

# Modelado y simulación de espaciadores nanométricos para su aplicación en dispositivos TPVs de campo cercano

Martin Augusto Reigadas Teran

Universidad Politécnica de Madrid

Septiembre, 2022

*Tutor: Pablo García-Linares Fontes*  
*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica,  
Automática y Física Aplicada*

*Cotutora: Esther López Estrada*  
*Instituto de Energía Solar*



# Tabla de Contenidos

1 Introducción

2 Estado del arte

3 Materiales y herramientas

4 Métodos

5 Resultados y discusión

6 Conclusiones

# Introducción

## 1 Introducción

## 2 Estado del arte

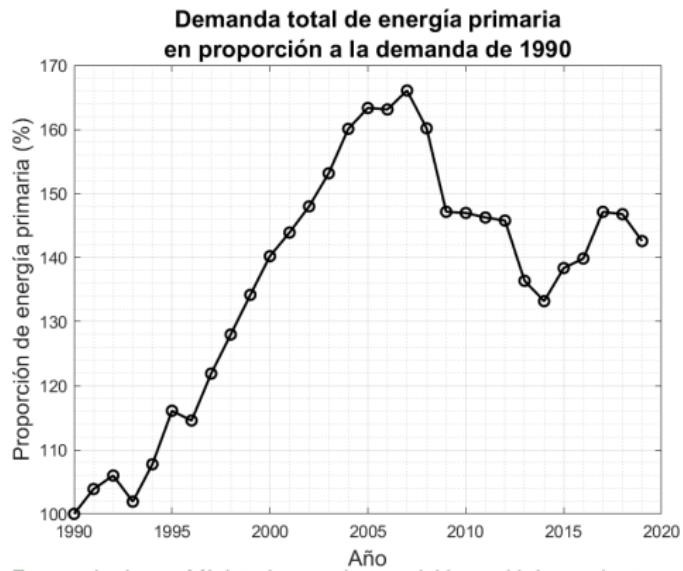
## 3 Materiales y herramientas

## 4 Métodos

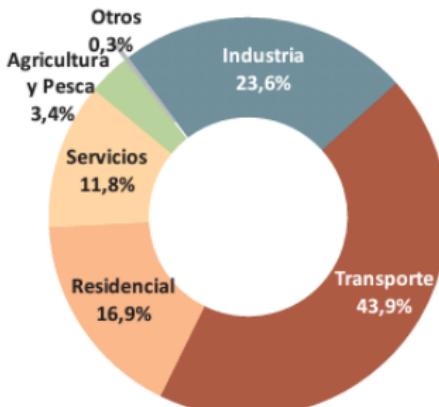
## 5 Resultados y discusión

## 6 Conclusiones

# Introducción



Fuente de datos: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico de España.



Fuente: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico de España (2019).

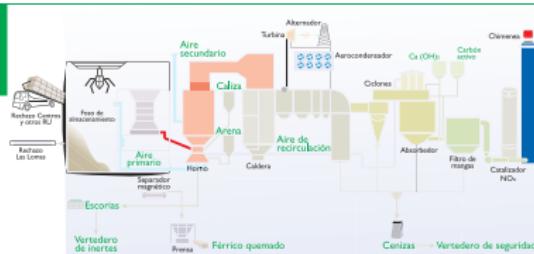
# Introducción



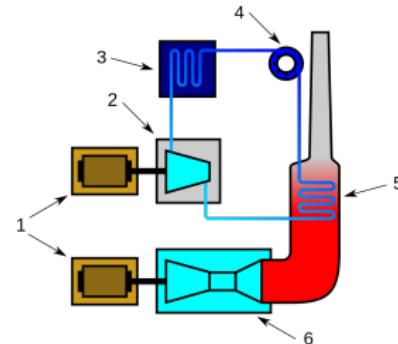
Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

# Introducción

## Valorización energética

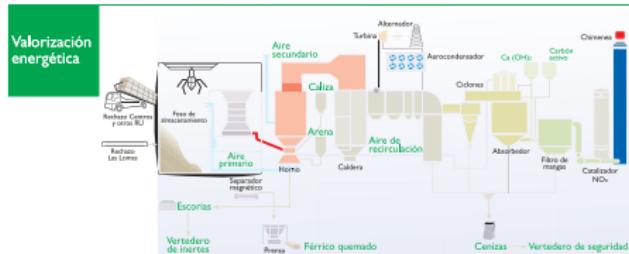


Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

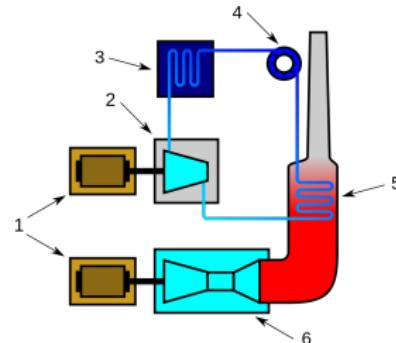


Ciclo combinado. Fuente: Wikipedia.

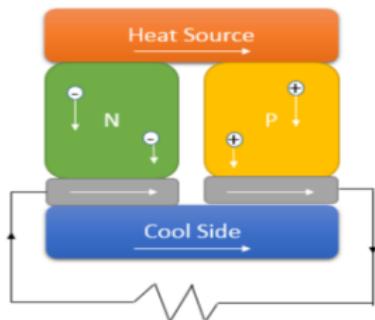
# Introducción



Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

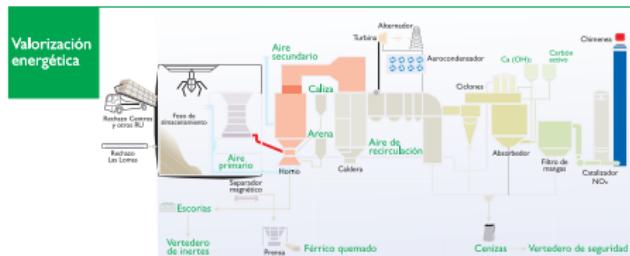


Ciclo combinado. Fuente: Wikipedia.

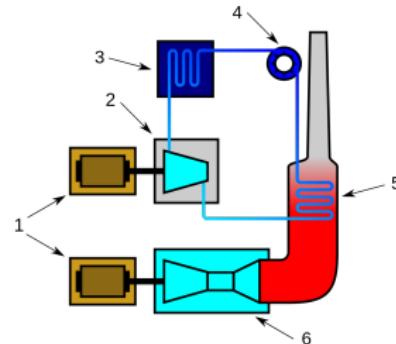


TEG. Fuente: [Adalid, 2016]

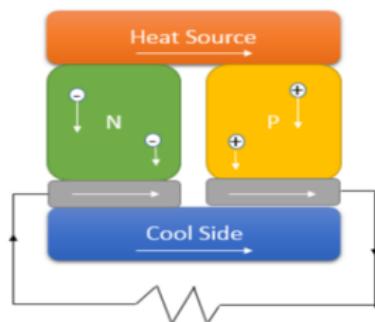
# Introducción



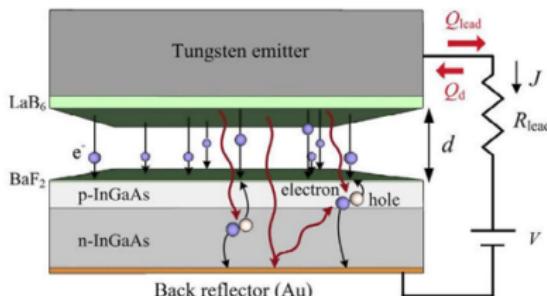
Fuente: Ayuntamiento de Madrid.



Ciclo combinado. Fuente: Wikipedia.



TEG. Fuente: [Adalid, 2016]



iTPV. Fuente: [Datas and Vaillón, 2019]

# Estado del arte

1 Introducción

2 Estado del arte

3 Materiales y herramientas

4 Métodos

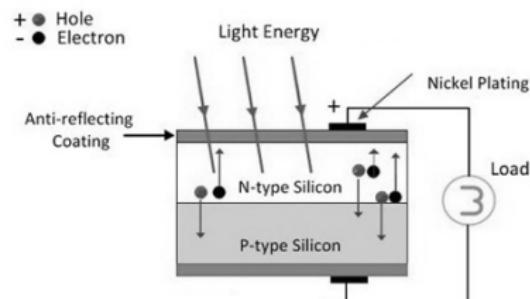
5 Resultados y discusión

6 Conclusiones

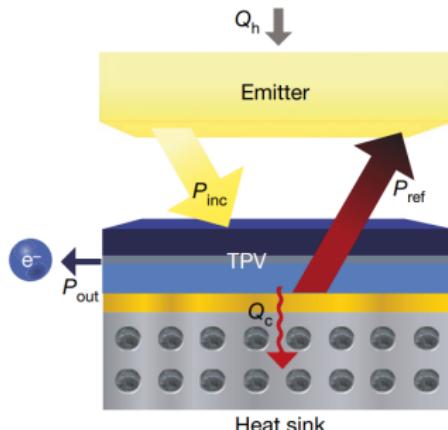
# Termo-fotovoltaica

- Termo-fotovoltaica
- Campo cercano

# Termo-fotovoltaica

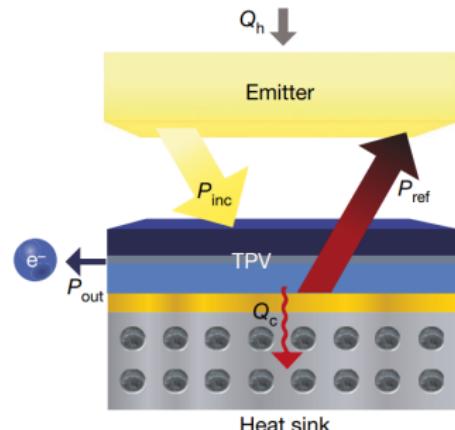


Efecto fotovoltaico. Fuente: [pic, ]

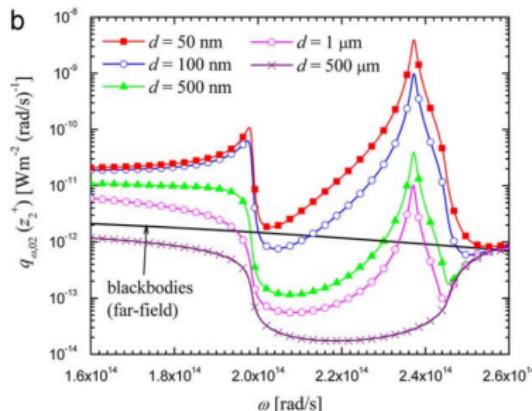


Efecto fotovoltaico. Fuente: [LaPotin et al., 2022]

# Termo-fotovoltaica



Efecto fotovoltaico. Fuente: [LaPotin et al., 2022]



Radiación campo cercano. Fuente: [Francoeur et al., 2009]

# Campo cercano

- Termo-fotovoltaica
- Campo cercano

# Campo cercano

# Materiales y herramientas

1 Introducción

2 Estado del arte

3 Materiales y herramientas

4 Métodos

5 Resultados y discusión

6 Conclusiones

# Materiales y herramientas

# Métodos

1 Introducción

2 Estado del arte

3 Materiales y herramientas

4 Métodos

5 Resultados y discusión

6 Conclusiones

# Métodos

# Resultados y discusión

1 Introducción

2 Estado del arte

3 Materiales y herramientas

4 Métodos

5 Resultados y discusión

6 Conclusiones

# Resultados y discusión

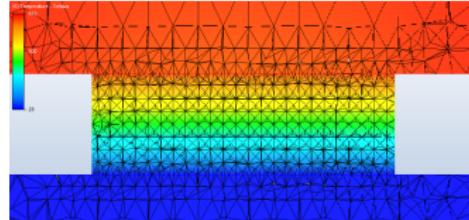
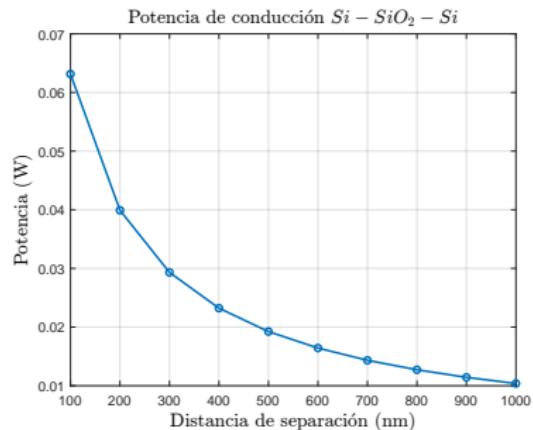
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Si
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SS-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SiC-SiO<sub>2</sub>-Ge
- Densidad de carga
- Nano-espaciadore de Si

# nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Si

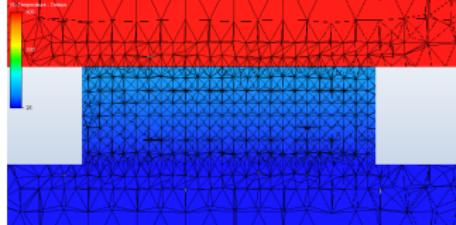
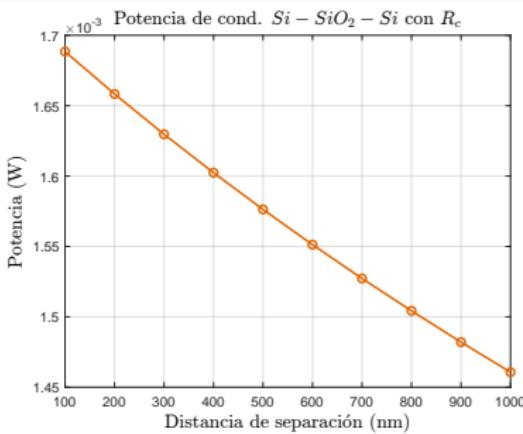
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Si
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SS-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SiC-SiO<sub>2</sub>-Ge
- Densidad de carga
- Nano-espaciadore de Si

# Conducción

## Sin R<sub>c</sub>

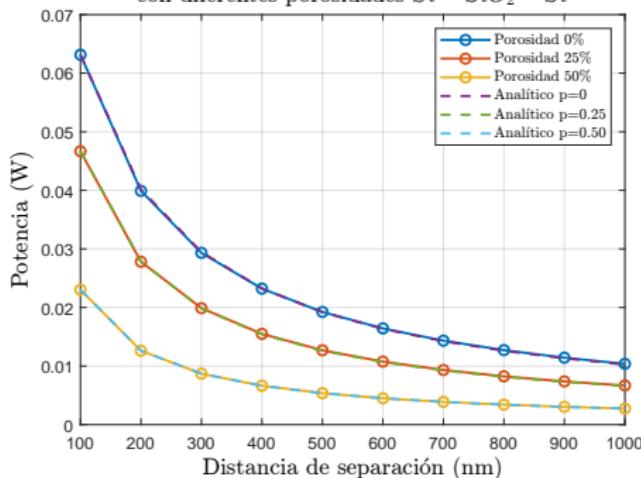


## Con R<sub>c</sub>



# Conducción: Efectos de la porosidad

Potencias de conducción para nano-espaciadores con diferentes porosidades  $Si - SiO_2 - Si$

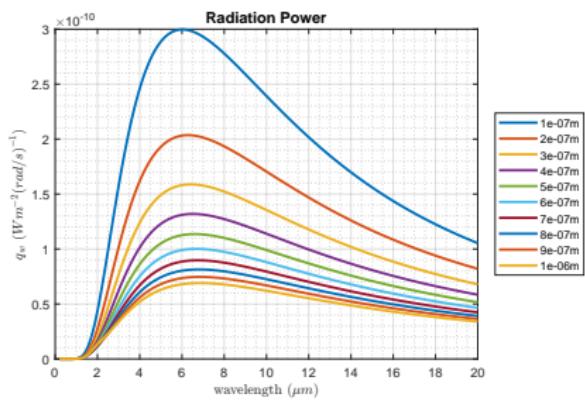


## Módelo analítico

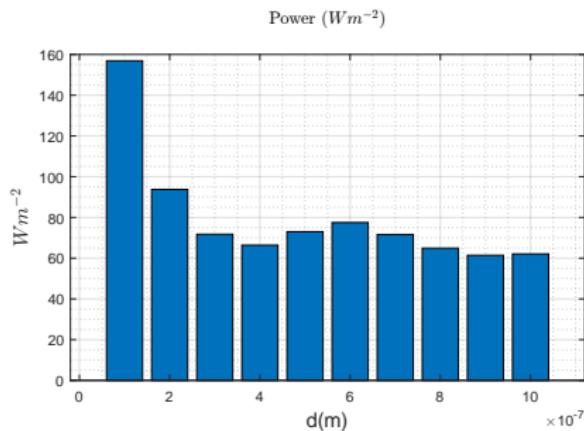
$$P(d, \rho) = -\frac{16,47 \cdot \rho - 11,03}{d - 106,80 \cdot \rho + 74,68}$$

# Radiación

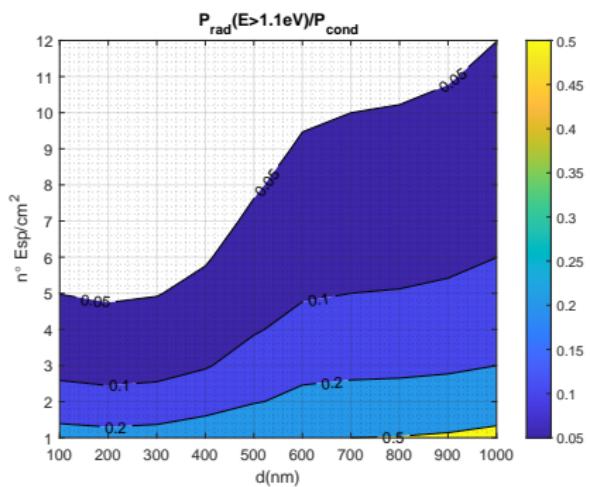
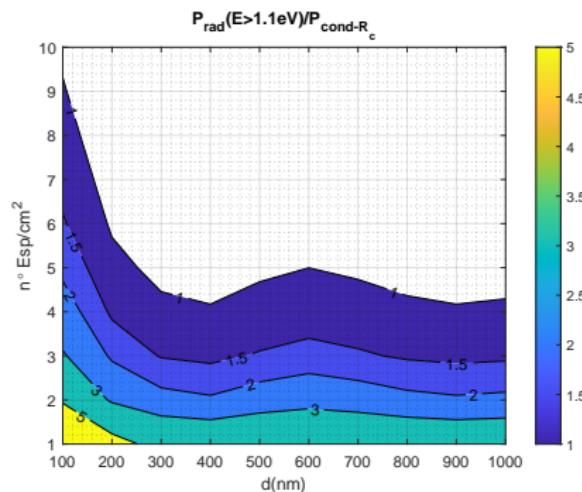
Por longitud de onda



En el rango de  $E > 1,1\text{eV}$



# Densidades de nano-espaciadores ( $n^{\circ}$ esp/cm<sup>2</sup>) y $E > 1,1\text{eV}$

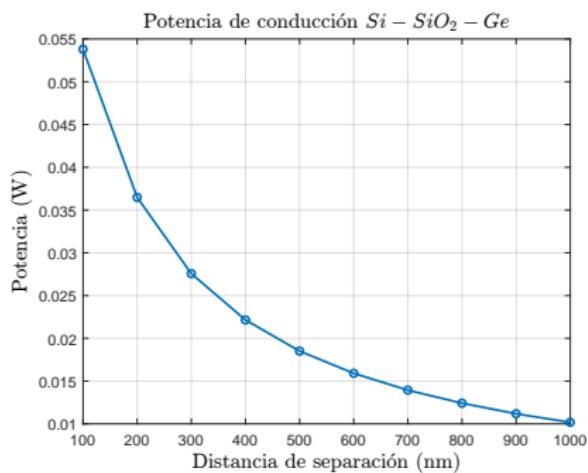
Sin R<sub>c</sub>Con R<sub>c</sub>

# nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Ge

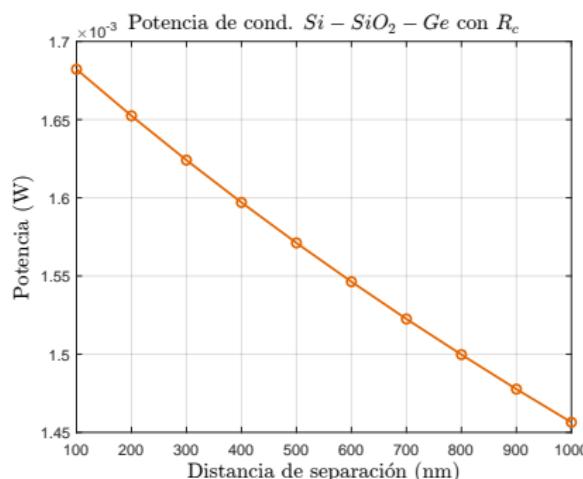
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Si
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SS-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SiC-SiO<sub>2</sub>-Ge
- Densidad de carga
- Nano-espaciadore de Si

# Conducción

Sin R<sub>c</sub>

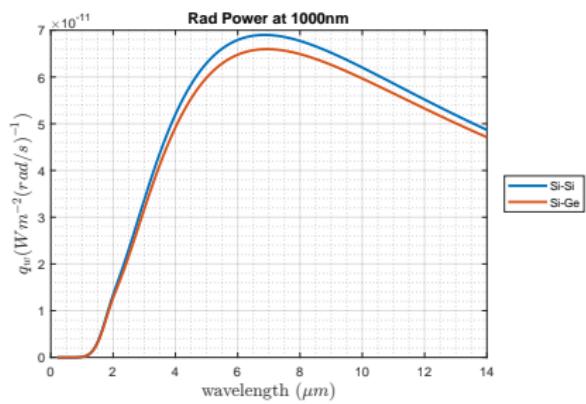


En el rango de  $E > 0,7\text{eV}$

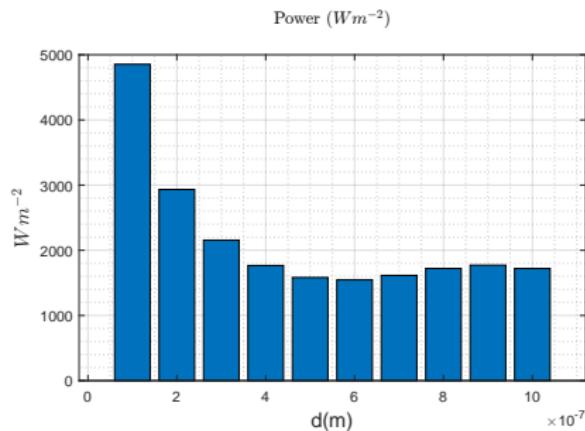


# Radiación

Por longitud de onda



En el rango de  $E > 0,7 eV$

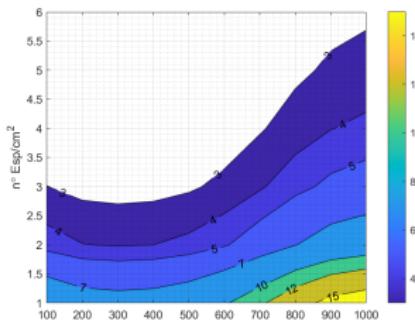


# Densidades de nano-espaciadores ( $n^{\circ}$ esp/cm<sup>2</sup>)

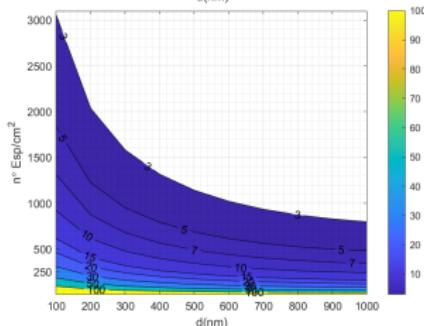
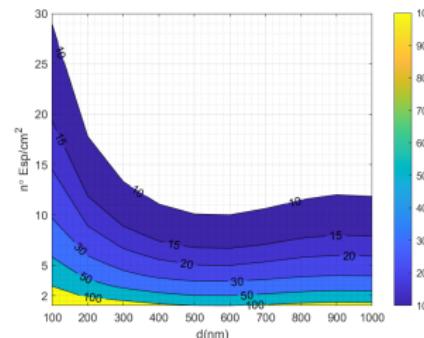
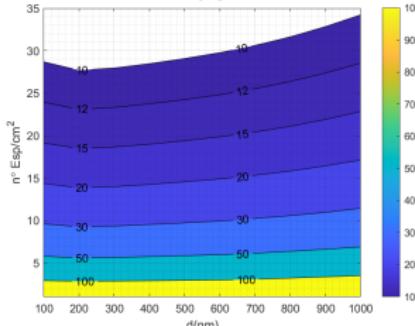
Sin Rc

Con Rc

Rango  $E > 0,7\text{ eV}$



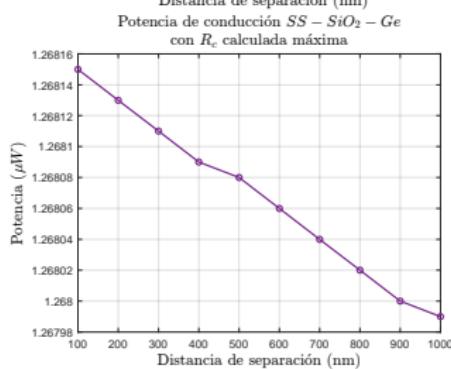
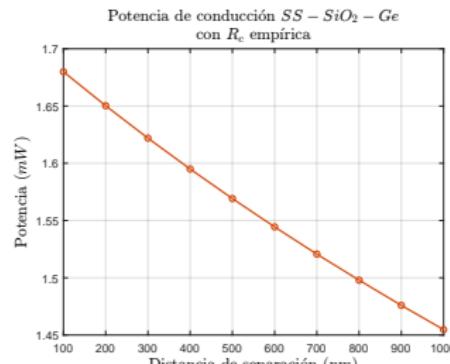
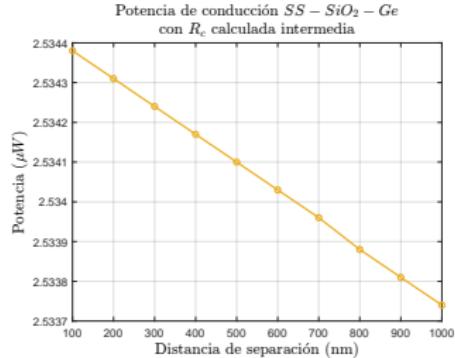
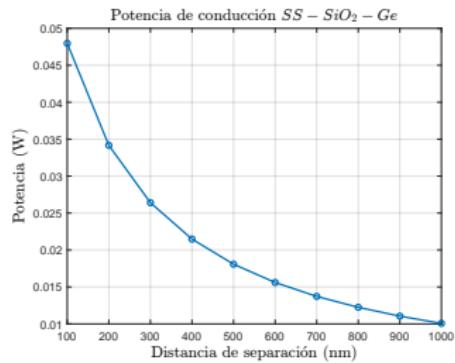
Rango completo



# nTPV SS-SiO<sub>2</sub>-Ge

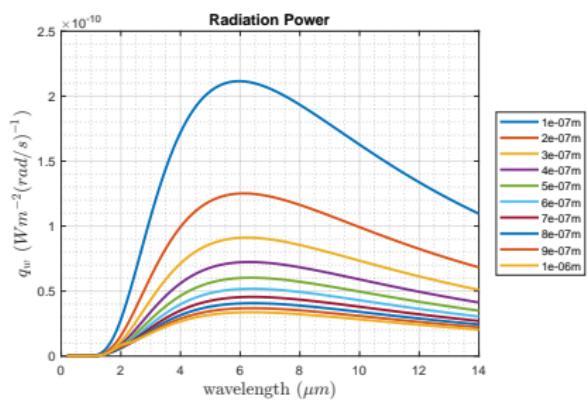
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Si
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SS-SiO<sub>2</sub>-Ge**
- nTPV SiC-SiO<sub>2</sub>-Ge
- Densidad de carga
- Nano-espaciadore de Si

# Conducción

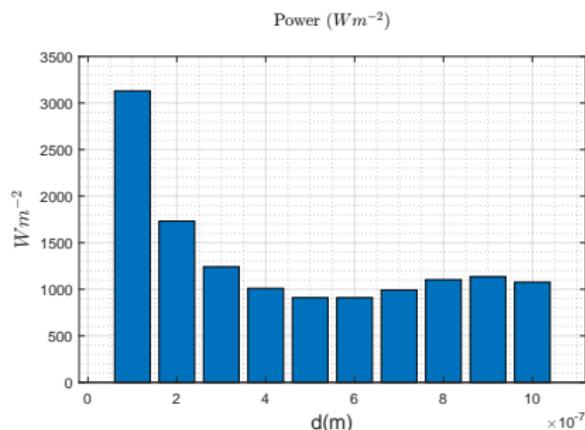


# Radiación

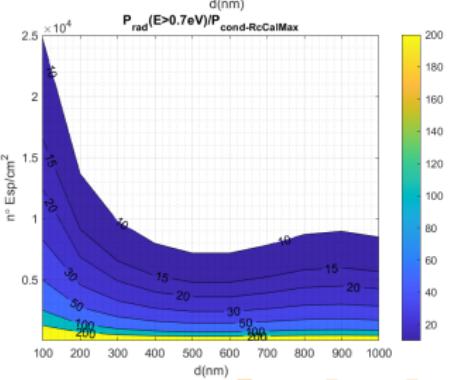
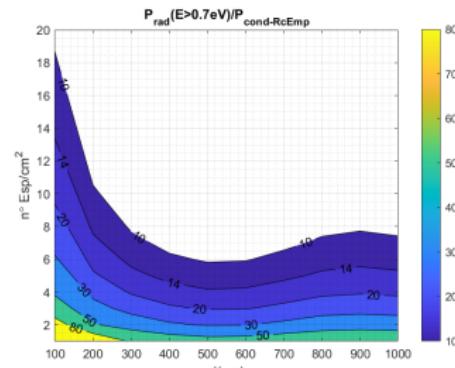
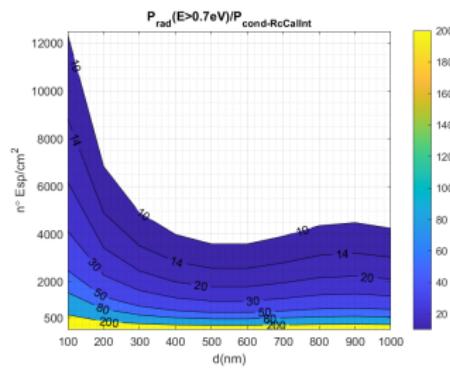
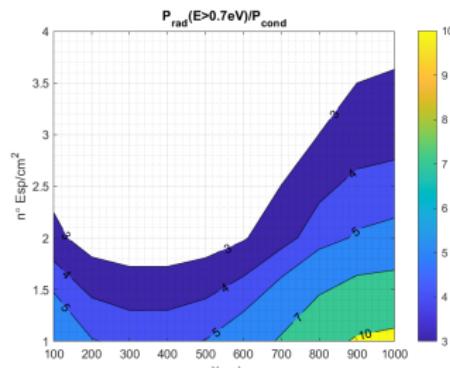
Por longitud de onda



En el rango de  $E > 0,7\text{eV}$



# Densidades de nano-espaciadores para $E > 0,7\text{eV}$

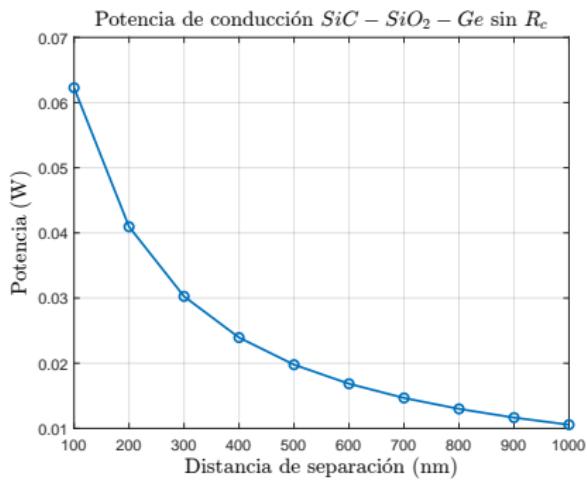


# nTPV SiC-SiO<sub>2</sub>-Ge

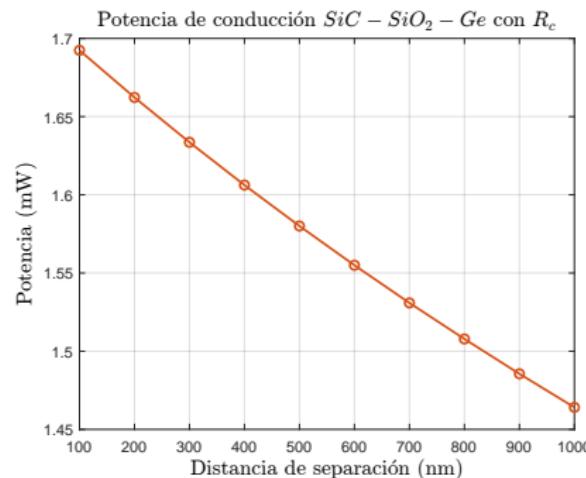
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Si
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SS-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SiC-SiO<sub>2</sub>-Ge**
- Densidad de carga
- Nano-espaciadore de Si

# Conducción

## Sin R<sub>c</sub>

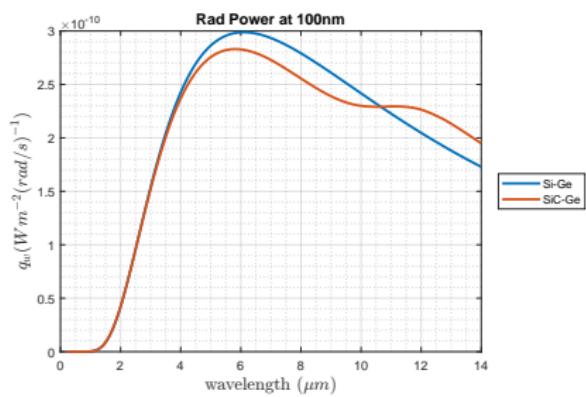


## Con R<sub>c</sub>

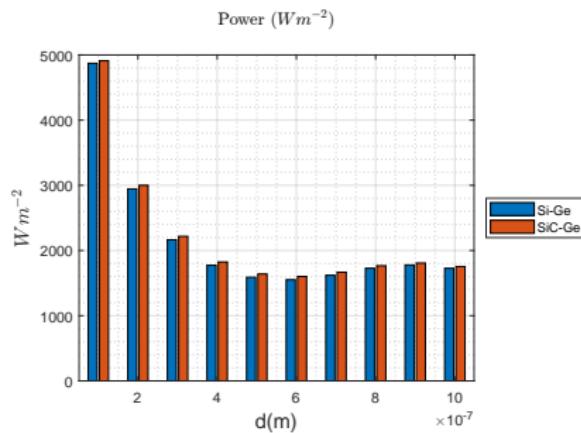


# Radiación

Por longitud de onda

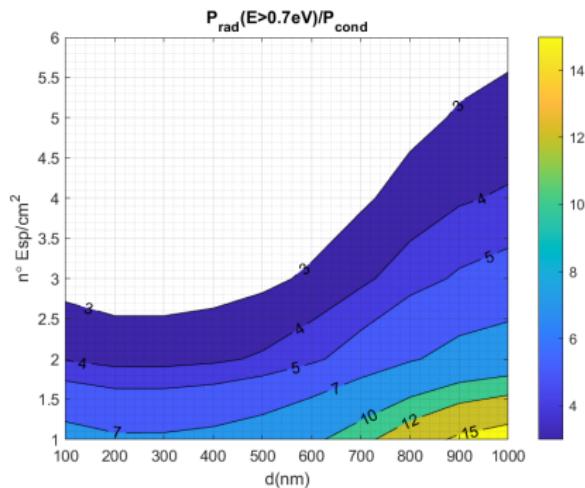


En el rango de  $E > 0,7 eV$

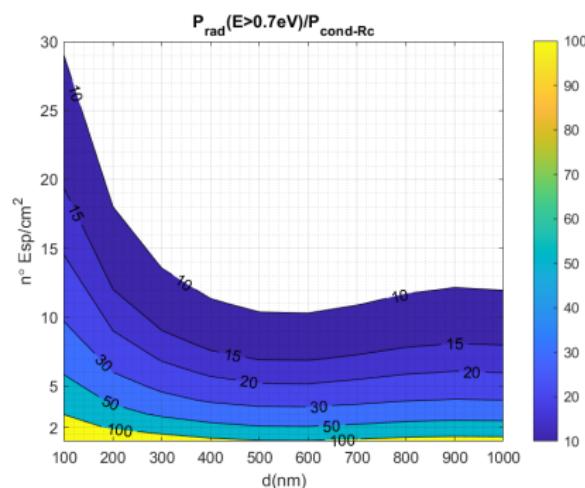


# Densidades de nano-espaciadores ( $n^{\circ}$ esp/cm<sup>2</sup>) y $E > 0,7\text{eV}$

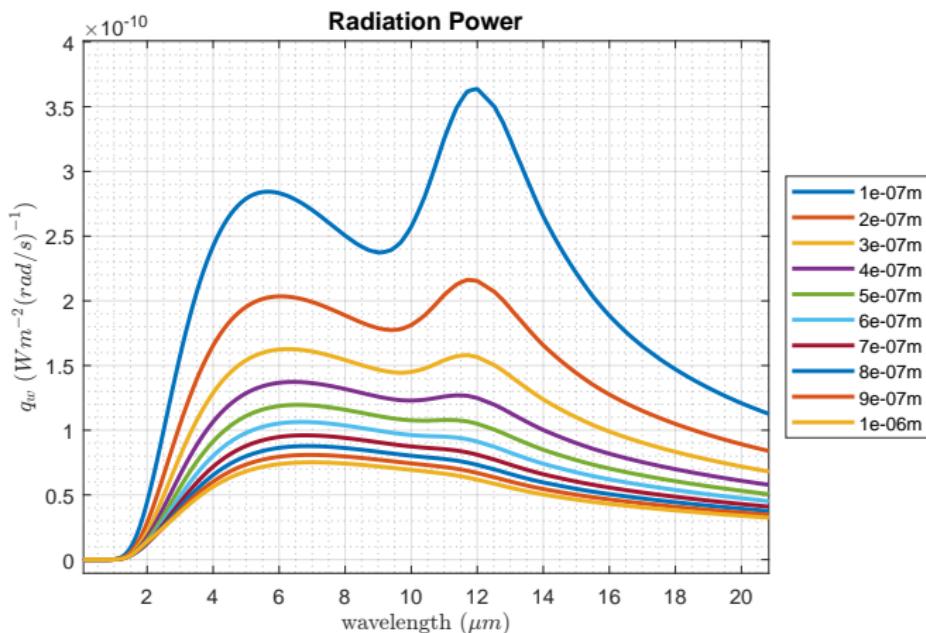
Sin Rc



Con Rc



# Frecuencia de resonancia ( $\omega_{res}$ )



## Densidad de carga

# Densidad de carga

- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Si
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SS-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SiC-SiO<sub>2</sub>-Ge
- **Densidad de carga**
- Nano-espaciadore de Si

# Densidad de carga

Densidad de nano-espaciadores ( $n^{\circ} esp/cm^2$ ) para soportar cargas aplicadas sobre los nano-espaciadores. Se consideran viables si para la densidad obtenida la relación de potencias es mayor a un orden de magnitud.

Carga de acero inoxidable ( $\rho = 8 gr/cm^3$ ) de  $0,5 cm^3$

Para una carga de  $\sim 0,04 N \implies 3 n^{\circ} esp/cm^2$ .

Viable para nTPVs con  $R_c Emp.$

Carga de acero inoxidable de  $0,5 cm^3$  y una atmósfera de presión

La carga se dispara a  $10,17 N \implies 673 n^{\circ} esp/cm^2$ .

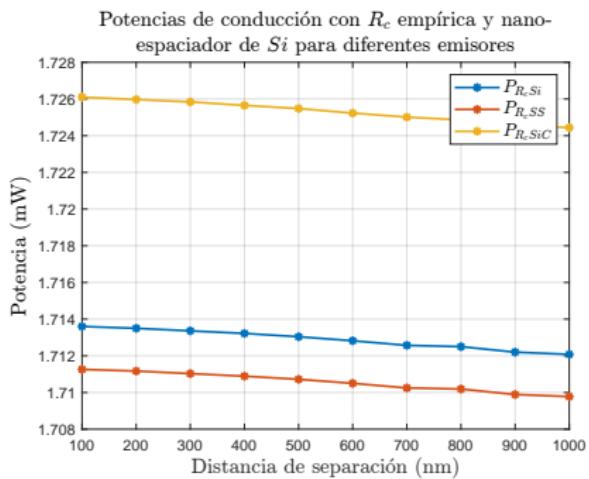
Viable para nTPVs con  $R_c Cal.$

# Nano-espaciadore de Si

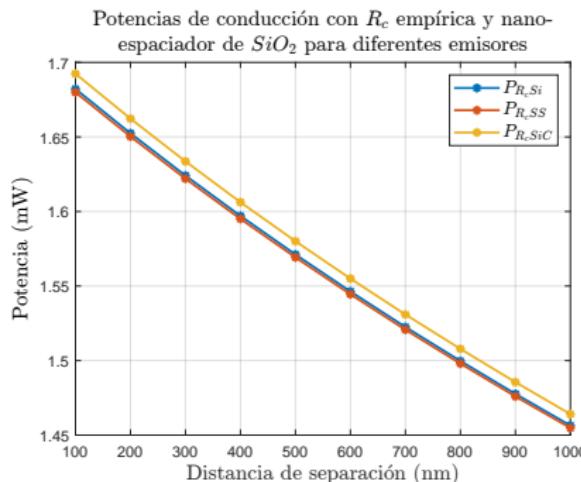
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Si
- nTPV Si-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SS-SiO<sub>2</sub>-Ge
- nTPV SiC-SiO<sub>2</sub>-Ge
- Densidad de carga
- Nano-espaciadore de Si

# Conducción

## Esp. Si

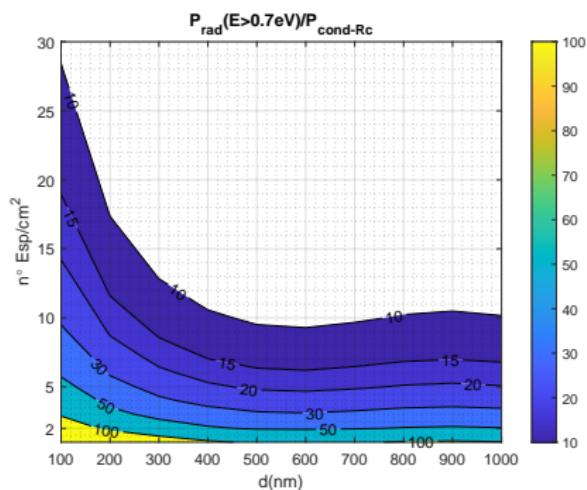


## Esp. $SiO_2$

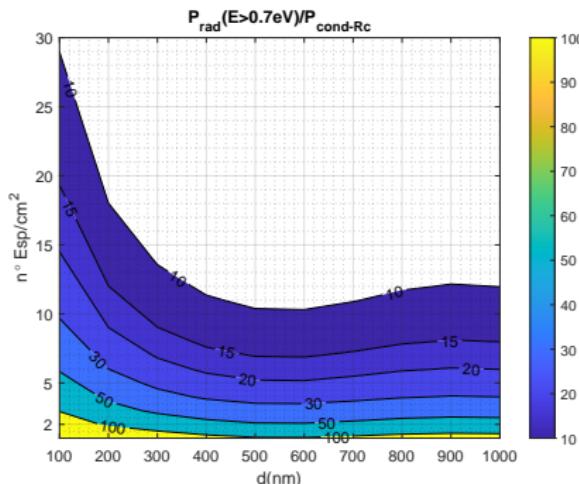


# Densidad de nano-espaciadores para emisor de *SiC*

Esp. Si



Esp. SiO<sub>2</sub>



# Conclusiones

1 Introducción

2 Estado del arte

3 Materiales y herramientas

4 Métodos

5 Resultados y discusión

6 Conclusiones

# Conclusiones

# Desarrollos a futuro

# References

-  Solar cell : Construction, working, series and parallel combinations.
-  Adalid, V. (2016).  
A review on thermoelectric devices.  
*The Journal of Undergraduate Research at the University of Illinois at Chicago*, 9.
-  Datas, A. and Vaillon, R. (2019).  
Thermionic-enhanced near-field thermophotovoltaics.  
*Nano Energy*, 61:10–17.
-  Francoeur, M., Pinar Mengüç, M., and Vaillon, R. (2009).  
Solution of near-field thermal radiation in one-dimensional layered media using dyadic green's functions and the scattering matrix method.  
*Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 110(18):2002–2018.
-  LaPotin, A., Schulte, K. L., Steiner, M. A., Buznitsky, K., Kelsall, C. C., Friedman, D. J., Tervo, E. J., France, R. M., Young, M. R., Rohskopf, A., Verma, S., Wang, E. N., and Henry, A. (2022).  
Thermophotovoltaic efficiency of 40 %.  
*Nature*, 604(7905):287–291.