

RELACION DE PROPIEDADES DE PVC RIGIDO ENVEJECIDO ARTIFICIALMENTE.

M.M Téllez Rosas^{1*}, R. Benavides², G. Martínez Colunga², M.C. García Castañeda¹

¹Universidad Autónoma de Coahuila (U A de C), Facultad de Ciencias Químicas, m_tellez_2000@yahoo.com.mx

²Centro de Investigación en Químico Aplicada(CIQA), robertob@ciqa.mx

Abstract- Se emplearon tres formulaciones de PVC rígido con diferente contenido de TiO₂, colocándolas en una cámara QUV (UV-A) a temperatura constante, monitoreándose a diferentes intervalos de tiempo, por microscopia óptica, índice de amarillamiento, espectroscopia infrarroja y resistencia al impacto. Por MOP se determinó la profundidad de la capa de degradación, observándose que el daño es provocado solamente en la superficie. El YI muestra una máxima coloración a las 700 horas, disminuyendo después. El estudio del índice de carbonilos y de peróxidos muestra un incremento progresivo con el envejecimiento. La resistencia al impacto disminuye con el tiempo de irradiación en la cámara. Correlacionando la resistencia al impacto con las propiedades químicas, se concluye que esta propiedad va disminuyendo paulatinamente y que es posible predecir el comportamiento del material bajo estas condiciones de operación, hasta el punto en que el material va perdiendo capas degradadas en la superficie, dejando expuestas nuevamente capas menos afectadas, pero con efecto en su resistencia.

Introducción

El poli(cloruro de vinilo) {PVC} es un polímero termoplástico de gran importancia comercial, que resulta de la asociación molecular del cloruro de vinilo. La resina no es posible transformarla, por lo que requiere se le adicionen aditivos que modifican alguna de sus propiedades y le facilitan su procesamiento.

Por si solo, el PVC es el polímero termoplástico mas inestable, pero es el que se ha beneficiado mas con el uso de aditivos, ya que es uno de los materiales mas difíciles de procesar por su gran susceptibilidad a la degradación térmica y térmico-oxidativa.

Durante su degradación existe la formación de HCl, que además de producir corrosión al equipo de procesamiento, afecta las vías respiratorias del personal, acelerando en el material el proceso degradativo al funcionar como catalizador. Así mismo la degradación se manifiesta por cambios graduales de color: blanco – rosa- café – negro y un progresivo deterioro de sus propiedades mecánicas.¹⁻³

Una de las aplicaciones del PVC en su forma rígida es en la fabricación de tuberías, perfiles para ventanas, construcciones y revestimientos entre otras, el cual se ha desarrollado lentamente por su dificultad en el procesamiento.

Sin embargo, la aceptación final de los productos de PVC para uso externo, dependerá de su habilidad para resistir el deterioro de sus propiedades mecánicas por largos periodos de exposición,^{4, 5} ya que puede degradarse tanto térmica como fotoquímicamente, y la irradiación solar (luz UV y calor), así como el oxígeno de la atmósfera pueden activar los mecanismos.⁶

El envejecimiento se describe como una degradación irreversible, mas o menos a las condiciones de uso, y monitoreando una o varias propiedades del material. Debido a que hay necesidad de evaluar en tiempos cortos, es posible realizar pruebas por exposición a la radiación y a la humedad por medio de aparatos con luz artificial.⁷

El objetivo principal de este trabajo es poder predecir el comportamiento del material tomando como base los cambios en la resistencia al impacto con respecto a sus cambios químicos, después de realizarle una degradación por medio de envejecimiento artificial acelerado.

Sección Experimental

Se prepararon probetas de PVC rígido, empleando tres formulaciones diferentes, variando la cantidad de dióxido de titanio: la primera (F1) de uso hidráulico con alta cantidad de aditivo; una intermedia con bajo contenido de dióxido de titanio y una económica sin aditivo (Tabla 1).

Se colocaron las muestras en una cámara de envejecimiento acelerado Q-Panel Modelo QUV, usando lámparas fluorescentes UV-A con ciclos de luz-oscuridad de 6 horas cada uno, controlando la temperatura a 70°C, manteniendo siempre condiciones de alta humedad. El tiempo de envejecimiento empleado fue de 1728 horas. Las muestras se caracterizaron por microscopia óptica (MOP) midiendo los espesores totales con un estereoscopio Leica M26 y el deterioro causado por la radiación UV-A utilizando un microscopio óptico Olympus BX-60. Se determinó el Índice de Amarillamiento (YI) por medio de un colorímetro Color Eye Mod. XTH de acuerdo a la norma ASTM D-1925. Se analizaron las muestras por medio de FT-IR con un Espectrofotómetro Infrarrojo Nicolet NEXUS-470 acoplado a un microscopio para determinar el Índice de carbonilos (I.C) y el Índice de Peróxidos (I.P). Por ultimo, se realizó la prueba de resistencia al impacto en un probador de impacto izod, bajo la norma ASTM D-256.

Tabla 1. Formulaciones

Material	Formulación 1 (pcr)	Formulación 2 (pcr)	Formulación 3 (pcr)
PVC	100	100	100
Carbonato de Calcio	7	7	7
Dióxido de Titanio	4	2	0
Lubricante externo	1	1	1
Lubricante interno	0.15	0.15	0.15
Estabilizador de Estaño	0.55	0.55	0.55
Estearato de calcio	0.7	0.7	0.7
Modificador de Impacto	2	1	0

Resultados y Discusión

La resistencia al impacto, propiedad mecánica importante en la evaluación de PVC rígido empleado como tubería hidráulica, se monitoreó con respecto al tiempo de exposición a la irradiación en la cámara QUV (UV-A) para las tres formulaciones diferentes. Mostrando una lenta y continua disminución de la propiedad en las tres formulaciones, siendo mayor esta pérdida en la formulación F-3, como consecuencia del tiempo de envejecimiento del material.

Los estudios con el microscopio (MOP) permitieron medir la profundidad de las capas degradadas (obscuras), comparando las tres formulaciones, siendo la formulación F-3 la que alcanza una mayor profundidad de daño ocasionado por la irradiación del material. Esta técnica proporciona buenos resultados al evaluar la degradación, sin descartar que sobre las superficies exista una erosión debido a la humedad de la cámara QUV.

Relacionando la resistencia al impacto con respecto a la profundidad del daño ocasionado durante el tiempo de irradiación (Fig.1), se observa como la propiedad mecánica va disminuyendo conforme avanza

la profundidad de degradación. Sin embargo, la resistencia de la formulación F-3 es menor que la formulación F-1, pero en las tres curvas se muestra un ciclo con respecto a la profundidad del daño, en el cual disminuye incrementándose después muy rápidamente.

También la degradación del material se siguió por medio del cambio de coloración, el cual es originado por la formación de dobles enlaces conjugados, mostrando una secuencia de colores que van desde el blanco, amarillo pálido, café hasta negro, y posteriormente volviendo al café, debido al lavado de las capas superiores del material.

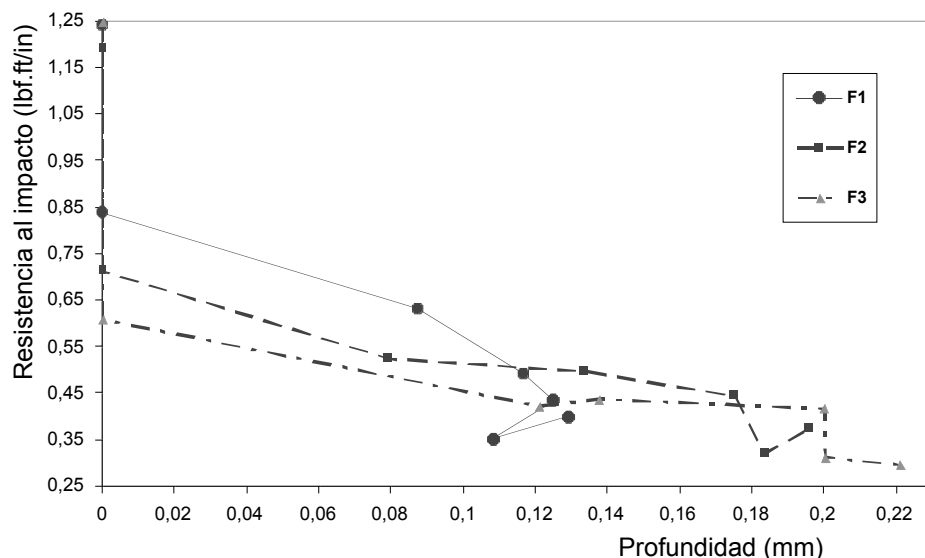


Fig.1 Efecto en la Resistencia al impacto por la profundidad de la degradación

El análisis de relación de la propiedad mecánica con el cambio de coloración (Fig.2), debido a la degradación por el tiempo de exposición a la irradiación, se observa un comportamiento similar en la disminución de la resistencia, presentándose varios ciclos de disminución de coloración y aumento posterior de la misma, sin dejar de disminuir la propiedad mecánica.

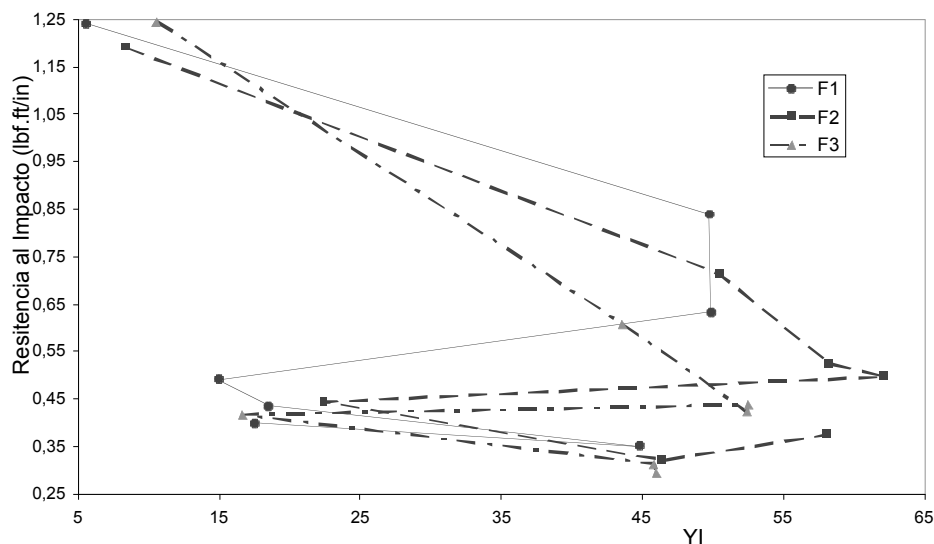


Fig. 2 Efecto en la Resistencia en base al grado de coloración del material

Por medio de los espectros de FT-IR, se observó la aparición de bandas correspondientes a los grupos carbonilo en 1739 cm^{-1} correspondiente a $\text{C}=\text{O}$, debido a la oxidación del polímero, en donde los IC muestran un comportamiento prácticamente sin cambio con respecto al tiempo, esto debido a que es un análisis químico superficial, y las capas del material se están erosionando en la cámara QUV.

Con el IC y la resistencia al impacto (Fig.3) no se puede observar la relación de la propiedad mecánica y la característica química, ya que si se agranda la escala se observa que el valor de ambos deben disminuir, sin embargo la figura muestra lo contrario, debido a los ciclos constantes de lavado, considerando que los primeros datos sean reales y el resto están afectados por los ciclos de lavado.

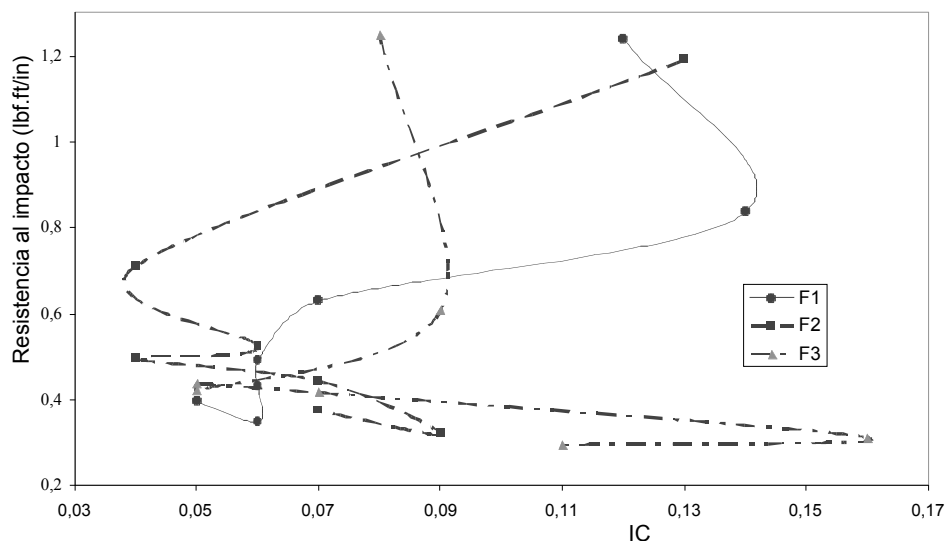
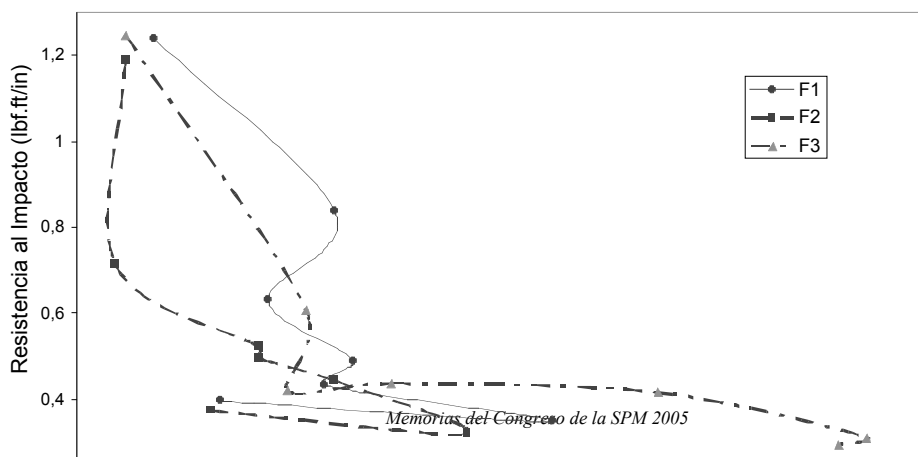


Fig.3 Efecto en la Resistencia al Impacto con respecto al índice de carbonilos

Por otro lado, en los espectros de FT-IR también se observa un crecimiento en la banda 3426 cm^{-1} , correspondiente a grupos peróxidos $-\text{OOH}$ formados por la fotodegradación del material, los cuales muestran un crecimiento con respecto al tiempo de envejecimiento, sugiriendo que la formación de carbonilos es independiente de la formación de peróxidos en el material y que pueden ser los precursores de los primeros.

En la relación de la resistencia y el IP (Fig.4), se observa como la propiedad va disminuyendo, al inicio muy rápidamente y de manera lenta, al incrementarse los presentes en el

peróxidos material. final del el ciclo de debido al cámara.



rápidamente y de manera lenta, al incrementarse los presentes en el Mostrando casi al tiempo de estudio disminución, lavado en la

Fig.4 Efecto de la Resistencia al impacto con respecto a la formación de peróxidos

Conclusiones

- La Resistencia al Impacto disminuye con respecto al aumento de la Profundidad de degradación del YI y del IP.
- Existen ciclos bien definidos, los que indican que las capas superiores del material son erosionadas por las gotas de humedad durante el tiempo de exposición a la irradiación.
- No se puede relacionar la Resistencia al Impacto y el IC debido a que las lecturas no corresponden a su formación, como consecuencia del lavado físico de las capas oxidadas.
- Debe mantenerse cierta precaución al realizar estudios similares de degradación sin evaluaciones mecánicas.
- La formulación con mayor contenido de óxido de titanio (F-1) mantiene las mejores condiciones en su propiedad mecánica durante el envejecimiento acelerado.

Referencias

- 1.- *Enciclopedia del Plástico* 2000. Ed. IMPI. Tomo I, 2000.
- 2.- Ureta B.E., *Estabilizadores térmicos y otros aditivos para PVC*, Ed. Limusa, México, 1989.
3. - Davis A. and Sims D., *Weathering of Polymers*, Applied Science Publishers, London, 1983.
4. - L. Pimentel R., A. Pereira R., *Polymer Degradation and Stability*, **82**,235-243, 2003.
5. - Owen E.D., *Degradation and Stabilization of PVC*, Elsevier Applied Science Publishers Ltd., USA, 1984
6. - Gesenhues U., *Polymer Degradation and Stability*, **68**, 185-196, 2000.
7. - *Weathering Testing Guidebook*, Atlas, USA, 2001.