

+ 02/12/2024

Optimización de la Eficiencia en Celdas Solares de Nanomateriales

Laura Belén Rodríguez Rodríguez

Examen Módulo 3

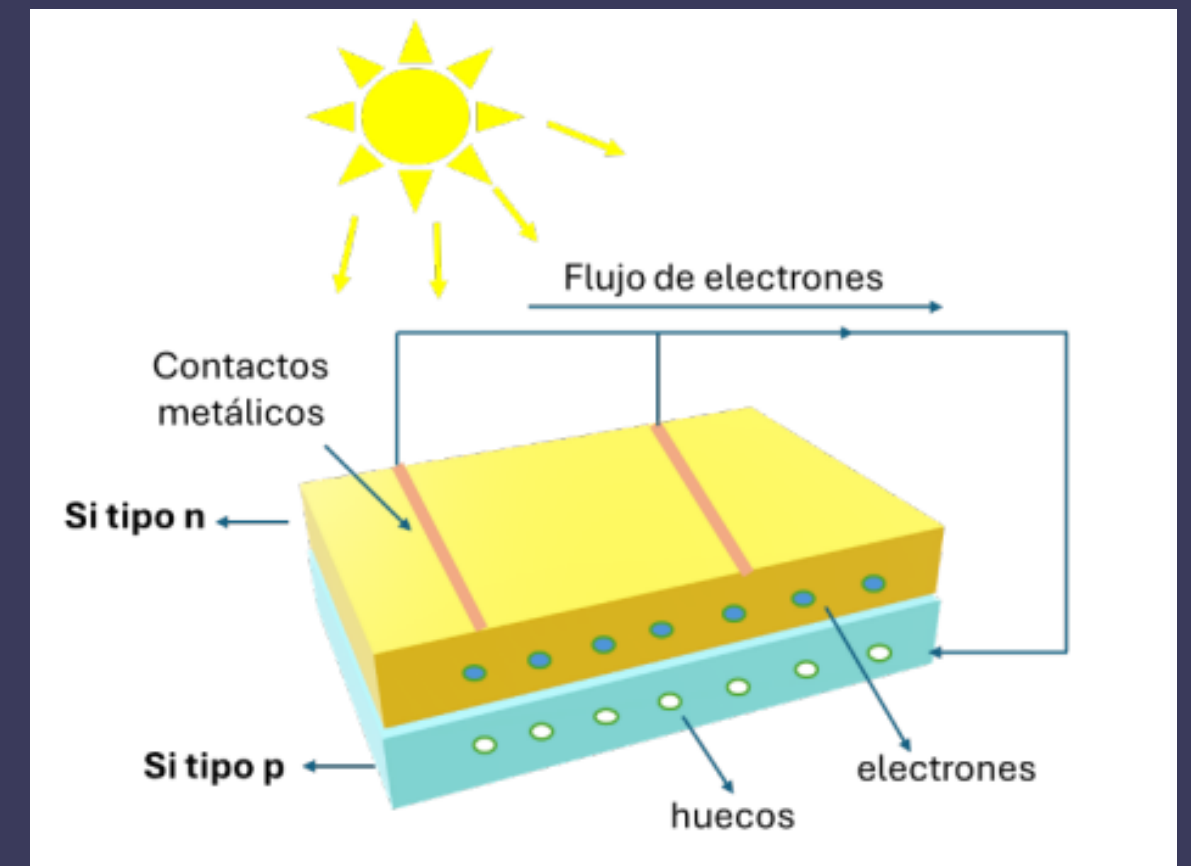


ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara



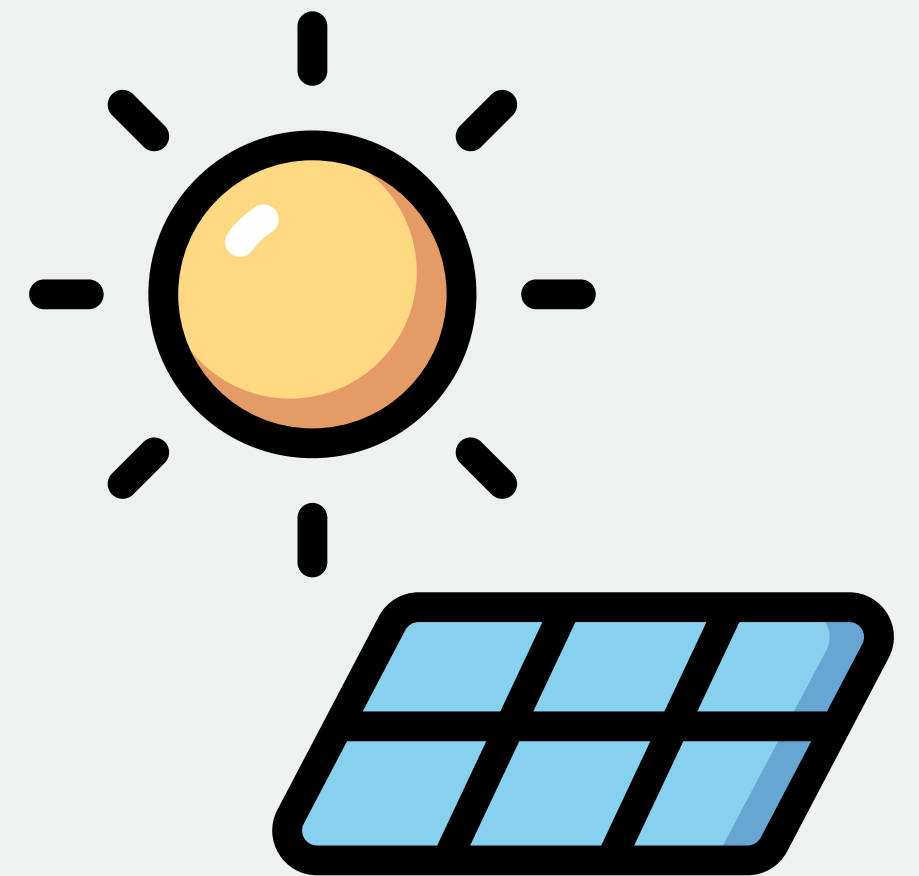
Introducción

Este proyecto busca optimizar la eficiencia de una celda solar de silicio mediante la aplicación de nanomateriales antirreflejantes. El objetivo es reducir la reflectancia de la superficie y maximizar la absorción de fotones, lo que permitirá incrementar la corriente de cortocircuito y la potencia máxima generada. Este trabajo tiene implicaciones en la mejora del rendimiento energético



Marco teórico

- **Unión p-n:** Es la generación de pares electrón-hueco y transporte de carga.
- **Nanomaterial antirreflejante:** propiedades ópticas de materiales como el dióxido de silicio (SiO_2) y su papel en la disminución de la reflectancia.
- **Factor de llenado (FF)**
- **Corriente de cortocircuito**
- **Voltaje de circuito abierto**
- **Potencia máxima**



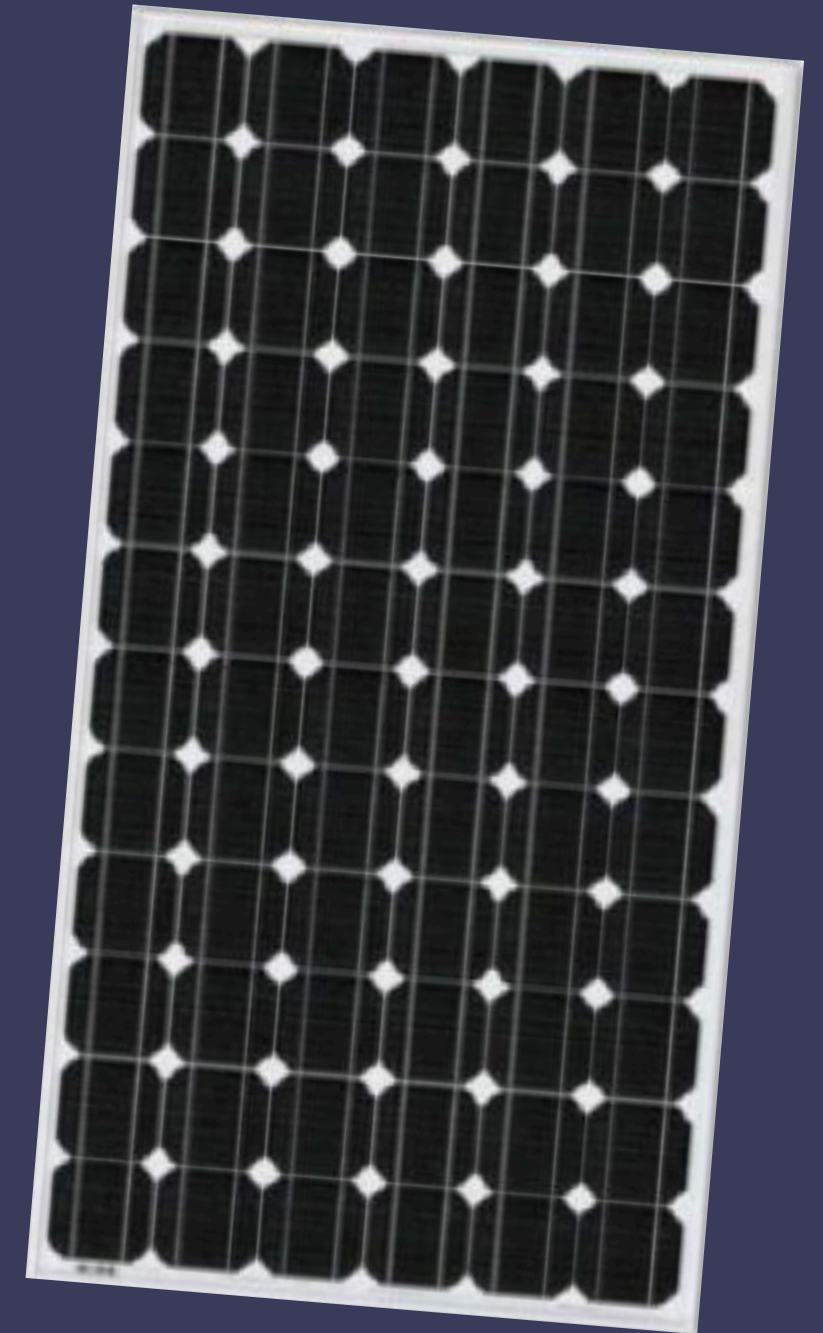
Objetivos

Generales:

- Incrementar la eficiencia de una celda solar mediante el diseño y optimización de una capa antirreflejante.

Específicos:

- Diseñar una celda solar de unión p-n con contactos metálicos y nanomateriales antirreflejantes.
- Modelar matemáticamente la función de eficiencia de la celda como una función no convexa.
- Determinar el espesor óptimo de la capa antirreflejante para maximizar la eficiencia.
- Comparar con resultados experimentales



Descripción del modelo

Criterio de optimización: Maximizar la eficiencia (η) de la celda, definida como la relación entre la potencia máxima generada (P_{max}) y la potencia incidente (P_{in}).

Función objetivo:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}}, \quad P_{max} = I_{mp} * V_{mp}$$

Variables de control:

- Espesor de la capa antirreflejante (t_{AR})
- Índice de refracción del material (IR)
- Intensidad de luz incidente (I_{irr})

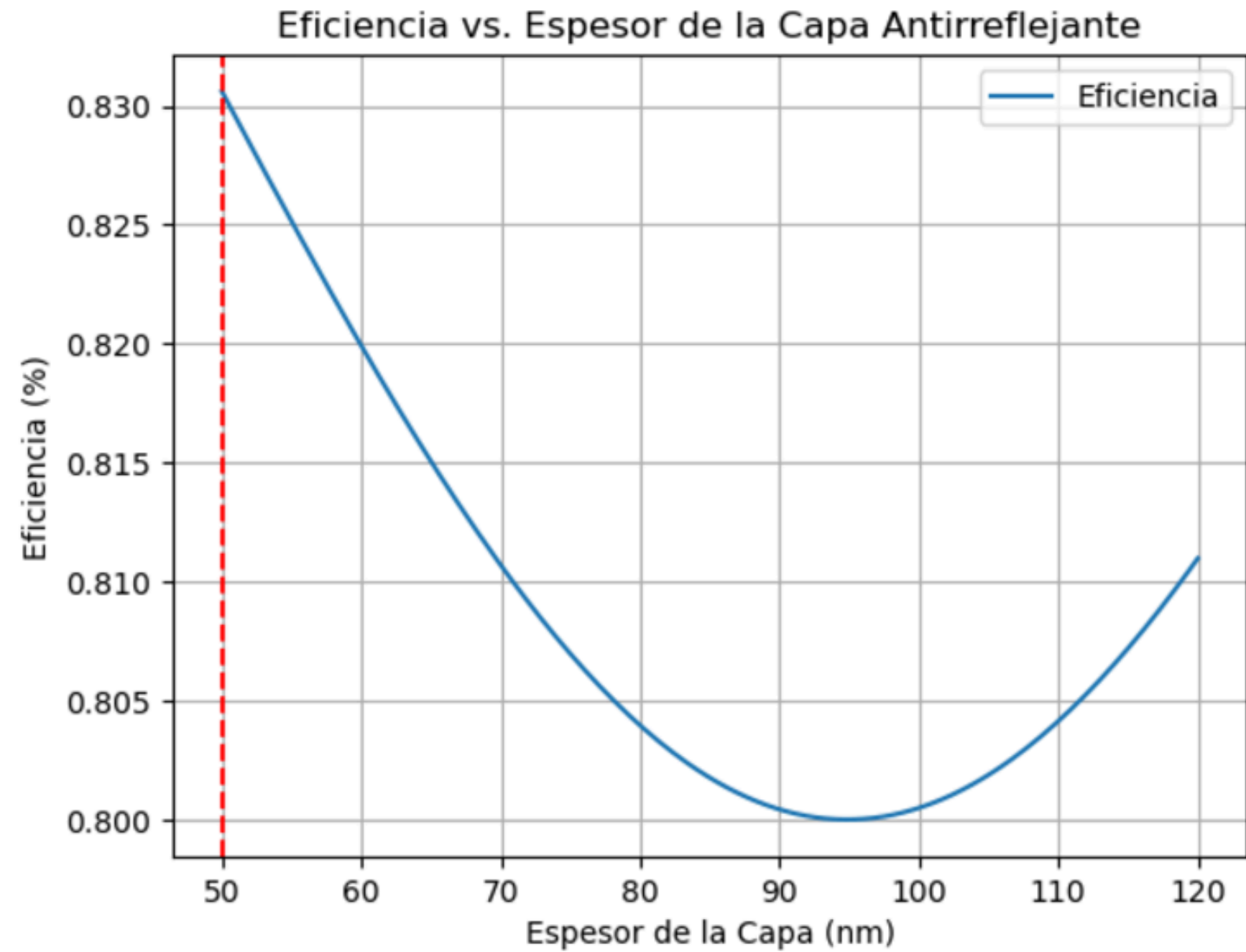
Restricciones

$$t_{AR} > 0 \text{ nm y } t_{AR} \leq 150 \text{ nm}$$

$$1.4 \leq IR \leq 2.4$$



Simulación y optimización del modelo



Interpretación de los resultados

Los resultados obtenidos del modelo indican un espesor óptimo de 50 nm, que corresponde al límite inferior del rango definido en la simulación. Este comportamiento sugiere que el modelo tiende a favorecer espesores pequeños debido a la relación teórica entre la reflectancia y el espesor. Sin embargo, el valor óptimo simulado no coincide con el espesor experimental de 83.7 nm, lo que indica que el modelo actual no captura completamente las condiciones reales del experimento. En cuanto a la eficiencia, el modelo predice un valor idealizado del 83.02%, significativamente menor que el 89% observado experimentalmente

Conclusiones

El modelo matemático utilizado proporciona una buena aproximación idealizada para analizar la interferencia óptica en capas antirreflejantes, pero sus predicciones difieren de los valores experimentales debido a su simplificación de las condiciones reales. Aunque el espesor óptimo calculado es de 50 nm, el valor experimental de 83.7 nm destaca que el modelo no incluye factores clave como defectos en el material, condiciones de fabricación y otros efectos prácticos.

En general, estos resultados sugieren que, para obtener predicciones más cercanas a los valores experimentales, sería necesario ampliar el rango de espesores, incluir factores adicionales en el modelo y ajustar las condiciones para reflejar mejor las propiedades reales de los materiales y los procesos experimentales.

Referencias bibliográficas

- [1] Soto, I. P. (2005). Celdas fotovoltaicas en generación distribuida. Santiago de Chile, 7.
- [2] Caballero, O. J. V., Moreno, M. M., & Quintero, P. R. (2018). Estudio y Desarrollo de Celdas Solares Basadas en Estructuras de Silicio Cristalino/Silicio Amorfo Dopado (Doctoral dissertation, Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica).
- [3] Born, M., & Wolf, E. (1999). Principles of Optics. Cambridge University Press.
- [4] Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., & Warta, W. (2009). Solar cell efficiency tables (version 34). Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 17(5), 320-326.



¡Muchas gracias!

