



DETERIORO DEL EVA DE PANELES FOTOVOLTAICOS¹

Montero, M; Acosta², D; Fernández, G; Cadena², C
INENCO³-INIQUI³-CIUNSa-UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
Calle Buenos Aires 177. Salta . Argentina
++54 387 4255424-email: cadena@unsa.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se presentan algunos resultados obtenidos del estudio de la degradación del etileno vinilo acetileno (EVA), que forma parte de la cubierta transparente de los paneles fotovoltaicos. El análisis se realizó sobre paneles montados doce años atrás expuestos a la acción de la radiación solar y por ende a la intemperie. A los efectos de analizar su comportamiento, se realizaron algunos ensayos de las propiedades ópticas y eléctricas de los materiales constitutivos, como así también de los cambios que se produjeron en su estructura química.

PALABRAS CLAVE: energía solar, paneles fotovoltaicos, degradación.

INTRODUCCION

Un panel fotovoltaico, está constituido básicamente por un conjunto de celdas de silicio cristalino (entre 30 y 36 unidades), de igual tamaño y asociadas en serie. Estas celdas, se cubren con gel de siliconas (etileno vinilo acetileno, EVA). La cara activa del panel se protege con una placa de vidrio templado y la posterior con una cubierta de TEDLAR. Se procede a un sellado al vacío y se rodea el perímetro con neopreno antes de montar la unidad sobre el marco metálico, que servirá de soporte, y proveerá la rigidez mecánica necesaria.

El tiempo de vida útil de los módulos, en condiciones de operación normales debe superar los 20 años y viene dado por la duración del encapsulado, debiendo ser impermeable al agua y resistir la fatiga térmica y la abrasión.

Es sabido el hecho que el medio ambiente en general, la radiación ultravioleta y los cambios bruscos de temperatura, en particular, afectan el rendimiento, la estanqueidad y la transparencia de los módulos fotovoltaicos. La razón de este hecho, está dada fundamentalmente por la degradación de ciertos materiales empleados en la construcción de los mismos.

El vidrio debido a su prolongada exposición a la intemperie sufre un cierto desgaste que es notorio, ya que se vuelve un poco áspero lo que permite una mayor adherencia del polvo atmosférico pero sus propiedades ópticas no varían sustancialmente. Esta degradación no es motivo de estudio en este trabajo. La degradación más importante es la que sufre el EVA, ya que su prolongada exposición a la radiación solar hace que sus propiedades ópticas, en especial su transmitancia cambie. Este material es especialmente elegido por sus buenas propiedades plásticas, su alta adherencia y su excepcional transparencia, la cual disminuye por efecto de la degradación.

A fines de los 80, se instalaron cuatro paneles en el Campus de la UNSa, con el objeto de llevar a cabo experiencias demostrativas a fin de impulsar la difusión de los sistemas solares en el medio. El sistema constaba inicialmente de cuatro módulos de silicio cristalino de 40 WP cada uno, un controlador de carga, un banco de acumuladores de plomo-ácido de 200Ah. y algunas luminarias del tipo fluorescente. Los ensayos se realizaron sobre uno de estos módulos.

Para el estudio de las propiedades ópticas de los materiales, se procedió a la extracción de muestras de material, cortando con un bisturí el encapsulado, desde la cara posterior del panel, levantándolo totalmente, desprendiendo la oblea de silicio, desoldando los contactos y finalmente extrayendo muestras del material adhesivo transparente ubicado entre el vidrio y el silicio. Se considera que la pérdida de transparencia del EVA, es el principal responsable de la disminución de potencia de los módulos. A simple vista se observa que el material de contacto, ya no es totalmente translúcido, está ligeramente

¹ Parcialmente financiado CIUNSa

² P. Principal CONICET

³ Institutos UNSa-CONICET

coloreado de un tono parduzco. Las áreas más afectadas son las que se encuentran sobre las metalizaciones correspondientes a los contactos superiores y provocados por la reflexión sobre los mismos.

METODOLOGÍA

La metodología desarrollada, propuso la realización de un conjunto de experiencias destinadas a medir propiedades ópticas. Se obtuvieron una serie de curvas de transmitancia, ensayando las muestras con un espectrómetro LICOR 1800, y con un medidor de radiación global LICOR 250. Por otra parte, las muestras de EVA, fueron sometidas a ensayos de Difracción de Rayos X(DRX), y a ensayos de infrarrojos (MIR).

DRX: Las muestras se analizaron empleando un Difractómetro de Polvos marca Rigaku D-MaxIIIC con radiación K_{α} de Cu y filtro de Níquel. Los films de igual espesor se montaron en placas de idénticas áreas de irradiación con una velocidad de barrido de $2^{\circ}\theta/\text{min}$ y una tensión de 40kV a una intensidad de 20mA. Estos estudios se realizaron para analizar si existen cambios en la estructura química del EVA.

FTIR: Los espectros de IR fueron realizados en un equipo FT IR BRÜCKER, siguiendo la técnica MIR (Múltiple Internal Reflection). Los mismos permiten detectar la presencia de productos de degradación en las muestras analizadas. Un análisis exhaustivo permite caracterizar esos productos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características ópticas

Con los valores obtenidos del espectrómetro se construyeron las curvas de transmitancia del EVA. Las medidas se realizaron en diferentes horas del día mostrándose solo dos de ellas: la tomada a las 13:00 horas y a las 17:00 horas, colocándose el espectrómetro sobre un plano horizontal. En las figuras 1 y 2 las gráficas de la derecha son el resultado de la combinación de respuesta espectral de las gráficas de la izquierda. En las mismas se puede observar que la transmitancia espectral es pequeña en bajas longitudes de onda, creciendo casi linealmente hasta los 700nm, para luego hacerse prácticamente constante. Conviene resaltar el hecho, que en la zona del espectro entre los 300 y 400 nm, el aporte de la radiación al efecto fotovoltaico, es mucho menor que las zonas de longitudes de onda mayor

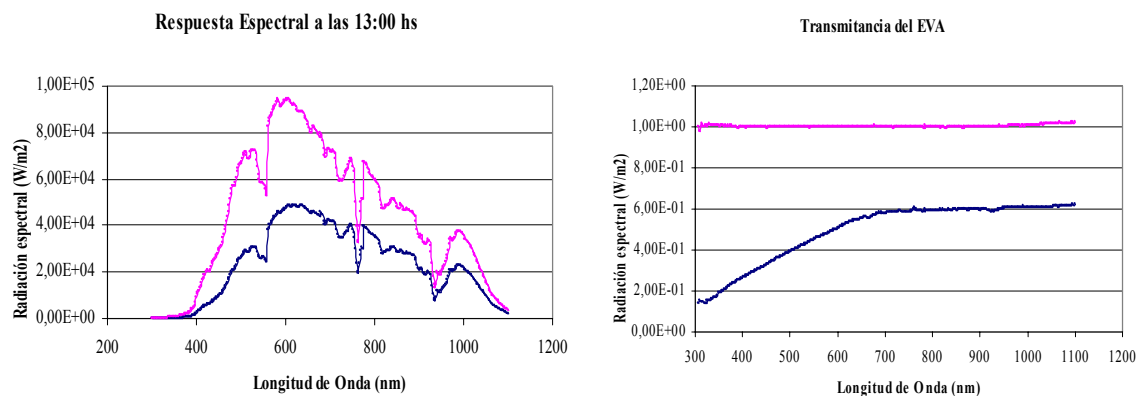


Figura 1 Respuesta espectral a las 13:00 horas sin la muestra (curva superior) y con la muestra de EVA (curva inferior)

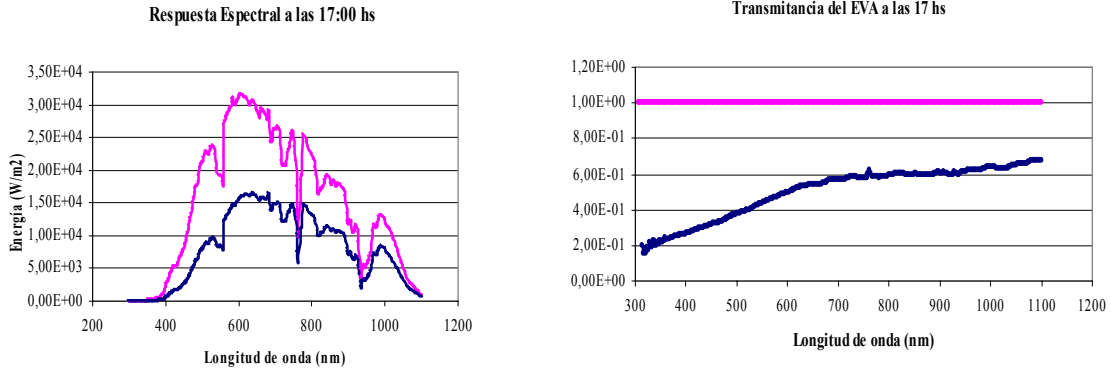


Figura 2 Respuesta espectral a las 17:00 horas sin la muestra (curva superior) y con la muestra de EVA (curva inferior)

En las figuras 1 y 2 puede observarse que la transmitancia espectral del EVA varía ligeramente con el ángulo de incidencia de la radiación solar. La estructura amorfa del material confirma esta suposición.

Las gráficas de la figura 3 se obtuvieron a partir de la medición de la radiación incidente sobre el plano del panel. Este se inclino 45° para que la radiación incidente en el mediodía solar fuese normal, este valor del ángulo es el que corresponde a la época del año en que se realizaron las medidas. Las experiencias se llevaron a cabo en la zona del panel a la cual se le extrajo la oblea de silicio. Las gráficas de la izquierda de la figura 3 muestran la radiación medida en diferentes horas del día, es decir para distintos ángulos cenitales. Las curvas representan en orden decreciente la radiación exterior, la de abajo del vidrio y la del conjunto vidrio EVA Se puede observar que las funciones tienen la misma forma.

Las curvas de la derecha nos muestran la transmitancia del vidrio y del conjunto vidrio EVA, como vemos estas se mantienen prácticamente constantes siendo para el vidrio de un 95% y para el conjunto vidrio EVA de un 67%

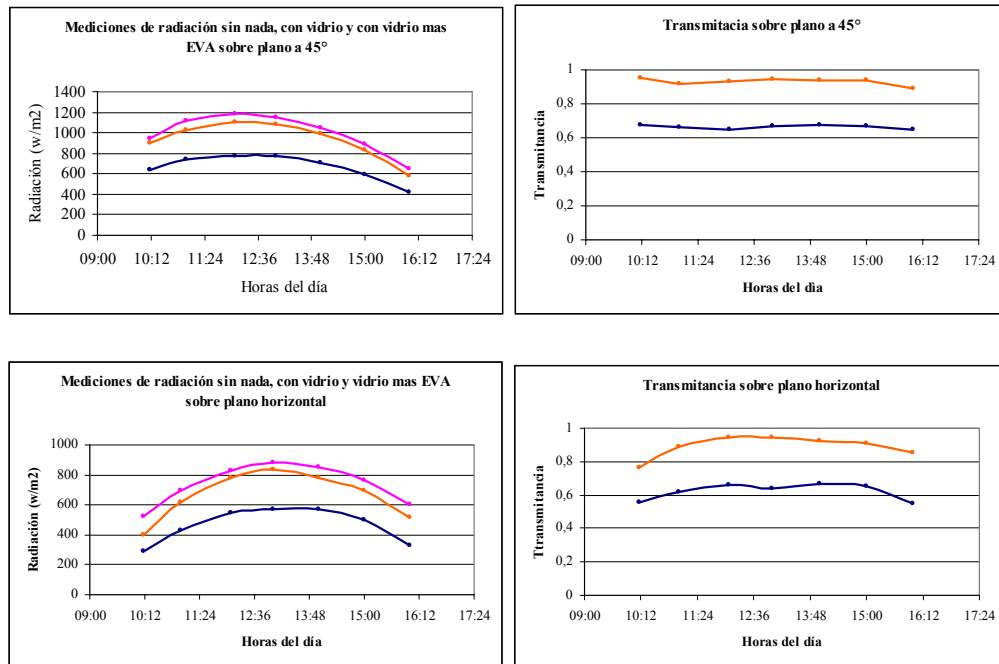


Figura 3 Radiación a diferentes ángulos cenitales y variación de la transmitancia en función de las horas del día

Análisis por Difracción de Rayos-X

La técnica de difracción de rayos X es una herramienta muy útil cuando se quiere evaluar cambios en materiales cristalinos o semicristalinos (polímeros con proporción amorfo-cristalino mayor al 5% en volumen). En la figura 4 se observan los difractogramas obtenidos para la muestra no expuesta a la radiación (P_0) y expuesta (P_e). Como puede observarse el material original, que coincide con la cara no expuesta a radiación en el panel, es totalmente amorfo por lo que no presenta planos de difracción.

El difractograma de la muestra que se encuentra expuesta a radiación también es totalmente amorfa por lo que se concluye que cualquier efecto que pudiera ocasionar la radiación no está vinculada a un cambio morfológico ni un desarrollo cristalino en el material.

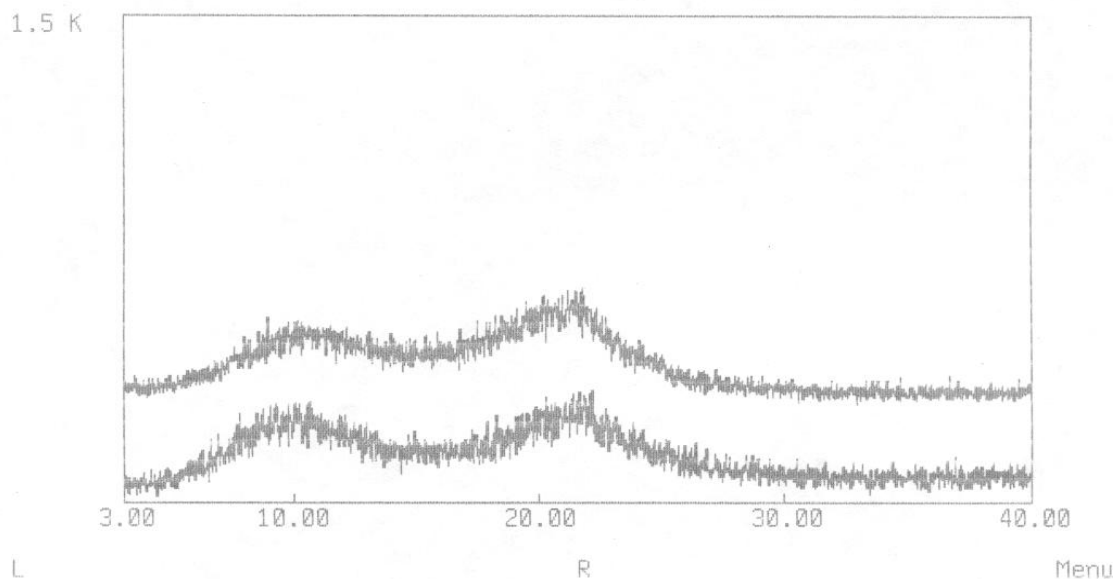


Figura 4 difractograma de las muestras no expuesta y la expuesta

Análisis por Infrarrojo con Transformada de Fourier (FT IR)

Es usual usar las técnicas de **FT IR** para seguir los efectos de degradación por la exposición a la radiación UV producidos en diversos materiales. Pero, a diferencia de la metodología que se sigue normalmente, esto es obtener los espectros de absorción (o transmisión) de las muestras, en este trabajo se optó por usar la técnica MIR (Multiple Internal Reflection), por dos razones fundamentales:

-El considerable espesor del film conduce a espectros muy concentrados, lo que ocasiona una pérdida en la definición en los picos. No resulta aconsejable la utilización de ninguna técnica para disminuir el espesor tales como cortes o estiramientos en frío o caliente, ya que los efectos que éstas pudieran provocar, podrían superponerse con los producidos por la acción de la radiación.

-Los daños causados por la irradiación UV, tienen principalmente un efecto superficial, por lo que al utilizar la técnica de reflexión en la superficie, todas las alteraciones que haya sufrido el material se evidenciarán más en superficie porque están en mayor concentración.

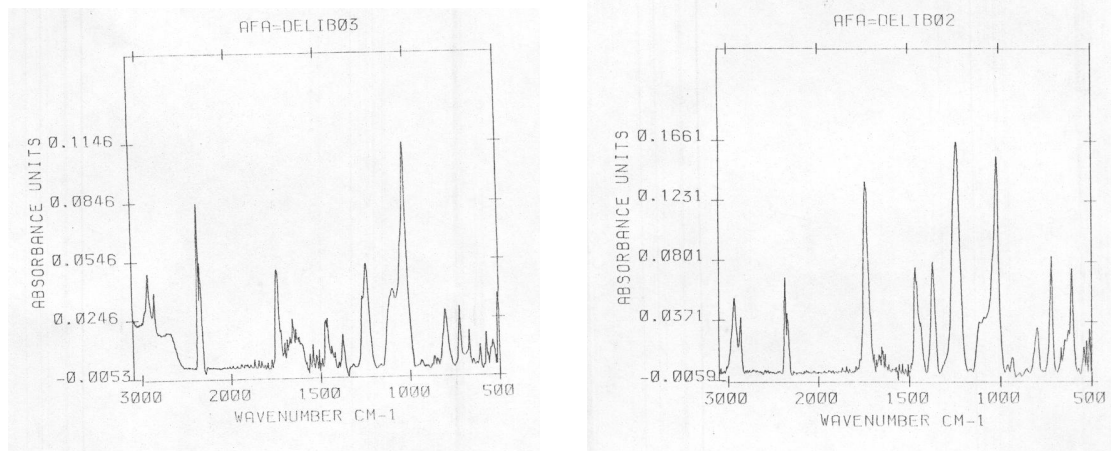


Figura 5 espectro MIR de la muestra sin exponer y de la muestra expuesta

En la muestra expuesta aparecen en general los mismos grupos de picos que en la muestra virgen, pero se hacen evidentes algunos cambios que denotan la presencia de los productos de degradación.

El pico correspondiente a la absorción de los grupos carbonilos se ensancha, indicando que aparecen otros productos típicos de una degradación, como ser la de los grupos ácidos, que se muestran como pequeños picos que aparecen a frecuencias más bajas (aproximadamente 1718 cm^{-1}). La aparición de los grupos ácidos se confirma con la banda ancha, característica de los grupos -OH , que se sitúa en la zona de 3300 cm^{-1} . Por otra parte los picos intensos en la región de los $1200\text{-}1020\text{ cm}^{-1}$ que corresponde a los estiramientos del grupo éster (CO-OCH_3) se modifican perdiendo resolución, lo que es coherente con lo manifestado en la región del carbonilo. Esto evidencia un proceso degradativo.

La banda de 1460 cm^{-1} cambia su tamaño indicando la variación de la concentración de los metilos terminales, probablemente debido a la rotura de las cadenas.

CONCLUSIONES

En trabajos anteriores se realizaron ensayos comparativos de las características eléctricas entre paneles expuestos y no expuestos, verificándose una pérdida de potencia mayor a un 30%. De los resultados obtenidos se puede concluir que esta pérdida está íntimamente relacionada con la degradación del EVA y el cambio en su coloración. Se observa que la parte más dañada del EVA está ubicada sobre la superficie de las celdas y fundamentalmente sobre la zona de metalización de los contactos, por lo que podría suponerse de la existencia combinada de los efectos de radiación y temperatura.

El estudio empleando la técnica MIR, muestra que existen algunos productos de degradación, provenientes de la ruptura de cadenas del polímero, y el análisis empleando DRX, de muestra que el material continúa siendo amorfo aun después de la degradación.

BIBLIOGRAFÍA

Pern, F : Glick, S. "Photo thermal stability of encapsulated Si solar cells and encapsulation materials upon accelerated exposures". ELSEVIER. 2000.

Quintana, M.; King, D. "Diagnostic analysis of silicon photovoltaic modules after 20 years field exposure". IEEE. 2000

Montero, M. y Cadena, C "Estudio de la Degradación de Módulos Fotovoltaicos", 2001 Arequipa, Perú

Pern, F : Glick, S. "Photo thermal stability of encapsulated Si solar cells and encapsulation materials upon accelerated exposures". ELSEVIER. 2000.

Quintana, M.; King, D. "Diagnostic analysis of silicon photovoltaic modules after 20 years field exposure". IEEE. 2000

Ahmad Y. Al-Hasan, A New Correlation for Direct Beam Solar Radiation Received by Photovoltaic Panel with Sand Dust Accumulated on its Surface, Solar Energy Vol.63, N°5, pp.323-333, 1998.

Canmet, Photovoltaics Systems Desing Manual, Energy, Mines and Resources Canada, marzo 1991.

CENSOLAR (Centro de Estudios de la Energía Solar), Instalaciones de Energía Solar, Tomo V, Sistemas de Conversión Eléctrica, Artes Gráficas Gala, 1989.

Duffie – Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, 1991.

Garg H. P., Treatise on Solar Energy Volume 1: Fundamentals of Solar Energy, John Wiley & Sons, 1982.

Imamura M.S., Helm P., Palz W., Photovoltaic System Technology, a European Handbook, HS Stephens & Associates, 1992.

Takao, Yamada et al “Reflection loss analysis by optical modeling of PV module” Solar Energy Materials & Solar Cells 67 (2001) 405-413.

Martin, N-Ruiz, J “Calculation of de PV modules angular losses under field conditions by means of an analytical model” Solar Energy & Solar Cells 70 (2001) 25-38.

King, D. et al “PV Module performance and durability following long-term field exposure” Sandia National Laboratories Albuquerque, NM 87185-0752.

ABSTRACT

In this paper some of the results obtained from the study of ethylene vinyl acetate degradation, one of the constituents of the transparent PV modules, are presented. The analysis was made on panels mounted twelve years ago and therefore exposed to solar radiation and weathering. In order to analyse their behavior, some tests on the optical and electrical properties of the materials, as well as the changes occurred in their chemical structure, were carried out.