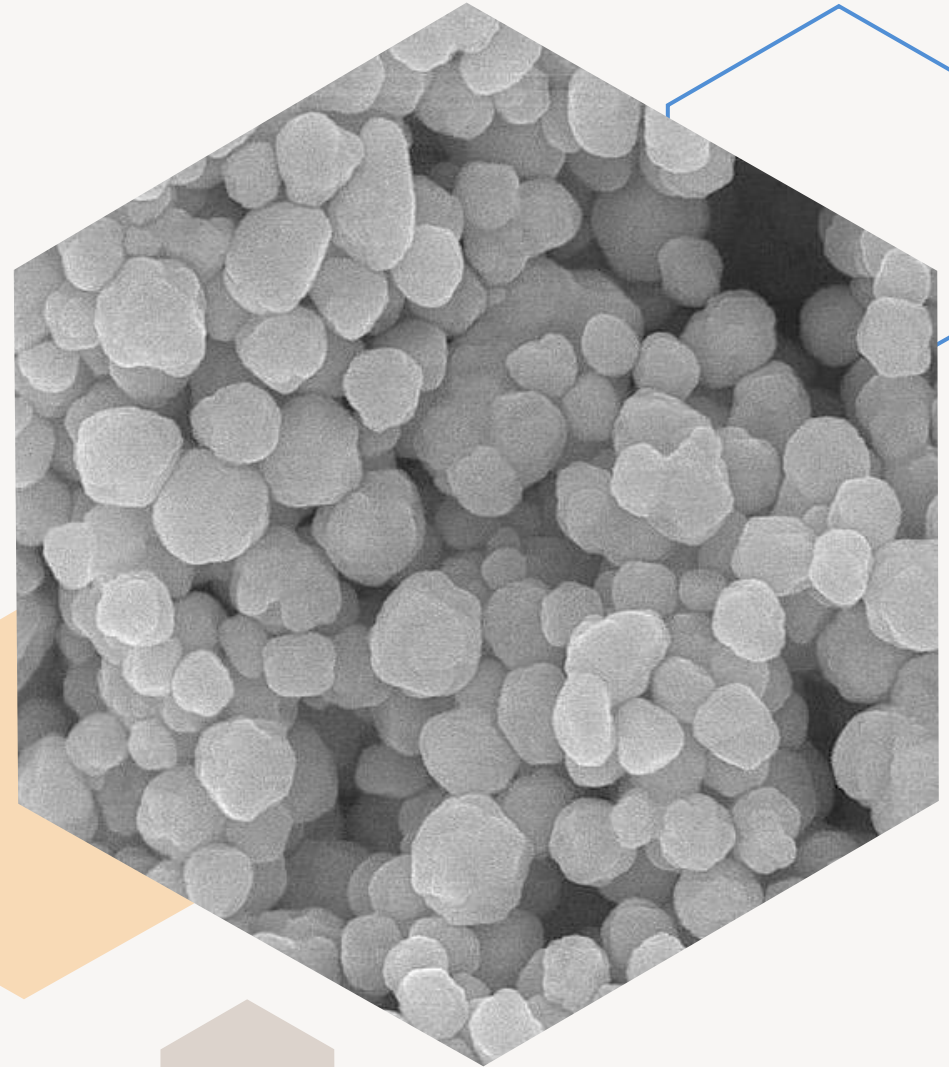


# Optimización de la eficiencia energética y durabilidad en celdas solares basadas en nanomateriales

Terezza Marianne González

Laura Belén Rodríguez





# Contenido



# Introducción

En los últimos años, aumenta el deterioro ambiental y el cambio climático. La energía solar ha demostrado ser una alternativa viable. La plata es un metal conductor esencial en la fabricación de paneles solares. Durante la producción, se convierte en una pasta que se integra en las obleas de silicio de los paneles para transportar la energía generada hacia baterías o instalaciones de consumo.





## OBJETIVOS

# General

- Optimizar la eficiencia energética de celdas solares basadas en nanomateriales a través de la optimización de parámetros clave.

# Específicos

- Determinar la cantidad óptima de material (nps Ag) necesario para maximizar la eficiencia energética.
- Ajustar el tamaño y grosor del material para lograr la mayor durabilidad posible de la celda solar.
- Minimizar los costos de producción manteniendo el rendimiento de la celda solar por encima de los estándares mínimos de eficiencia y durabilidad.

# Modelo del programa

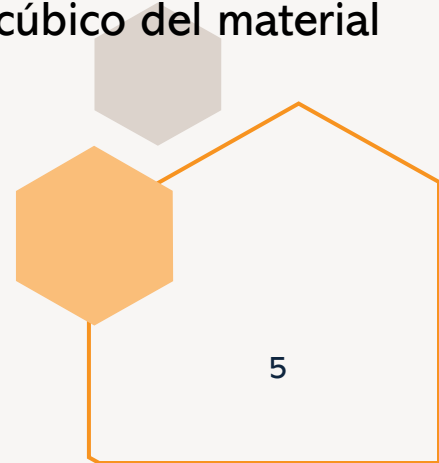
## Variables de Decisión

- $x_1$ : cantidad del material (nps Ag)
- $x_2$ : grosor del material

## Parámetros del modelo

- $c_1$ : costo por unidad de material
  - $c_2$ : costo por unidad de grosor del material
- 1.43e-7 corresponde al costo por gr de nps Ag (USD) en un metro cubico
- 100 corresponde al costo por metro cúbico del material fotovoltaico (USD/m<sup>3</sup>)

$$\text{Min}Z = C_1x_1 + C_2x_2$$





## Restricciones

- Eficiencia Energética (año)

corresponde a 328.5 kWh/m<sup>2</sup> año

$$1.5x_1 + 2x_2 \geq 328.5$$

- Durabilidad (años)

$$0.8x_1 + 3x_2 \geq 12 \quad \text{Tiempo de vida 12 años}$$

- Límite de grosor

$$x_2 \geq 0.001$$

Mayor a 0.001 m (1 mm)

Basándonos en un artículo que menciona un aumento del 50% de absorción con la inclusión de nanopartículas en concentraciones óptimas, estimamos un coeficiente de alrededor 1.5 suponiendo un aumento en eficiencia por cada incremento unitario de nanopartículas.

La inclusión de nanopartículas ofrece el coeficiente de 0.8 ya que aumenta la estabilidad  
Entre mayor grosor se aumenta la durabilidad y eficiencia de la celda solar.

# Solución del problema

$X1 = 219$  gr de nanopartículas de plata

$X1 = 1$ mm de grosor

Eficiencia =  $330 \text{ kWh/m}^2$  año

Durabilidad = 14.67 años

Costo = 100.0000313117 UDS

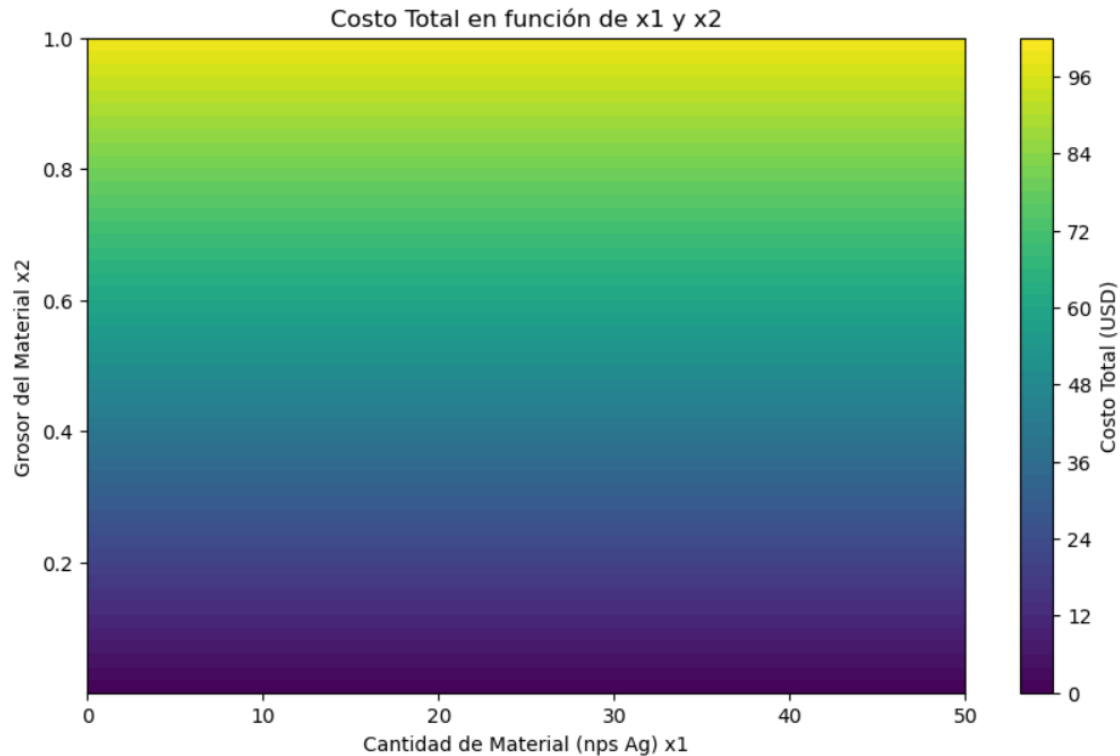
# Visualización

## Costo Total en función de $x_1$ y $x_2$

Esta gráfica muestra el costo total (en USD) en función de dos variables: la cantidad de material de nanopartículas de plata (nps Ag)  $x_1$  y el grosor del material  $x_2$ .

### •Observaciones:

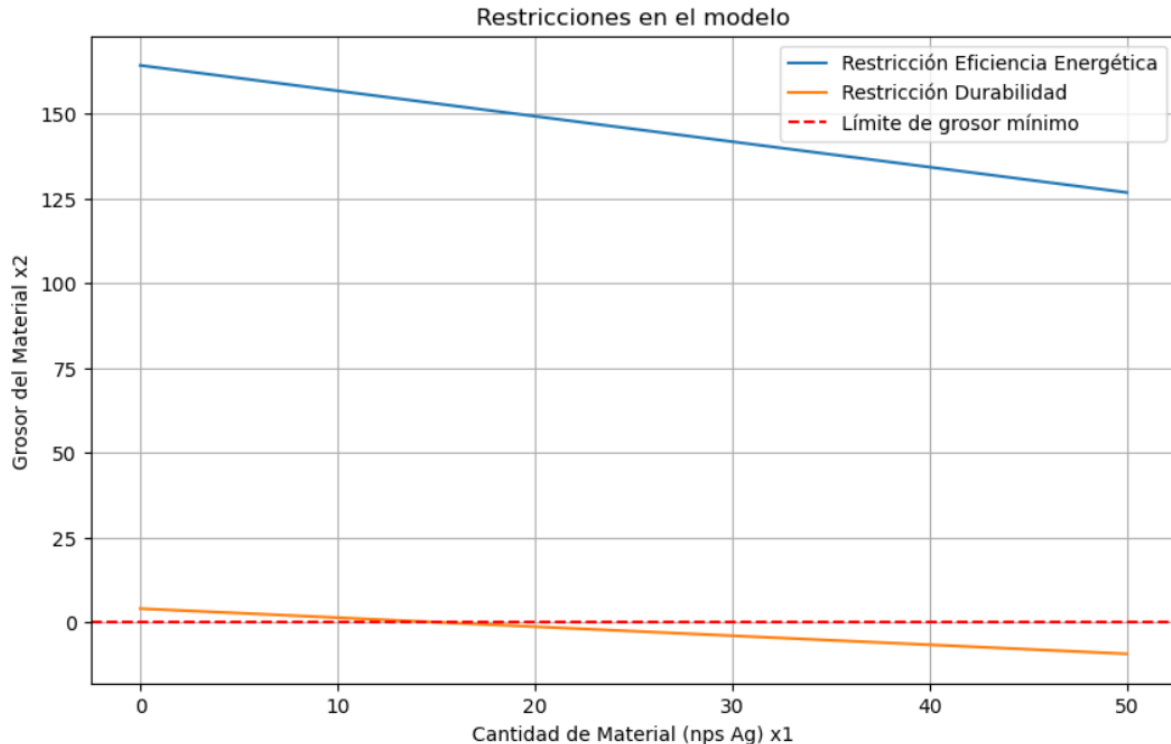
- El costo total aumenta de forma gradual a medida que se incrementan los valores de  $x_1$  y  $x_2$ .
- El rango de costos varía considerablemente, y se puede observar una relación casi lineal entre las variables  $x_1$  y  $x_2$ , aunque parece que el grosor del material  $x_2$  tiene una mayor influencia en el costo total.
- Los tonos más claros indican áreas de mayor costo.





# Visualización

La segunda gráfica nos muestra las restricciones impuestas en el modelo de optimización



- **Restricción de Eficiencia Energética:** Representada por la línea azul. Esto refleja la condición de eficiencia mínima que la celda solar debe alcanzar.
- **Restricción de Durabilidad:** Representada por la línea naranja. Esta condición asegura que la celda solar tenga una durabilidad mínima.
- **Límite de Grosor Mínimo:** Representado por la línea roja punteada. Este límite establece un grosor mínimo para el material ( $x_2$ ), evitando que sea demasiado delgado.
- **Observaciones:**
  - La restricción de eficiencia energética parece ser más restrictiva en valores bajos de  $x_1$ .
  - La restricción de durabilidad también es significativa, y tiene más impacto en valores pequeños de  $x_1$ .
  - La mayoría de las combinaciones de  $x_1$  y  $x_2$  se mantienen por encima del límite de grosor mínimo, lo cual es positivo para la viabilidad de la celda solar.

# Conclusiones

La optimización de la eficiencia en celdas solares fabricadas con nanopartículas de plata (nps Ag) ha mostrado resultados significativos en el marco del modelo matemático planteado. El objetivo principal era minimizar los costos de producción mientras se mantenían altos niveles de eficiencia energética y durabilidad. El modelo logró establecer una función objetivo clara y restricciones realistas, considerando costos de materiales, eficiencia y durabilidad. Las restricciones implementadas fueron críticas para definir los límites operativos del sistema, asegurando que la solución obtenida fuera práctica y aplicable.

A través de la implementación del código y su resolución mediante el método de optimización lineal, se obtuvieron valores óptimos para las variables de decisión, lo cual permitió encontrar una solución factible dentro de los límites establecidos. Sin embargo, se observaron algunos puntos de mejora, como la sensibilidad de las restricciones a los cambios en los parámetros del modelo, que pueden afectar la solución final. Esto sugiere que el modelo podría beneficiarse de una mayor validación de las constantes usadas (costos de materiales y eficiencia).

Se concluye que, si bien la optimización se logró parcialmente, se recomienda profundizar en la calibración de los parámetros y explorar otros posibles factores que influyan en la eficiencia y costo, con el fin de mejorar la exactitud y aplicabilidad del modelo en escenarios industriales reales.

# Referencias

Tang, Z., Gong, H., Li, Z., Jiang, H., & Song, J. (2013). High-performance thermoelectric materials and devices. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 109, 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2012.09.043>

Snyder, G. J., & Toberer, E. S. (2008). Complex thermoelectric materials. *Nature Materials*, 7(2), 105-114. [https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(07\)00158-3](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(07)00158-3)

Ciesielski, A., Czajkowski, K. M., & Switlik, D. (2019). Silver nanoparticles in organic photovoltaics: Finite size effects and optimal concentration. *Solar Energy*, 184, 477-488.

Chavali, M. S., Nikolova, M. P., & Kumar, S. (2021). Enhancing the performance of dye-sensitized solar cells using silver nanoparticles modified photoanode. *Nanomaterials*, 11(4), 937. <https://doi.org/10.3390/nano11040937>

Jungbluth, S. (2020). Improving perovskite solar cell performance with silver nanoparticles. *PV Magazine International*. <https://www.pv-magazine.com/2020/05/27/improving-perovskite-solar-cell-performance-with-silver-nanoparticles/>

Smith, J., & Lee, H. (2019). Efficiency of silver nanoparticles in third-generation solar cells. *International Journal of Energy and Water*, 5(2), 120-129. <https://www.ijew.io/articles/efficiency-of-silver-nanoparticles-in-third-generation-solar-cells>

**GRACIAS**

