

# ENSAYOS ELÉCTRICOS en MÓDULOS FOTOVOLTAICOS de LÁMINA DELGADA.

Área del Conocimiento: Tecnológicas

Becario/a: GONZALEZ MAYANS, Alexis Raúl

Director/a: BUSSO, Arturo

Facultad: Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura

E-mail: raulgonzalezmayans@gmail.com

## Objetivo

Desarrollar metodologías de caracterización eléctrica para módulos de lámina delgada o de segunda generación

## Materiales y Método

El modelo desarrollado utiliza la Ec. 1, donde los cinco parámetros a desatacar son; la corriente de corto circuito  $I_{cc}$ , la tensión de circuito abierto  $V_{ca}$ , las resistencias parásitas de pérdidas intrínsecas a la celda FV, la resistencia serie  $R_s$  y paralelo  $R_p$  y por último, el índice de idealidad del diodo  $m$ .

La Ec. 1 resulta sumamente adecuada para ser utilizada en el caso de ajuste de los parámetros sobre una curva I-V debido a que, de los cinco parámetros mencionados, tres son determinados directamente sobre el perfil del trazado experimental de la curva I-V del dispositivo, como es el caso de la  $I_{cc}$ , de la  $V_{ca}$  y de la  $R_p$  en base a la pendiente de la curva I-V en el entorno del cortocircuito. Así, el ajuste se simplifica a encontrar los valores de  $m$  y  $R_s$  que se encuentran relacionados.

En definitiva, resulta entonces que, de los cinco parámetros, tres son determinados directamente trabajando sobre el perfil de la curva I-V experimental en una condición dada y los otros dos son determinados en base a su comportamiento físico, hasta lograr un ajuste adecuado, teniendo en cuenta el punto de máxima potencia (Firman et al, 2013) (Osterwald, 2003). El modelo resultante es físicamente explicable y en consecuencia no solo pretende conseguir valores óptimos de ajuste desde un punto de vista geométrico.

Analizando la inversa de la pendiente cambiada de signo evaluada en el entorno de  $V_{ca}$  es posible deducir la Ec. 2, en la cual se infiere que, en el entorno de la  $V_{ca}$ , la pendiente de la curva I-V resulta proporcional a la  $R_s$  y al índice  $m$ . Esto permite estimar un valor de  $R_s$  en función de un valor de  $m$  "semilla", como por ejemplo  $m=1$ , de esta manera hallar un valor máximo de  $R_s$ , que luego puede ser ajustado en la determinación posterior de  $m$ , hasta lograr un ajuste óptimo del punto de máxima potencia  $P_m$ , el cual es el punto que reviste tradicionalmente mayor importancia en la caracterización eléctrica en CEM.

En tal sentido se traza la curva I-V experimental de un módulo de lámina delgada a sol real y se analiza las bondades del ajuste logrado en base al análisis de la curva potencia-tensión obtenida (P-V) y del error porcentual  $\varepsilon\%$  que se comete en la misma, que resulta de aplicar la Ec. 3, a la diferencia de los puntos de potencia experimentales ( $P_i$ ) y ajustados ( $P_i'$ ), con respecto a la potencia máxima  $P_m$ .

$$I = I_{cc} \left( \frac{R_s + R_p}{R_p} \right) - \frac{I_{cc}(R_s + R_p) - V_{ca}}{R_p} \left[ e^{\left( \frac{V - V_{ca} + I R_s}{m \cdot N \cdot V_t} \right)} \right] - \frac{V + I \cdot R_s}{R_p} \quad \text{Ec. 1}$$

$$-\frac{1}{\frac{\partial I}{\partial V}} \Big|_{V_{ca}} = \frac{m \cdot N \cdot V_t}{I_0 \cdot e^{\left( \frac{V_{ca}}{m \cdot N \cdot V_t} \right)}} + R_s \quad \text{Ec. 2}$$

$$\varepsilon\% = \left( \frac{P_i - P_i'}{P_m} \right) 100 \quad \text{Ec. 3}$$

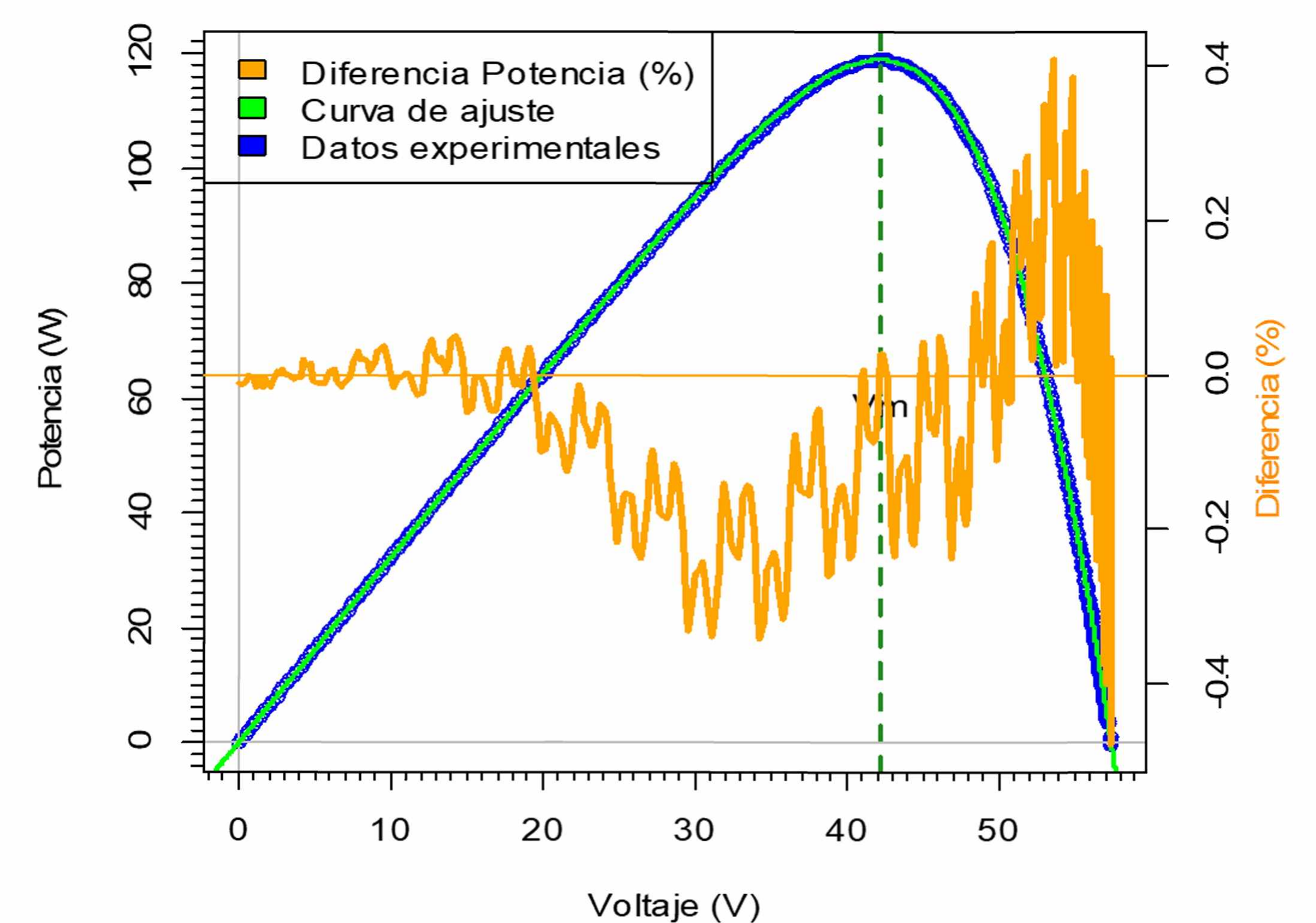


Fig. 1, Curva PV, curva ajustada y curva de diferencia porcentual del módulo CIS.

## Resultados y Discusión

Como resultado se muestra la Fig. 1, se presenta la gráfica P-V de un módulo FV de lámina delgada de cobre indio selenio (CIS). Junto a los datos experimentales, se presenta la curva ajustada, siguiendo el procedimiento descrito en la metodología. Además del error porcentual, calculado mediante la expresión de la Ec. 3, estableciéndose el eje secundario de la derecha. Conjuntamente se traza una punteada vertical que indica el punto de voltaje máximo ( $V_m$ ) que intercepta al punto de máxima potencia.

Se visualiza que el ajuste logrado en este caso posee gran concordancia con la gráfica experimental fundada en el hecho de que la diferencia es inferior en todo momento a un 0.4%, aún presentado cierto nivel de dispersión en los datos a lo largo de toda la curva de diferencia de potencia. Mostrando también que se logra el ajuste sobre el punto de  $P_m$  con una diferencia mínima pese al ruido presente en la determinación. En conclusión, se logra aplicar una metodología basada en el modelo equivalente eléctrico de un diodo de cinco parámetros con el fin de emplearlo en el ajuste y extracción con especial interés en parámetros de módulos de lámina delgada.