roja del papel tornasol), neutras (ninguna variación de color) y básicas (alcalinas) (coloración azul del papel tornasol). Algo más sensible es el ensayo mediante la utilización de papel PH.

TABLA 6 REACCION DE LOS VAPORES DE MATERIALES SINTETICOS MEDIANTE CALENTAMIENTO LENTO DE UNA MUESTRA EN UN TUBO DE ENSAYO

PAPEL TORNASOL		
ROJO	POCA VARIACION	AZUL
0.5 - 4.0	5.0 - 5.5	8.0 - 9.5
POLIMEROS HALOGENOS POLIVINILESTER ESTER DE CELULOSA TEREFTALATO DE POLIETILENO ELASTOMEROS DE POLIURETANO RESINA POLIESTERICA NO SATURADA POLIMEROS CON FLUOR FIBRAS DE VULCANIZACION SULFUROS POLIALQUINOS	POLIOLEFINAS POLIVINILALCOHOL POLIVINILACETAL POLIVINILETER POLIMEROS DE ESTIRENO, NO POLIMEROS DE ESTIRENO (ACRILONITRILLO) POLIMETACRILATOACIDO ESTER POLIOXIMETILENO POLICARBONATO POLIURETANO LINEAL SILICONAS RESINA FENOLICA RESINA EXPOXICA POLIURETANO ENCADENADO	POLIAMIDA POLIMEROS ABS POLIACRILONITRILLO RESINA FENOLICA Y CRESOLICA, AMINO- PLASTICOS

En la tabla 6 se dan las reacciones de los productos de separación. De acuerdo a su composición, tales materiales sintéticos pueden aparecer en diferentes grupos. Ej. resinas fenólicas o poliuretano.

ENSAYO DE QUEMADO

Para el ensayo de comportamiento en la llama, se sostiene una pequeña muestra del material sintético con una pinza o sobre una espátula, en una llama pequeña. Se observa la capacidad de quemado

dentro y fuera de la llama, el goteo de partes fundidas o encendidas, así como el olor.

La tabla 7 muestra el comportamiento de los principales materiales sintéticos en el ensayo de quemado. Sin embargo la inflamabilidad de éstos puede ser ampliamente influenciada mediante productos anti-inflamables, de tal forma que en la práctica se pueden presentar desviaciones de los datos de la tabla 7.

Para un análisis sistemático de la inflamabilidad y olor se utiliza el diagrama de la figura 4.

TABLA 7 COMPORTAMIENTO DE MATERIALES SINTETICOS EN LA PRUEBA DE QUEMADO

INFLAMABILIDAD	LLAMA	OLOR DEL VAPOR	MATERIAL
NO INFLAMABLES		PENETRANTE A ACIDO FLUORHIDRICO	SILICONAS POLITETRAFLUOETILENO POLITRIFLUOR CLOROETILENO POLIAMIDA
DIFICILMENTE INFLAMABLES SE APAGA FUERA LLAMA	CLARA CON HOLLIN AMARILLA CLARA VERDE	FENOL, FORMALDEHIDO AMONIACO AMINA, FORMALDEHIDO ACIDO CLORHIDRICO SIN ABLANDADOR INFLAMABLE	FENOPLASTICOS AMINOPLASTICOS CAUCHO CLORADO POLIVINILCLORURO POLIVINILDENCLORURO
QUEMAN EN LA LLAMA FUERA QUEMAN EN LA LLAMA O NO QUEMAN	LUMINOSO, AMARILLO CON HOLLIN; HUMO GRIS AMARILLO NARANJADO; HUMO AZUL AMARILLO OSCURO; CON HOLLIN AMARILLA LUMINOSO, SEPARACION AMARILLA NARANJADA AMARILLO, ORILLAS AZULES AMARILLO, NUCLEO AZUL LUMINOSO CON HOLLIN	- - CACHO QUEMADO ACIDO ACETICO FENOL, PAPEL QUEMADO PICANTE CAUCHO QUEMADO DULCE, OLOR AROMATICO (ISOCIANATO) PARAFINA PICANTE CON FIBRAS DE VIDRIO	POLICARBONATO CAUCHO DE SILICON POLIAMIDA ACETATO DE CELULOSA CAPAS DE RESINA FENOLICA POLIVINILALCOHOL POLICLOROPRENO TEREFTALATO DE POLIETILENO POLIURETANO POLIETILENO POLIPROPILENO POLIESTER REFORZADO

INFLAMABILIDAD	LLAMA	OLOR DEL VAPOR	MATERIAL
FACILMENTE INFLAMABLES, CONTINUA QUEMANDO FUERA DE LA LLAMA	LUMINOSO- CON HOLLIN	DULCE, GAS NATURAL (ESTIRENO)	POLIESTIRENO
	AMARILLO OSCURO	ACIDO ACETICO	ACETATO DE POLIVINILO
	POCO HOLLIN, AMARILLO OSCURO CON HOLLIN, LUMINOSO	CAUCHO QUEMADO	CAUCHO
	NUCLEO AZUL, CRUJIENTE AZULOSO	DULCE, A FRUTA FORMALDEHIDO	POLIMETILMETACRILATO POLIOXIMETILENO
	AMARILLO OSCURO POCO HOLLIN	ACIDO ACETICO ACIDO MARGARICO	ACETOBUTIRATO DE CELULOSA
	VERDE CLARO, CHISPAS AMARILLO NARANJA	ACIDO ACETICO PAPEL QUEMADO	ACETATO DE CELULOSA CELULOSA
	CLARA, FUERTE	OXIDO NITROSO	NITRATO DE CELULOSA

COMPORTAMIENTO A LA FUSION

Como ya se mencionó, se ablandan o se funden solo los materiales sintéticos no encadenados; en algunos casos los rangos del ablandamiento o de fusión están por encima de la región en la cual los polímeros son estables térmicamente. Aquí comienza la separación, sin que anteriormente se reconozca alguna fusión de la probeta. Para materiales sintéticos encadenados, por lo general, hasta un poco antes de la separación química, no aparece ningún ablandamiento, o no es claro, de tal forma que este es un rasgo típico de todos los duroplásticos endurecidos. En general, sin embargo, se cumple que los materiales de altas moléculas no tienen un punto de fusión definido como el de las uniones moleculares bajas cristalinas.

Características son las temperaturas de congelación ésto es, etemperaturas para las cuales determinados segmentos moleculares se pueden mover, sin que cadenas moleculares completas se puedan deslizar unas sobre otras y comienza la fluencia viscosa. La determinación de la temperatura de congelación mediante métodos sencillos no es posible, además, porque los valores para algunos materiales sintéticos están muy por debajo de la temperatura ambiente.

La determinación del rango de ablandamiento de materiales sintéticos se puede realizar mediante los métodos normales de la química orgánica como por Ej. mediante tubos de fusión o mediante la utilización del microscopio de mesa caliente.

En la tabla 8 se dan algunos datos sobre el ablandamiento de los principales termoplásticos.

SOSTENER LA PROBETA EN EL CONTORNO DE LA LLAMA
(Cuando no enciende inmediatamente sostener en la llama hasta 10 s.)

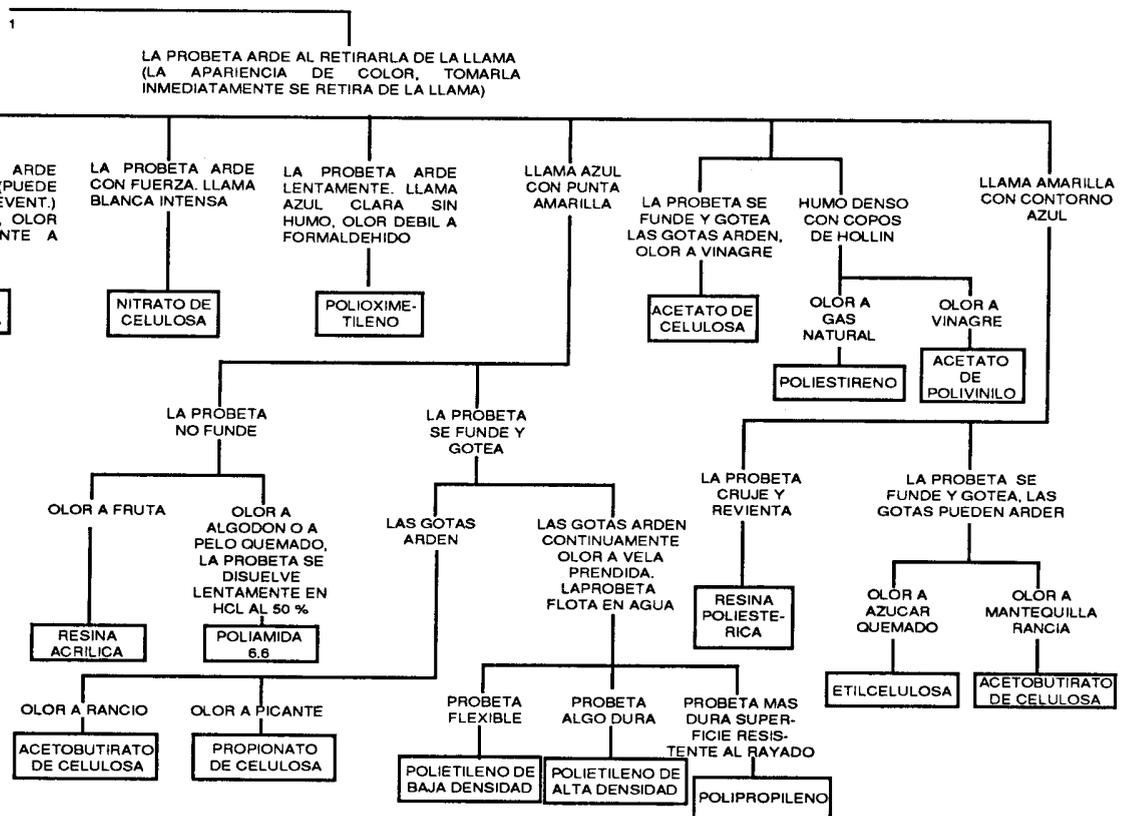
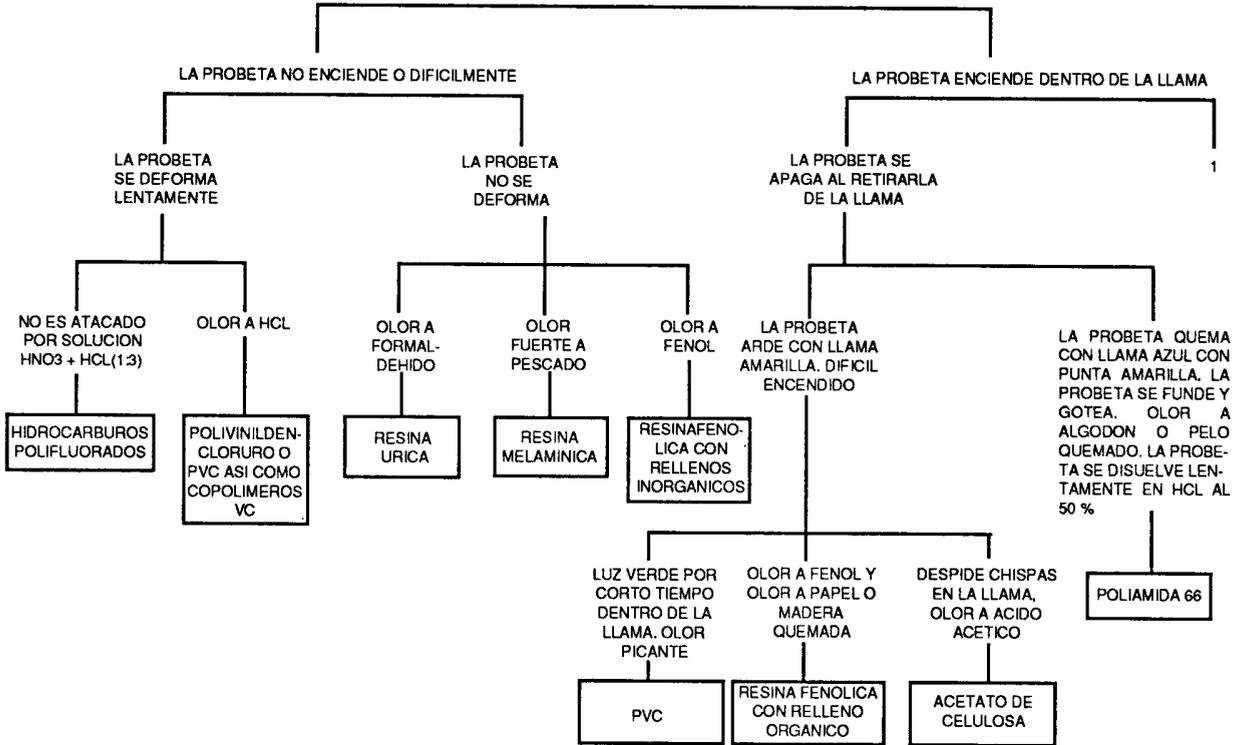


TABLA 8 RANGOS DE ABLANDAMIENTO Y DE FUSION DE LOS PRINCIPALES TERMOPLASTICOS

TERMOPLASTICO	RANGO DE ABLANDAMIENTO Y DE FUSION °C
POLIVINILACETATO	35 - 85
POLIESTIRENO	70 - 115
POLIVINILCLORURO	75 - 90 (ablandamiento)
POLIETILENO DENS. 0.92 g/cm ³	110
0.94 g/cm ³	120
0.96 g/cm ³	130
POLIBUTENO - 1	125 - 135
POLIVINILIDENCLORURO	115 - 140 (ablandamiento)
ACETATO DE CELULOSA	125 - 175
POLIACRILONNITRILO	130 - 150 (ablandamiento)
POLIOXIMETILENO	165 - 185
POLIPROPILENO	160 - 170
POLIAMIDA 12	170 - 180
POLIAMIDA 11	180 - 190
POLITRIFLUORCLOROETILENO	200 - 220
POLIAMIDA 610	210 - 220
POLIAMIDA 6	215 - 225
TEREFTALATO DE POLIBUTILENO	220
POLICARBONATO	220 - 230
POLI - 4 - METIL - PENTENO - 1	240
POLIAMIDA 66	250 - 260
TEREFTALATO DE POLIETILENO	250 - 260

BIBLIOGRAFIA

- SAECHTLING HANSJURGEN. KUNSTSTOFF TASCHENBUCH. 22 AUSGABE. KARL HANSER VERLAG MUNCHEN 1983
- THORTON PETER A. et al. CIENCIA DE MATERIALES PARA INGENIERIA PRENTICE HALL INC. MEXICO. 1987
- BERGMAN WOLFGANG. WERKSTOFFTECHNIK. KARL HANSER VERLAG. MUNCHEN 1984.