

INFLUENCIAS DE LA ESTRUCTURA DE LOS PLASTICOS UTILIZADOS EN LA ELECTROTECNIA Y EN LAS TELECOMUNICACIONES SOBRE SUS PROPIEDADES FISICAS Y ELECTRICAS

Trabajo presentado al

III SYMPOSIUM DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS FISICAS, MATEMATICAS Y NATURALES DE VENEZUELA CELEBRADO EN CARACAS EN OCTUBRE DE 1965

Por el

Prof. Ing. JORGE PETRIDE

De la Universidad de Carabobo y la Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Valencia - Venezuela, Septiembre 1965.

Con una producción mundial superior a un millón de toneladas para el año 1964 las poliolefinas han pasado a figurar en la serie de la gran producción de plásticos habiendo sobrepasado a todos los demás polimerizados. Los motivos de este desarrollo son su baja densidad, excelente resistencia a los agentes químicos, resistencia al agua y frío, excelentes propiedades eléctricas y dieléctricas así como su fácil moldeo. Entre los más destacados figuran en vanguardia el polietileno y polipropileno. Igualmente la producción de los demás polímeros aislantes tales como el P.V.C., Poliestireno, supera en su conjunto el millón de toneladas.

Las bases de materia prima para la obtención de esos son: petróleo, gas del cracking del petróleo, gas natural y la deshidratación de los alcoholes correspondientes. La polimerización requie-

re altas condiciones de pureza y la eliminación de componentes nocivos tales como óxido de carbono, acetileno, hidrógeno sulfurado, hidrógeno y en la polimerización a baja presión, agua y dióxido de carbono. La polimerización de olefinas puede realizarse en el procedimiento a alta presión tanto radical, como preferentemente se hace por el procedimiento a baja presión en forma iónica en fase homogénea.

La polimerización de etileno con $AlCl_3$ anhidro o aceites de parafina fue ya observada en 1879 por M. Balsun y desarrollada posteriormente por numerosos investigadores. Ello condujo durante la segunda guerra mundial a la obtención de aceites para motores de aviación. En 1898 observó H. v. Pechmann la formación de polietileno por disgregación de diazometano. Por el mismo conducto obtuvo en 1928 H. Meerwein hidrocarburos de alto peso molecular del tipo del polietileno.

H. Koch y G. Ibing lograron obtener en 1935 por reducción del óxido de carbono, parafina sólida, y H. Pichler y H. Buffleb consiguieron en 1940 poliolefinas de alto peso molecular partiendo de óxido de carbono e hidrógeno con catalizadores de rutenio. H. Mark y W. Ruppel describieron en 1930 la copolimerización del etileno con diversos compuestos vinílicos.

La polimerización directa del etileno en productos sólidos fue solicitada como patente por primera vez en 1936 (BP 471.590, I.C.I.) por Fawcett, Gibson, Perrin, Paton y Williams. Independientemente de ello, fue desarrollada la polimerización a alta presión del etileno por H. Hopff y S. Göbel en la I.G. Farbenindustrie habiendo logrado en el transcurso de dichos trabajos desarrollar el procedimiento de polimerización a baja presión (Polimerización de emulsión DRP 870.332 del 23. 12. 38, Polimerización de solución DRF 745.425 del 14. 3. 39). La I.C.I., utilizaba oxígeno como catalizador, mientras que la I.G. empleaba como tal peróxidos orgánicos. Este procedimiento fue el precursor del procedimiento de la Unión Carbide mediante el cual se ha obtenido el polietileno de enlaces cruzados llamado también POLIETILENO ESTABLE o VULCANIZADO. Finalmente, el avance destacado en este sector lo constituyó la polimerización a presión normal desarrollada por K. Ziegler, mediante nuevos sistemas de catalizadores que G. Natta perfeccionó.

Polimerización a alta presión del etileno

Para la realización del procedimiento de la I.C.I. se emplean presiones de 1.500 a 2.000 atm. La cuantía y el peso molecular son influenciados por el contenido de oxígeno, (tabla 1).

Presión de régimen	Contenido de oxígeno	Rendimiento	Peso Molecular
1.500 at.	0,01 %	6 %	18.000
1.500 at.	0,04 %	9 %	12.000
1.500 at.	0,07 %	10 %	10.000
1.500 at.	0,13 %	15 %	6.000
1.500 at.	0,16 %	descomposición por explosión	

TABLA 1

Relación entre contenido de oxígeno, rendimiento (productividad) y peso molecular en la polimerización de polietileno a 1.500 atm.

Probablemente se forma primeramente del oxígeno y etileno un peróxido, el cual de manera normal iniciará el mecanismo en cadena. El calor exotérmico de polimerización de 1.000 kca./kg. debe ser evacuado, lo que no deja de producir cierto grado de dificultades en autoclaves de alta presión con paredes gruesas.

El etileno tomado del gasómetro es comprimido en cuatro etapas a 300 atm. y después de pasar a través de un recogedor de aceite, comprimido a 1.500 atm. Después de la adición del oxígeno se conduce la mezcla gaseosa al reactor de tubos. Para la iniciación de la polimerización es necesaria una temperatura de 200°C., a cual se reduce a 150°C. en las siguientes espiras o recodos del reactor. A veces conduce etileno líquido mediante una bomba de alta presión para líquidos.

El polietileno a alta presión posee una estructura muy ramificada, cuyo espectro de infrarrojos presenta muchos más grupos de metilos a los que corresponden a una molécula lineal; además pueden hallarse uniones dobles de diversa índole. La cristalinidad, de-

pendiente de la temperatura, es del orden de 65 hasta el 70%. El análisis Fourier del diagrama radiológico muestra que las ondas electrónicas de los grupos CH_2 no son esféricas, sino algo distorsionadas en sentido lateral.

Las propiedades del polietileno, dependen naturalmente del peso molecular. Los productos de bajo peso molecular son parafinas oleicas, los de peso molecular elevado parafinas sólidas y elásticas. Entre ellos se halla una zona de polímeros de un aspecto comprendido entre la vaselina y resinas blandas.

El punto de reblandecimiento de los polietilenos, depende también de la orientación o distribución de las moléculas. Por sulfocloración se obtiene el "Hypalon" de propiedades caucho elásticas cuyo empleo en la industria de cables es muy apreciado en virtud de su extraordinaria resistividad al ozono.

En lugar del empleo de oxígeno como catalizador han sido solicitadas numerosas nuevas patentes de catalizadores. El comportamiento de algunos de ellos queda reflejado.

Polimerización a baja presión del etileno

Los procedimientos de polimerización de etileno a baja presión, figuran descritos en las patentes DRP 870.332 (en emulsión) y DRP 745425 (en solución). En el último de los citados, se emplea metilol en presencia de peróxido de benzoilo. De ese modo se obtiene un polimerizado duro, de aspecto ceráceo con un peso molecular entre 2.000 y 3.000 introducido en el mercado bajo la marca comercial "Lupolen N" empleado como cera dura para el pulido de muebles y suelos. Su elaboración puede verse de torma esquemática. En este procedimiento bastan incluso presiones de unas 40 atm., aunque en la práctica se trabaje a presiones de 200 a 300 atmósferas. Según la patente DRP 727.960 resulta posible también la polimerización de emulsión del etileno desarrollada en la BASF por R. Kern, que sin el menor género de dudas puede ser mejorada, lo que probablemente conducirá a interesantes productos. La polimerización a baja presión del etileno puede llevarse a cabo con catalizadores heterogéneos también iónicamente. En éstos según H. R. Schwaller se emplea AlCl_3 — y TiCl_4 en presencia de p. ej., polvo de aluminio como catalizador.

Polimerización a presión normal del etileno

Tal como halló K. Ziegler en 1952, es posible transformar el etileno mediante complejos en especial de trietilo alumínico y $TiCl_4$ a presión normal, en polietilenos sólidos con propiedades extraordinarias. Este simple y seductor desarrollo de la reacción, causó una sensación enorme en los círculos dedicados a la elaboración de polietileno. En la práctica, este procedimiento no es tan simple como parece en el papel. El carácter pulverulento fino del producto, la recuperación del disolvente y la eliminación del catalizador constituyen una serie de problemas de difícil solución.

Según G. Natta se trata de un proceso aniónico de polimerización en fase heterogénea, en el cual son utilizables junto al catalizador titanio también los cloruros del vanadio, cromo, circonio y los halogenuros del hafnio, tántalo, molibdeno y wolframio.

En comparación al polietileno a alta presión, el polietileno a presión normal posee una constitución lineal y muestra una cristalinidad de 87 hasta 90%, mayor densidad, mayor refracción y un punto de reblandecimiento más alto entre 130 y 135°C.

Otros procedimientos semejantes son los de la Phillips Petroleum Co., en que se emplea óxido crómico en silicato de aluminio y el de la Standard Oil (1951) con óxido de molibdeno reducido.

Polimerización estereoespecífica de olefinas (G. Natta, 1953)

Al estudiar la polimerización iónica de las olefinas, encontró G. Natta, que los catalizadores desarrollados por K. Ziegler podían originar configuraciones especiales o estéricas definidas en los polímeros. Desde el punto de vista práctico, resultan más importantes los polímeros estereoespecíficos de aquellos compuestos vinílicos que no presentan ninguna estereoisomería como monómeros. Los polímeros de vinilo poseen por lo menos $n-2$ átomos de carbono terciario. En las inmediaciones del final de la cadena, se hallan átomos asimétricos de carbono, cuya influencia disminuye con el largo de la cadena; sin embargo, se evidencia una especial estereoisometría condicionada por el átomo de carbono terciario próximo, lo que es definidos por G. Natta como polimerización "isotáctica".

En los copolímeros son posibles combinaciones, por ejemplo isotácticas-atácticas o sindiotácticas-atácticas, Los substitutos tienen gran influencia, según sea su dimensión.

Polímeros isotácticos (p. ej.: polipropileno) poseen un gran poder de cristalización, elevados puntos de reblandecimiento y solidez.

La simetría y el período de identidad, implican para las poli-olefinas una estructura helicoidal, que para el poliestireno origina cadenas laterales ramificadas que dan diversas formas helicoidales con un número diferente de monómeros.

La obtención de polímeros (plásticos en general y polietileno en especial) con estructuras estables y hasta cristalinas fue mejorando continuamente sus propiedades químicas, dieléctricas y físicas y en especial su resistencia a la oxidación y a *altas temperaturas* propiedades importantísimas para los plásticos utilizados como aislantes eléctricos.

En esta materia la tecnología de los polímeros y en especial la de los aislantes, ha sido revolucionada con los trabajos de Dannenberg, Jordan y Tobolsky quienes desarrollaron en 1958 el polietileno de enlaces cruzados, llamado también estable o vulcanizado o sea ellos en realidad fueron mejorando la tecnología de Ziegler y Natta agregando mayores cantidades de peróxido (cuya influencia en la polimerización la hemos visto al principio).

En todos los aspectos el polietileno estable o vulcanizado tiene mejoradas las demás propiedades del polietileno convencional a saber:

1. Mayor potencial dieléctrico.
2. Menos factor de pérdidas.
3. Mejor resistencia de aislamiento.
4. Sus propiedades físicas son excepcionales y se pueden mejorar por la adición de rellenos.
5. Tiene resistencia a los productos químicos mucho mayor que la del polietileno convencional.

Envejecimiento durante 7, 30, 90 días a temperaturas de 120°, 135° y 150°C. (según la misma revista ha dado los siguientes resultados).

Envejecimiento a 120°C. durante 90 días

	<i>Original</i>	<i>Después de 90 días</i>
Resistencia a la ruptura	2.880 L.P.C.	2.570 L.P.C.
Elongación	620 %	590 %

Envejecimiento a 135°C. durante 30 días

	<i>Original</i>	<i>Después de 30 días</i>
Resistencia a la ruptura	2.880 L.P.C.	2.740 L.P.C.
Elongación	690 %	580 %

Envejecimiento a 150°C. durante 7 días

	<i>Original</i>	<i>Después de 7 días</i>
Resistencia a la ruptura	2.970 L.P.C.	2.770 L.P.C.
Elongación	690 %	660 %

La revista "Electrical World" en su número del 23 de marzo de 1964 nos informa que dos cables aislados con polietileno estable (vulcanizado) capaces de resistir voltajes de servicio hasta 38.000 voltios, han sido instalados por la empresa generadora y distribuidora de Energía Eléctrica "Virginia Electric and Power Co.", estos cables de un largo aproximado de 3.000 metros han sido fabricados durante el año pasado, uno era del calibre de 3/0 y el otro de 600 MCM, la gran ventaja de estos cables es que el aislamiento no se fundó en casos de sobrecarga siendo la temperatura de operación de 130°C. y de corto circuito de 250°C.

Estos cables han sido probados y pasaron exitosamente las siguientes pruebas:

	<i>3/0</i>	<i>600 M.C.M.</i>
Pruebas de voltaje A.C. 5 minutos	46.000 Voltios	46.000 Voltios
Pruebas de Voltaje D.C. 15 minutos	138.000 Voltios	138.000 Voltios
Resistencia de Aislamiento del cable 3/0	22.360 Megohmios/1.000 pies	
Resistencia de Aislamiento del cable 600 M.C.M.	14.950 Megohmios/1.000 pies	
Prueba de Corona	24.200 Voltios	24.200 Voltios

Como se puede apreciar de la comparación anterior las propiedades del polietileno vulcanizado son realmente excepcionales.

Los plásticos en la electrotecnia

Así la discusión nos ha llevado a este importante renglón industrial donde los polímeros desde el polietileno hasta el polibutadieno tienen el mayor número de aplicaciones con sus usos en las telecomunicaciones (con los maravillosos cables coaxiales que ni siquiera los laser y los maser han logrado eclipsarlos) en los cables de bajos y altos voltajes que según las últimas novedades de los investigadores ya pueden superar los 70.000 voltios, etc., así podemos decir sin exagerar que pueden contarse con los dedos de una mano los sectores industriales que han influido de forma tan destacada en el desarrollo de los materiales plásticos, como la electrotécnica. También a la inversa, en el desarrollo de la electrotécnica la obtención de nuevos materiales, ha contribuido considerablemente a su evolución hasta el punto de que cabe afirmar que el progreso de la electrotécnica queda reflejado en el de los modernos materiales que se utilizan en el más amplio sentido de la palabra, como materiales aislantes en este vasto sector industrial.

Vimos hasta aquí que las propiedades térmicas de los plásticos mejoran grandemente a medida que su estructura se va desarrollando hacia una estructura entrelazada o cristalina, pero que otras propiedades de los mismos que tienen vitalidad e importancia para la electrotecnia mejoran con la estabilidad interna.

Higroscopicidad de los plásticos

El principal enemigo de todo aislamiento eléctrico es la humedad. Esta altera de forma incontrolable los valores dieléctricos, reduce la resistencia de aislamiento, disminuye la resistencia dieléctrica o a la descarga disruptiva, conduciendo en algunos casos por coacción del campo eléctrico a una descomposición química del material. Por ello resulta necesario para el enjuiciamiento de un material aislante la determinación de su grado higroscópico, es decir, de la capacidad de absorción de agua que posee. Según DIN 53472 y el libro 29 de la ASTM de 1965 se procede al control, introduciendo durante horas o días, planchas de un grosor determinado en agua destilada, después de haberlas sometido a un proceso previo

de secado. Transcurrido el tiempo previsto se determina el aumento de peso de las planchas que se producen en % o en mg/100 cm² de superficie. Al observar por encima los datos de los investigadores pueden establecerse tres tipos distintos de plásticos. Al primero de los grupos referidos pertenecen aquellos plásticos que poseen un poder higroscópico menor de 10mg/100 cm². en 4 días, es decir politetrafluoretileno, polietileno, poliestireno, poli-isobutileno o sea los plásticos con polaridad invertida. El 2º grupo está integrado por los termoplásticos polares con una asimilación de agua de 10 a 100 mg/cm². durante 4 días, o sea por el PVC, este polimetacrílico y los copolímeros del poliestireno. En este grupo hallamos además las resinas fenólicas sin cargas y con cargas orgánicas (tipos 11 hasta 16). Todos los materiales con una absorción de agua superior a 100 mg/100 cm² en 4 días, figuran comprendidos en el 3er. grupo. A este grupo pertenecen todas las resinas sintéticas, que poseen como carga celulósicas, como por ej.: los fenoplastos tipo 31 hasta 83, los diferentes tipos de resina melamínica tipo 150 hasta 157. Además se incluyen en el grupo 3º los derivados de la celulosa (acetatos y acetobutiratos), poliamidas (3), cuerno sintético. Este último es un producto caseínico endurecido con formaldehído, en el cual los elementos integrantes están compuestos por moléculas de albúmina (proteínas).

En principio, el agua puede ser absorbida de dos maneras, la una por efectos o fuerzas capilares y la otra por absorción. Es relativamente fácil el inhibir la absorción puramente física de los capilares mediante una impregnación con materiales o sustancias adecuadas, tal y como se efectúa corrientemente con la celulosa ya que en el referido estado debido a la unión suelta de sus fibras presenta numerosos poros. Por ello podemos desconsiderar esta clase de absorción de agua. Resulta mucho más difícil evitar el acumulamiento químico de agua (agua de absorción) que se desarrolla en los grupos polares. En estos grupos, las moléculas de agua, que presentan de por sí un alto momento de dipolo, figuran unidas por el efecto de la fuerza de Van der Waals.

Descarga disruptiva en los plásticos

Dada la importancia y significación de la descarga disruptiva en los materiales aislantes (la mayor parte de las averías y desperfectos en los elementos y aparatos eléctricos deben ser atribuidos a la

descarga disruptiva) no es de extrañar que se venga prestando suma atención a los fenómenos disruptivos desde hace muchos años. De todos modos, debido al gran número de variaciones de la descarga eléctrica disruptiva, tanto en lo que respecta a su formación como a su desarrollo, resulta sumamente difícil y problemático establecer su resistencia a la descarga disruptiva, incluso en piezas industriales para las cuales se efectúan mediciones bajo determinadas condiciones tal y como establece la ASTM en su libro N° 29 de 1965 y la norma 53481 del DIN. Es más, los valores que se obtienen están sometidos a una amplia variación. El punto más débil en el dieléctrico determina la resistencia a la descarga disruptiva, pudiendo conducir cualquiera de las otras variaciones en la homogeneidad del material a una considerable reducción de dicha resistencia. Esta es la causa por la cual los índices teóricos que deben determinar la resistencia a la descarga disruptiva únicamente en casos aislados y contados pueden ser confirmados experimentalmente. Por dicha razón nos limitaremos a facilitar algunos datos cualitativos.

Si consideramos en primer lugar la resistencia dieléctrica, o mejor dicho la intensidad de campo dieléctrico E_d , como función de la duración de la influencia del campo sobre el dieléctrico obtendremos en los materiales eléctricos aislantes un desarrollo descendente. Los tiempos inferiores a 1 μ s deberán ser desestimados ya que hasta ahora casi no se han estudiado tan breves fenómenos. En tiempos de aprox. 1 μ s seg. hasta 1 seg. permanece la resistencia dieléctrica constante e independiente de la duración de la influencia del campo. Los fenómenos que se desarrollan en dicho intervalo de tiempo, tienen una naturaleza electrónica mientras que nosotros hablamos de descarga disruptiva eléctrica. Esta denominación no ha sido elegida muy bien aunque se ha difundido tanto que procederemos a denominar de este modo esta clase de interrupción. Al sector de la descarga disruptiva se acopla hasta magnitudes de tiempo del orden de minutos el sector de la descarga térmica disruptiva, siempre que la conductividad del material aislante, no sea demasiado baja o en caso de un campo alternante.

Descarga disruptiva eléctrica

Después de haber considerado durante mucho tiempo a los iones como portadores de la descarga disruptiva, sabemos hoy con gran

certeza que los electrones provocan la descarga. La teoría considera como posible diversos mecanismos, entre los cuales nos ocuparemos aquí de los dos principales. En primer caso se aceleran los electrones que pueden superar los efectos de frenado provocados por las oscilaciones de las rejillas a través del campo eléctrico. Los electrones llevando una elevada energía cinética chocan con los electrones ligados a los átomos, pudiendo incluso separarlos o desprenderlos. De ese modo se ionizan los átomos lo que se denomina ionización por choque. Los electrones primarios, que han consumido la mayor parte de su energía durante la ionización, se vuelven a acelerar intensamente conduciendo la repetición de la ionización por choque a un aumento en avalancha de la corriente. Constituye un cierto criterio para considerar la descarga eléctrica provocada por la ionización por choque el incremento del efecto del frenado por choque que origina la rejilla. Este efecto aumenta la resistencia dieléctrica al ascender la temperatura.

Otra posibilidad de aclaración de la descarga dieléctrica la hallamos en la misión de los campos internos. Un electrón ligado, precisa para su liberación una aportación de energía del orden de 1 eV. Esta energía puede ser recogida en determinados casos sin necesidad de carga directa alguna. En el modelo en cadena de los cristales significa este fenómeno, la transición de los electrones de la banda de valencias a la banda de conductividad, o sea que se "emiten" electrones de la banda de valencias. Mientras que en muchos cristales se considera el aislamiento al impacto, como la causa de la descarga dieléctrica en las sustancias amorfas y en los líquidos, se cree más probable que la descarga disruptiva es la consecuencia de la misión interna de los campos sobre todo en el ámbito de temperaturas en la que se produce una reducción de la resistencia a la descarga disruptiva al aumentar la temperatura. Esta disminución puede caracterizarse por un notable aumento del grado de desorden en el material a medida que sube la temperatura. Ello repercute en una disminución de los ámbitos de energía prohibitivas y por consiguiente, en una simplificación de la misión interna. Al respecto debe destacarse la elevada resistencia dieléctrica de estos materiales en el ámbito de bajas temperaturas. A medida que aumenta la temperatura, en principio no se producen variaciones mientras que al alcanzar el intervalo de temperatura comprendido entre -50 y $+ 50^{\circ}\text{C}$. se produce un rápido descenso. No ha podido

comprobarse en los ensayos una dependencia del tiempo y del grosor de las pruebas de material.

Resistencia de los plásticos a las corrientes de fuga

Un fenómeno muy destacado y equiparable en sus efectos a la descarga disruptiva y por consiguiente de gran importancia en la técnica de baja tensión lo constituye la formación de corrientes de fuga en la superficie de los materiales aislantes orgánicos. La formación de líneas de fuga está basada en la descomposición de carácter local provocada especialmente por los efectos térmicos sobre el material aislante entre los componentes metálicos bajo tensión y es originada por las corrientes de fuga que se forman por un ensuciamiento de la superficie con polvo bajo efecto de la humedad atmosférica.

En el transcurso de los últimos años se ha discutido mucho sobre el empleo de un procedimiento conveniente para la determinación de la resistencia a las corrientes de fuga, ya que los sistemas o métodos hasta ahora empleados, reflejaban resultados muy difusos que por lo general no correspondían a los resultados y experiencias logradas en la práctica. Esta determinación no debe extrañar a nadie, si se considera el gran número de posibilidades que se desprenden de un ensuciado y la variabilidad de las distintas propiedades y características superficiales de los diversos materiales plásticos. Por ello no es atrevido afirmar que es casi imposible desarrollar un procedimiento que satisfaga los requisitos y exigencias de todos los casos que pueden presentarse en la práctica. En este sentido mencionaremos que el método de goteo según ASTM 29 y DIN 53480 ha conducido a resultados poco divergentes en los distintos casos en que se emplea, a pesar de las dificultades que encierra este método de prueba. En las nuevas recomendaciones del IEC se ha recopilado gran parte de este procedimiento.

El método de la prueba de goteo según DIN 53480 se lleva a cabo goteando mediante un cuentagotas, generalmente accionado eléctricamente entre dos electrodos en intervalos de 30 seg. una gota de 30 mm³. de contenido de una solución al 0,1% NH₄ Cl en agua destilada, en la que se ha adicionado como agente humectante una sal sódica del ácido naftalinsulfónico. Los electrodos de wolframio o carburo de wolframio han de estar colocados en una forma determinada y a distancias de 4 mm de la superficie del material a con-

rolar, estando cargados con una tensión alterna de 380 Voltios. En este método se determina el número de gotas que caen hasta alcanzar una corriente de fuga de 3 A. Al llegar a una corriente semejante, se desconecta la tensión automáticamente mediante un interruptor de sobrecarga.

La resistencia a la formación de corrientes de fuga de las resinas fenólicas, sobre todo con materiales de carga orgánicos, es muy baja. Las resinas eposi resultan mejor para diferentes fines, aunque insuficientes para otros. Si bien puede mejorarse por la adición de cargas de material anorgánico la resistencia a la formación de corriente de fuga, con ello se logra un empeoramiento de las propiedades de transformación. A este respecto debe mencionarse que los plásticos presentan una menor firmeza a la formación de corrientes de fuga cuando el proceso de polimerización o policondensación que se desarrolla durante su elaboración, *no ha quedado del todo concluido*. En los poliésteres sin saturar puede considerarse la resistencia a las corrientes de fuga como criterio del grado de endurecimiento. Como resistentes a las corrientes de fuga puede considerarse el politetrafluoretileno, vidrios acrílicos y las poliamidas. También se le puede conferir al polietileno una elevada resistencia a las corrientes de fuga por irradiación con rayos B o rayos y. En este caso seguramente se liberan enlaces que conducen a una intensa humectación especial y extraen al material las propiedades termoplásticas. Lo mismo ocurre en el polietileno estable.

Si se sigue las diferentes causas de los diversos comportamientos de los plásticos en lo que respecta a la resistencia a la corriente de fuga se llegará a la conclusión de que existe una diferencia entre los efectos puramente superficiales y las influencias determinadas por la constitución química de los materiales.

C O N C L U S I O N E S

De lo antes expuesto se desprende que:

1. Las propiedades térmicas de los plásticos mejoran grandemente a medida que se estabiliza la estructura de los mismos.
2. Entre los plásticos el polietileno posee una excepcional posición.
3. A medida que los enlaces del polietileno se van cruzando hasta

acercarse a la cristalinidad mejora su resistencia térmica hasta 3 veces en comparación con el polietileno convencional.

4. Notablemente también mejoran sus demás propiedades físicas en especial disminuye su higroscopicidad.
5. Equipos aislados con polietileno estable son ideales para altos voltajes y amperajes, debido a que no sólo mejoran sus propiedades térmicas sino también las dieléctricas.
6. Gran importancia tiene también el grado de estabilidad de un plástico para aplicaciones en equipo de telecomunicaciones y energía debido a los efectos de la misma sobre la descarga disruptiva y la resistencia a las corrientes de fuga.

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

- MENDEZ AROCHA, ALBERTO.—Diseño de Tarifas de Gas 1er. Congreso Venezolano de Ing. Química. Caracas, abril de 1965
- E. NIÑO MARTINEZ.—“Estudio sobre la depolimerización Térmica del metacrilato de metilo”, ASOVAC XI Convención, Caracas 1961.
- J. PETRIDE.—“Desarrollo de los últimos años en el ramo de los materiales aislantes eléctricos”, Caracas, 1959. 1er. Congreso Venezolano de Ingeniería Eléctrica y Mecánica, Ponencia N° 51.
- J. PETRIDE.—“Un Método rápido y preciso para determinar la pérdida Corona de los diagramas de Carga de Voltaje”, 1er. Congreso Venezolano de Ingeniería Eléctrica y Mecánica, Ponencia N° 66.
- J. PETRIDE.—“Motivos por los cuales es necesaria la normalización de los Cables de Energía Eléctrica y de Comunicaciones”, 1er. Congreso Venezolano de Ingeniería Eléctrica y Mecánica, Ponencia N° 13.
- J. PETRIDE.—“Polimerización del Etileno como óxidos Metálicos sin Solventes”, Caracas, 1961. ASOVAC, XI Convención Anual, Sesión N° 51.
- J. PETRIDE.—“Desarrollo y estudio técnico económico de un método ventajoso para producir Cloruro de vinilo monómero, partiendo de materias primas venezolanas”. Caracas 1962, XII Convención de la ASOVAC.
- J. PETRIDE.—“Las posibilidades del gas natural como materia prima de Plásticos”. 1ra. Convención de Científicos Educadores y Empresarios, Caracas 1962.
- J. PETRIDE.—“Quelques considerations sur la Polymerization de l'ethylene”. Congrès de la société de Chimie Industrielle, Paris 1954.
- J. PETRIDE.—“El Ingeniero Industrial y la Corrosión Metálica” (La importancia de los plásticos en la lucha anticorrosiva). Congreso Centenario del Colegio de Ingenieros de Venezuela, Caracas, Octubre de 1961.
- J. PETRIDE.—“El Polietileno Estable, sus excepcionales propiedades y su importancia para el desarrollo eléctrico e industrial de Venezuela”.
- PETROQUIMICA.—“La Petroquímica y sus actividades”. Ponencia presentada al Con-

- greso Centenario del C.I.V. Nuevos proyectos para 1961. Simposio de CEPAL. Caracas, Diciembre de 1964.
- SANTANA BELL, J. R.—“Cooperación entre la Universidad y la Industria”. 1er. Cong. Venez. de Ing. Química.
- SOCIETA EDISON.—“Lo Sviluppo de gli nuovi tipi dell' polietilene”. Quaderni de 1963.
- STAR K. WEATHER, H. C.—“Influence of Metallic Oxides on Polyethylene, Properties”. International Symposium on polymer Chemistry, Milan, Turin, Sept. Oct. 1954.
- Z. SHEERER.—“Manual para Instalaciones Internas en residencias”. 1er. Congreso Venezolano de Ing. Eléctrica y Mecánica, Caracas 1959, Ponencia N° 7.
- TORRES PARRA, M.—“Funciones de la Sociedad Venezolana de Ingenieros Químicos”. 1er. Congreso Venez. de Ing. Química, Caracas, Abril de 1965.
- VOUYOUCALOS, S.—“El desarrollo de la Ingeniería Química en la Universidad Central de Venezuela”. 1er. Congreso Venez. de Ing. Química. Caracas, Abril de 1965.
- WEISSBERGER, S.—“Techique of Organic Chemistry”. Interscience, N. Y. 1959 y 1964.