

Cálculo de grosores de un metamaterial para minimizar su reflectancia a 600nm

Aline Quetzalli Rockenzahn Gallegos
Lunes 2 de Diciembre 2024



ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara

Tabla de contenido

- 3 Introducción
- 4 ¿Por qué son tan importantes a futuro?
- 5 Modelo y ¿qué es cada cosa?
- 6 Objetivos
- 7 Resultado obtenido

- 8 Función global
- 9 Optimización Bayesiana
- 10 Observaciones
- 11 Conclusiones
- 12 Referencias

INTRODUCCIÓN

PROYECTO INTEGRADOR

El proyecto no surgió para la clase. La clase fue la herramienta para poder lograr por primera vez un proyecto personal.

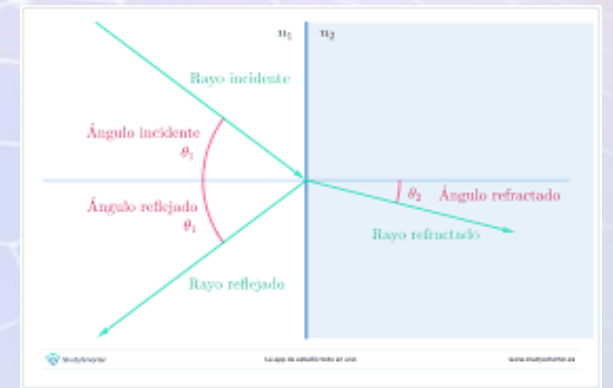
Se retomaron las ideas y procesos del proyecto 1.



¿POR QUÉ TANTO INTERÉS EN HACER UN METAMATERIAL?

Los materiales del futuro
Propiedades que no se encuentran en la naturaleza

- Invisibilidad
- Controlan el sonido
- Únicos materiales con un IR negativo



¿POR QUÉ SON TAN IMPORTANTES A FUTURO?

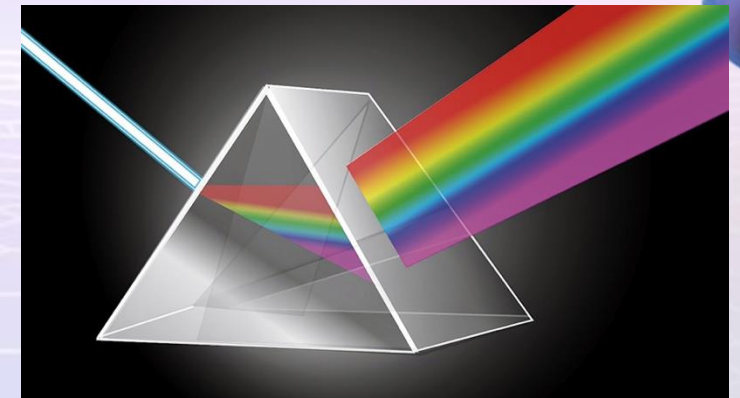
ÁMBITO MILITAR



INDUSTRIA AUTOMOTRÍZ



ÓPTICA



Como futura ingeniera en nanotecnología quiero ser parte de este proceso

MODELO Y ¿QUÉ ES CADA COSA?

- $40 \text{ nm} \geq t_{Au} \geq 5 \text{ nm}$
- $100 \text{ nm} \geq t_{SiO_2} \geq 5 \text{ nm}$

$$f_{Au} = \frac{t_{Au}}{t_{Au} + t_{SiO_2}}$$

$$f_{SiO_2} = \frac{t_{SiO_2}}{t_{Au} + t_{SiO_2}}$$

$$n_{SiO_2} = 1.4691$$

$$\epsilon_{SiO_2} = 2.46$$

$$\epsilon_{Au} = n_{Au}^2$$

$$\epsilon_{meta} = f_{Au} * \epsilon_{Au} + f_{SiO_2} * \epsilon_{SiO_2}$$

$$\epsilon_{meta} = n_{meta}^2 \quad n_{meta} = \sqrt{\epsilon_{meta}} = n_2$$

$$n_{aire} = n_1 = 1$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda \text{ (nm)}} * n_2 * h$$

$$r_{ij} = \frac{n_i - n_j}{n_i + n_j}$$

$$r_{12} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \quad r_{23} = \frac{n_2 - n_3}{n_2 + n_3}$$

$$n_{meta}$$

$$n_{Si} = n_3$$

$$R(\lambda nm) = \left| \frac{r_{12} + r_{23} * e^{2i\beta}}{1 + r_{12} * r_{23} * e^{2i\beta}} \right|^2$$

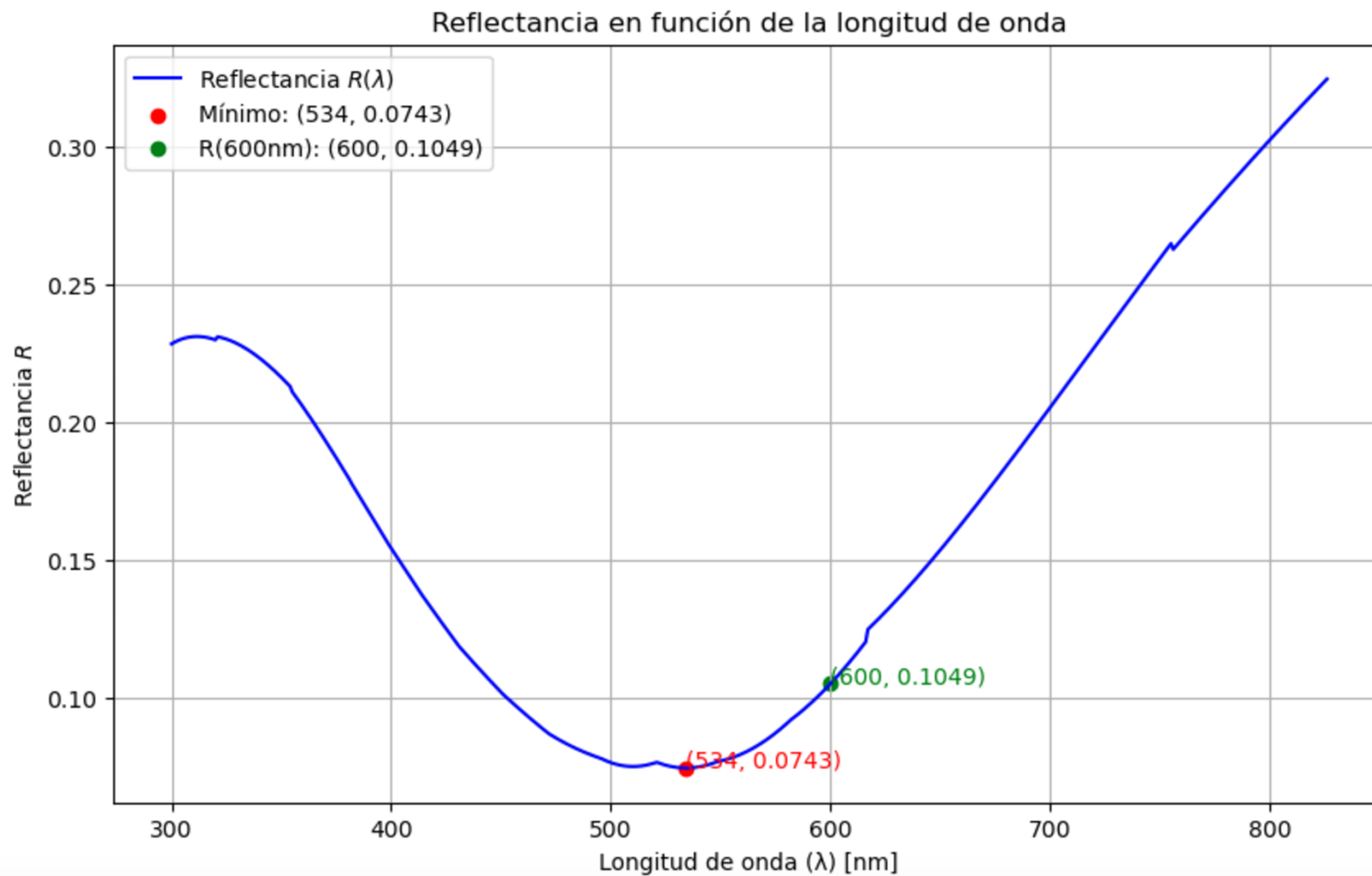
OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL: Crear un programa que permita comparar todos los grosores posibles de los componentes del metamaterial dentro de sus límites establecidos para minimizar la luz que el metamaterial refleja a 600nm

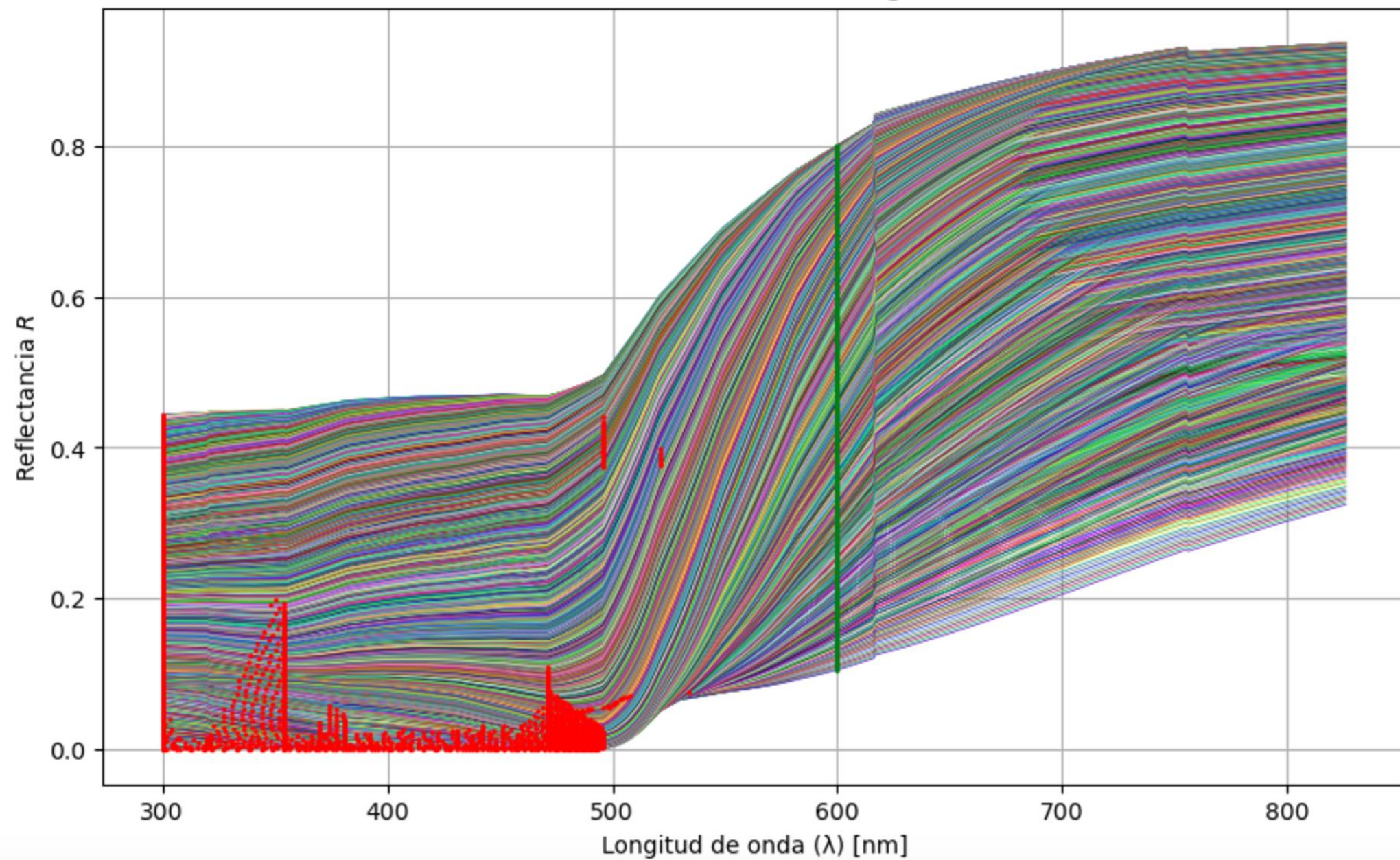
- Repetir regresión lineal para función a trozos del IR del Au
- Definir la función de costo "R" que tome como entrada t_{Au} , t_{SiO_2} y λ y regrese la reflectancia como valor de salida
- Comparar todas las combinaciones posibles para encontrar la reflectancia mínima
- Mostrar de manera visual los resultados

RESULTADO OBTENIDO

$t_{\text{Au}} = 5\text{nm}$ $t_{\text{SiO}_2} = 100\text{nm}$

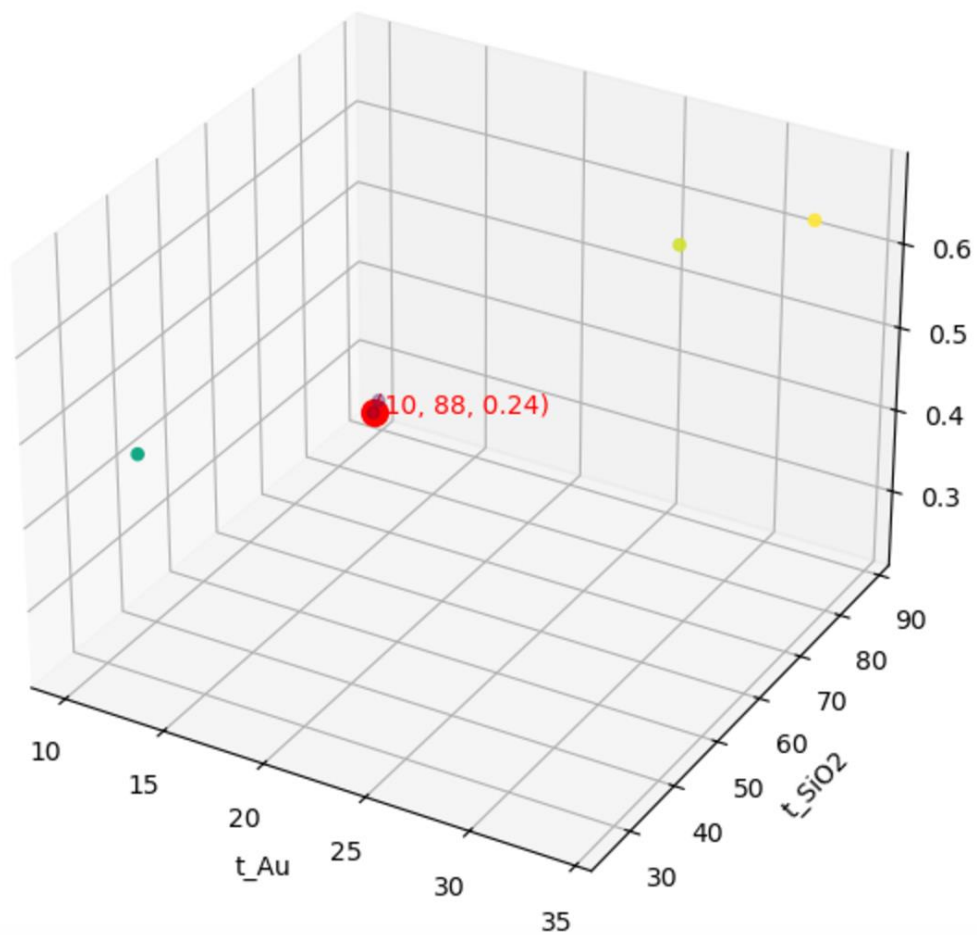


Reflectancia en función de la longitud de onda

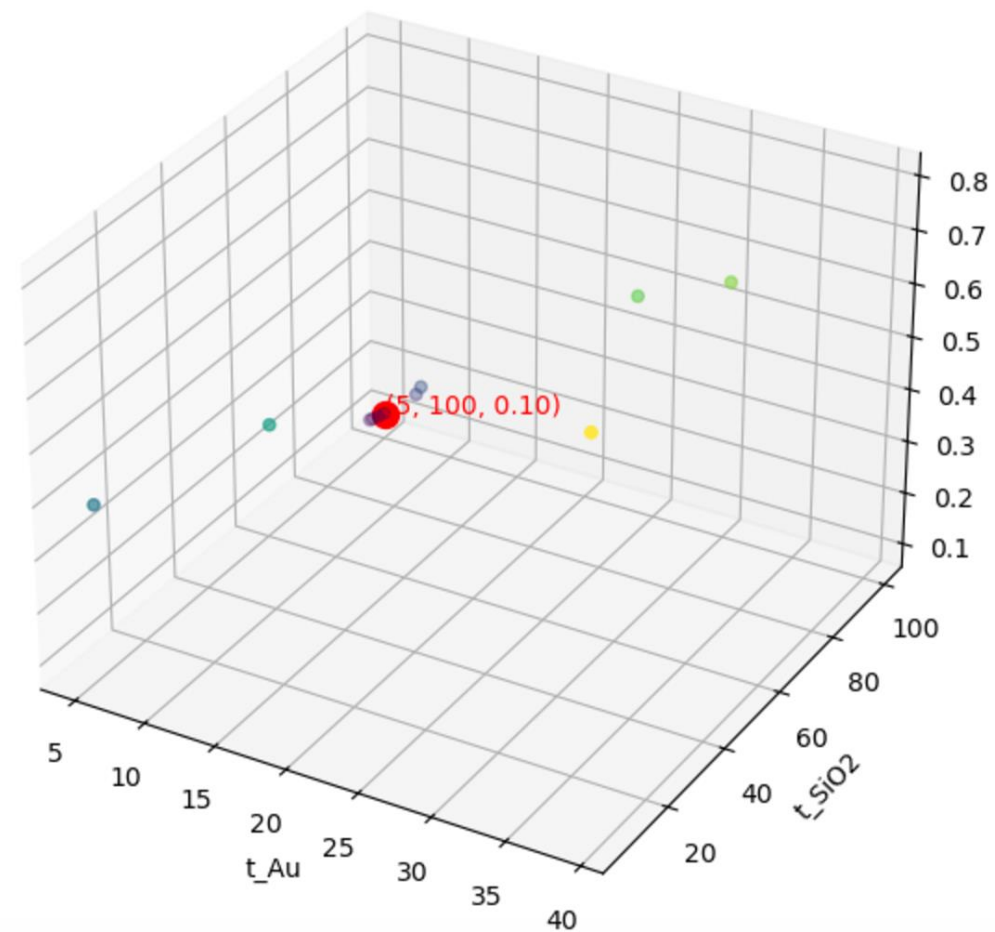


PROCESO GAUSSIANO (OPTIMIZACIÓN BAYESIANA)

R en función de t_{Au} y t_{SiO_2}



R en función de t_{Au} y t_{SiO_2}



OBSERVACIONES

Los resultados son diferentes a los esperados

- Tanto de forma numérica como visual se puede observar que los grosores óptimos para minimizar la reflectancia del metamaterial a 600nm son de 5nm para el oro y 100nm para el dióxido de silicio.
- Se esperaba que el valor mínimo de reflectancia en 600 nm fuera el mínimo global de la función R
- Ninguna función tiene su mínimo de reflexión en 600nm
- Probablemente los límites iniciales de los materiales no fueron los correctos.
- El Código es un éxito. El programa es capaz de hacer los cálculos de reflectancia con cualquier combinación de grosores que se le introduzcan, por lo que únicamente se tendría que cambiar el número de combinación posibles para intentar calcular un nuevo valor de reflectancia mínima a 600nm con nuevos límites para los grosores de los materiales.
- La forma de las gráficas individuales de reflectancia es de funciones no convexas con varios mínimos locales

IMPACTO Y CONCLUSIONES

Números complejos

Representaron un reto por ser la primera vez que los utilizaba en programación

Las gráficas son poderosas

Observar los resultados y los cálculos de manera visual me hizo darme cuenta que los parámetros iniciales no eran correctos.

Podría haberme ido con la finta de que encontré la respuesta correcta, pero al ver las gráficas vi que todavía no encuentro el resultado que buscaba y seguiré trabajando en ello.

Objetivo principal: éxito

Se querían encontrar los valores de grosores óptimos. El código fue escrito con éxito para encontrar estos grosores no importa la combinación de grosores que se le manden y los límites de éstos.

+1lv en programación

Con este proyecto me demostré a mi misma que tengo los conocimientos de programación suficientes para resolver algunos problemas con los que me encuentro en la vida. Ya no "trabajo para entenderle a la programación" sino que "la programación trabaja para mí para entender otras cosas" :)

Proyecto global a lo largo del curso

Se retomaron con éxito las funciones calculadas en el proyecto 1. Se definieron correctamente todas las operaciones matemáticas requeridas y se aprendieron a fondo conceptos como "la ecuación de Fresnel" y el "índice de refracción"

¿Qué sigue?

Definitivamente deseo continuar con este proyecto, por lo que el siguiente paso será repetir los cálculos con nuevos límites para los grosores de los materiales utilizados. Además, recrearé el metamaterial en un laboratorio para comprobar experimentalmente sus propiedades ópticas de reflexión y abogar por que el metamaterial se pueda utilizar en otros proyectos en el futuro.

REFERENCIAS

- Maldonado, Y. (2024, 15 mayo). Usos del oro. GEOLOGÍA WEB. <https://geologiaweb.com/minerales/usos-del-oro/>
- Tom. (2022, 5 noviembre). AccSci Ingenics. <https://www.accscicn.com/es/insight/que-son-los-metamateriales/>
- Ruiz, G. (2024, 10 junio). Propiedades del Oro: usos, aleaciones y características. Compro oro chamberí. <https://orochamberi.com/blog/propiedades-del-oro/>
- JL, B. (2024, 10 octubre). ¿Qué es un Dieléctrico y Para que Sirve? Electrónica Online. <https://electronicaonline.net/electronica/dielectrico/>
- Ingenierizando. (2024, 16 enero). Constante dieléctrica. Ingenierizando. <https://www.ingenierizando.com/electronica/constante-dielectrica/>
- Ingenierizando. (2023, 23 marzo). Índice de refracción. Ingenierizando. <https://www.ingenierizando.com/optica/indice-de-refraccion/>
- Wikipedia. (s.f.). Ecuaciones de Fresnel. Recuperado el 1 de diciembre de 2024, de https://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaciones_de_Fresnel
- Johnson, P. B., & Christy, R. W. (1972). Optical constants of the noble metals. Physical Review B, 6(12), 4370-4379. Recuperado de <https://refractiveindex.info/?shelf=main&book=Au&page=Johnson>
- Infinitia Research. (2020, 30 de noviembre). Metamateriales: ¿Qué son y cuáles son sus propiedades? Recuperado de <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/metamateriales-que-son-propiedade>
- Pérez Barrera, J. (2022, 8 de septiembre). Metamateriales ¿qué son? CIDESI. Recuperado de <https://cidesi.com/metamateriales-que-son/>
- SciELO. (2016). Metamateriales: Exploración de nuevas propiedades y aplicaciones. Revista Colombiana de Física, 48(3), 1-10. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082016000300002