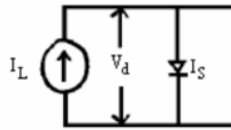


## Solución P3 Control 2 EL3003 23 septiembre 2014

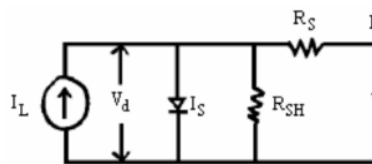
a)

La celda, a nivel de materiales, es una juntura pn. Con una banda de valencia característica, a la cual saltan los fotones que recibe el panel. Cuando la luz llega a la celda se produce la formación de pares hueco-electrón, los que se desplazan a través del sólido creando así una corriente eléctrica.

La juntura pn constituye un diodo, lo que define el sentido en el cual viajan los portadores, para modelar la celda se usa entonces el siguiente circuito equivalente:



Existe otro modelo más completo, que considera las caídas de tensión en la celda, pero con el anterior es suficiente.



b)

La siguiente figura muestra varias curvas I-V de una celda fotovoltaica a distintos niveles de radiación, en esta gráfica se identifican las corrientes de corto circuito ( $I_{cc}$ ), voltaje de circuito abierto ( $V_{ca}$ ) y el voltaje de máxima potencia ( $V_{mpp}$ ).

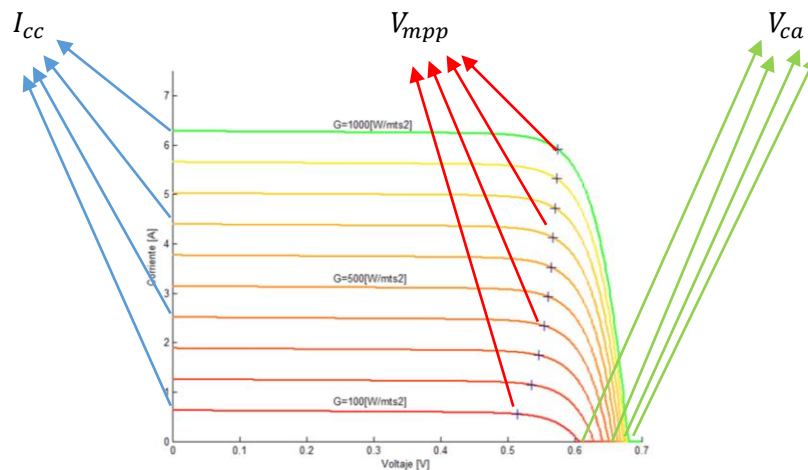


Figura 4-2 - Perfiles VI de celda SunPower C-60 a distintos niveles de radiación. Notar que la corriente de cortocircuito crece de manera lineal con la radiación incidente.

La siguiente figura muestra curvas P-V de una celda fotovoltaica a distintos niveles de radiación, en esta gráfica se identifican las corrientes de corto circuito ( $I_{cc}$ ), voltaje de circuito abierto ( $V_{ca}$ ) y el voltaje de máxima potencia ( $V_{mpp}$ ).

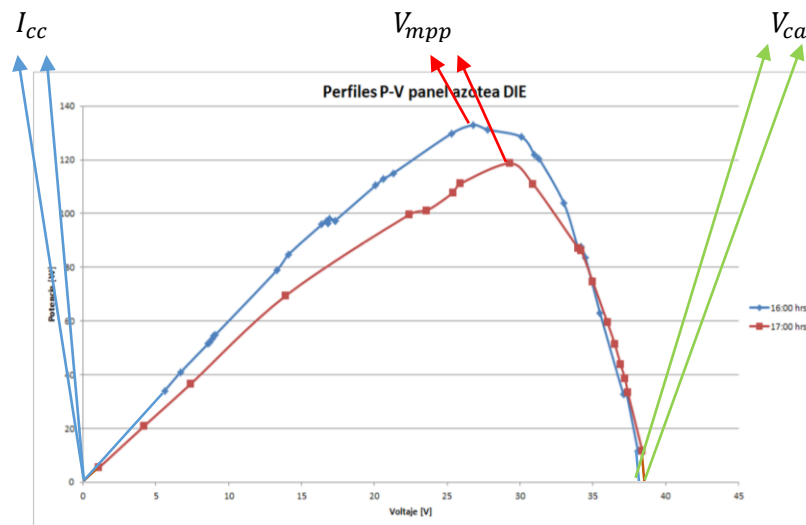
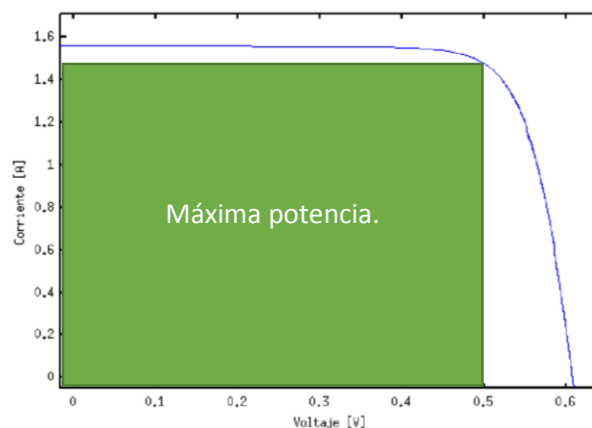


Figura 4.2-2 - Perfil de potencia versus voltaje para paneles en azotea del DIE. En esta figura es explícita la disminución en la potencia máxima, pasando de 132[W] a 118[W] al comparar las mediciones de las 16:00 y las 17:00.

Además, la relación que existe entre estas dos gráficas, es que al trazar el rectángulo que se forma desde el origen hasta algún punto de la curva en la gráfica I-V, encontramos que la superficie de dicho rectángulo es igual al valor de la potencia observada en el gráfico P-V en el punto correspondiente de mismo voltaje. Naturalmente entonces, el área de este rectángulo se maximiza en el punto de  $V_{mpp}$ .



c) Ya está graficado en la primera figura de la parte b). Al cambiar la posición del panel, estoy alterando el nivel de radiación que llega sobre la celda, luego a menores niveles de radiación, se observa que  $I_{cc}$  disminuye y que  $V_{ca}$  varía muy poco. Dado que menos radiación arroja una curva “más abajo” en la gráfica, se tiene que la potencia (superficie del rectángulo) será menor también. Los niveles de máxima potencia serán menores.

d)

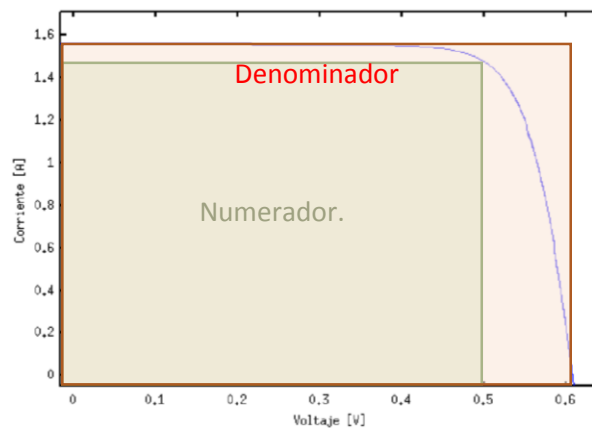
El factor de llenado está dado por la siguiente expresión:

$$FF = \frac{P_{MPP}}{V_{OC} I_{SC}}$$

donde,

FF: Factor de llenado.  
P<sub>MPP</sub>: Potencia máxima.  
V<sub>OC</sub>: Voltaje de circuito abierto.  
I<sub>SC</sub>: Corriente de cortocircuito.

Luego, si volvemos a la curva I-V, vemos que el numerador de este factor corresponde a la superficie del rectángulo bajo la curva en el punto de máxima potencia. El denominador será la superficie de un rectángulo más grande que cubre toda el área “por fuera” del la curva.



El factor de llenado se puede interpretar entonces como la razón entre estas dos superficies, o en otras palabras, “qué tanto” llena el rectángulo chico al rectángulo grande.

Al cambiar la posición del panel (distintos niveles de radiación), ambas superficies van a variar, pero no necesariamente en igual medida, por lo que sería posible encontrar un nivel de radiación en que haya una potencia máxima menor, pero con un factor de llenado mayor, lo que podría tentar a usar de esa forma el panel, pensando que se “aprovecha mejor” la potencia. Sin embargo, el factor de llenado está determinado netamente con variables propias de la celda, y no considera los distintos niveles de energía que está entregando el sol. Por esta razón el factor de llenado podría no ser un buen indicador de eficiencia al momento de hacer funcionar la celda o de elegir la posición de la misma.