

# Sobreenfriamiento

Departamento de Física, UBA – Buenos Aires, Argentina

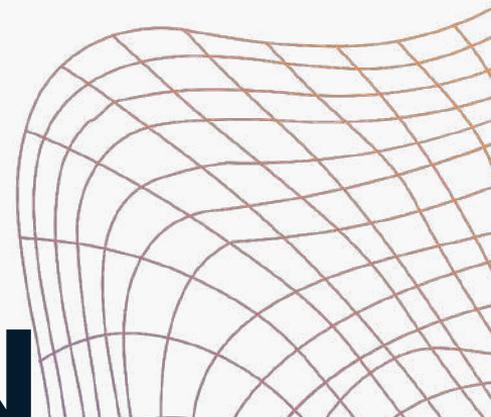
Abril de 2025

Grupo 4, Laboratorio 4 – prof. Diego Shalom

Morena Bilatz, Lola Estrada, Nina Schwartz



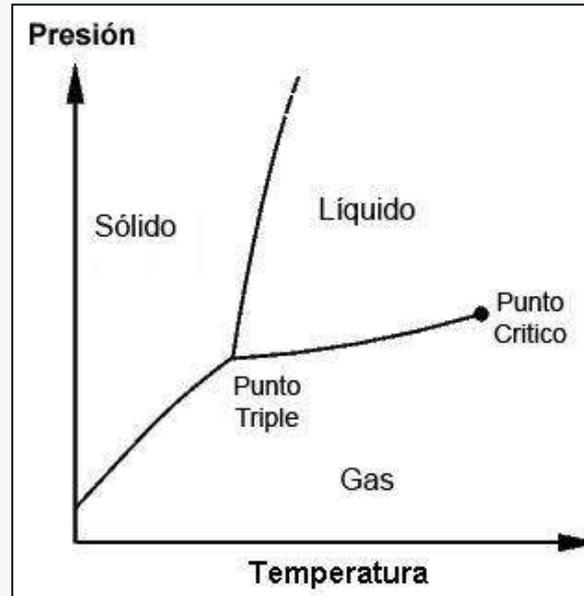
# INTRODUCCIÓN





# Metaestabilidad

- Una sustancia puede hallarse en sus fases sólida, líquida y gaseosa. Las llamamos **estados estables**.





# Metaestabilidad

- Un estado **estable** se caracteriza por tener  $G$  mínima  $G = H - TS$



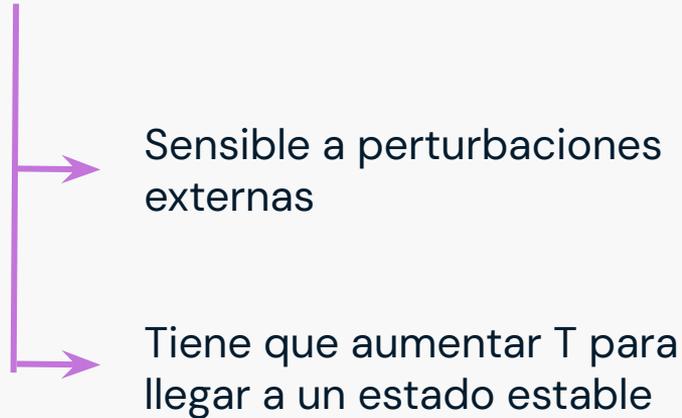
# Metaestabilidad

- Un estado **estable** se caracteriza por tener  $G$  mínima  $G = H - TS$
- Un estado **metaestable** tiene mayor  $G$ , permaneciendo en equilibrio débilmente estable.



# Metaestabilidad

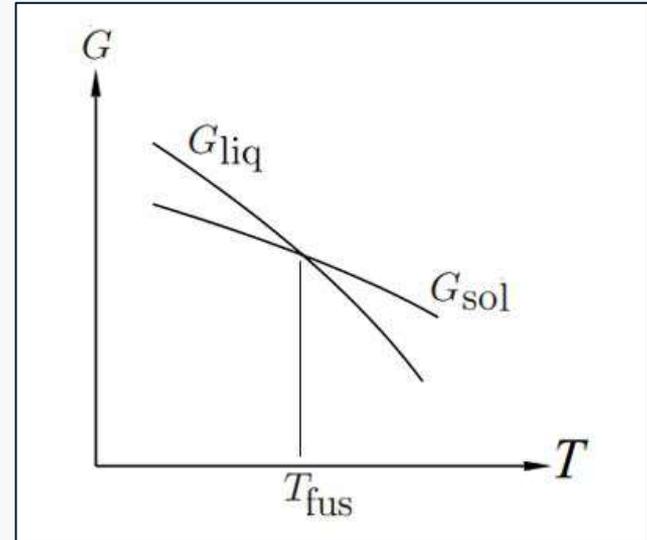
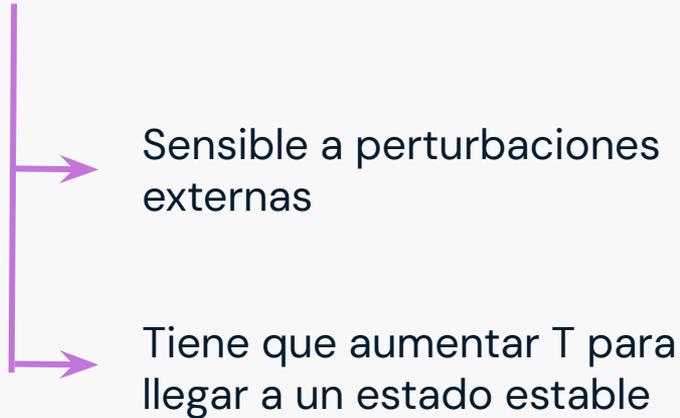
- Un estado **estable** se caracteriza por tener  $G$  mínima  $G = H - TS$
- Un estado **metaestable** tiene mayor  $G$ , permaneciendo en equilibrio débilmente estable.





# Metaestabilidad

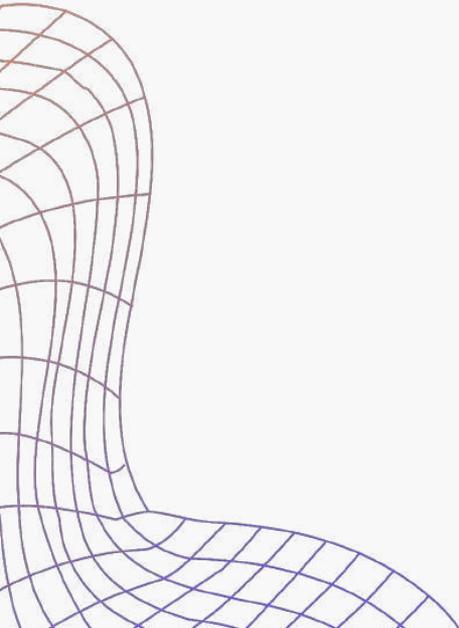
- Un estado **estable** se caracteriza por tener  $G$  mínima  $G = H - TS$
- Un estado **metaestable** tiene mayor  $G$ , permaneciendo en equilibrio débilmente estable.





# Sobreenfriamiento

- El agua **sobreenfriada** se encuentra en un equilibrio metaestable, permaneciendo líquida a temperaturas menores a la de fusión.





# Sobreenfriamiento

- El agua **sobreenfriada** se encuentra en un equilibrio metaestable, permaneciendo líquida a temperaturas menores a la de fusión.
- El agua en este estado se congela espontáneamente debido a la **nucleación**.





# Nucleación

- La nucleación es el proceso por el cual se forma un núcleo de una fase estable en el seno de una fase metaestable.

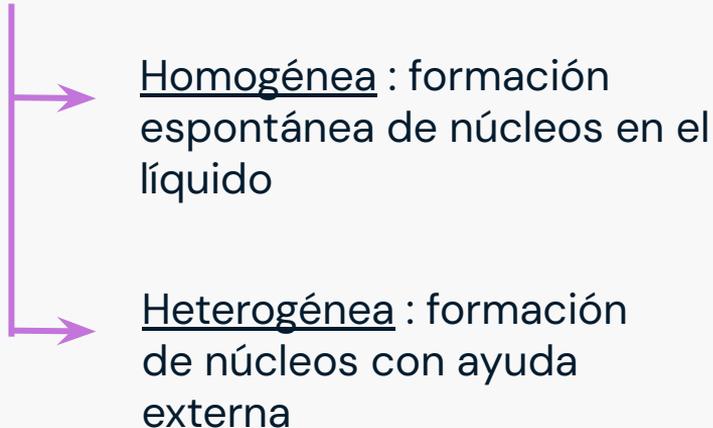




# Nucleación

- La nucleación es el proceso por el cual se forma un núcleo de una fase estable en el seno de una fase metaestable.

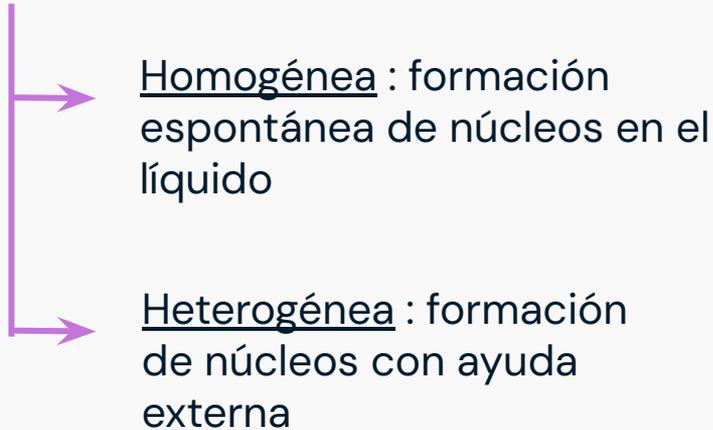
- Tipos de nucleación





# Nucleación

- La nucleación es el proceso por el cual se forma un núcleo de una fase estable en el seno de una fase metaestable.
- Tipos de nucleación



El cristal crece sumando moléculas a los núcleos preexistentes



# Nucleación

- Se llama **radio crítico** al radio mínimo de una partícula antes de comenzar la nucleación.

$$\Delta G = \Delta G_V + \Delta G_S$$

$$\Delta G_V = \frac{4}{3} \pi r^3 \Delta g_V$$

G por unidad  
de volumen



# Nucleación

- Se llama **radio crítico** al radio mínimo de una partícula antes de comenzar la nucleación.

$$\Delta G = \Delta G_V + \Delta G_S$$

$$\Delta G_V = \frac{4}{3} \pi r^3 \Delta g_V$$

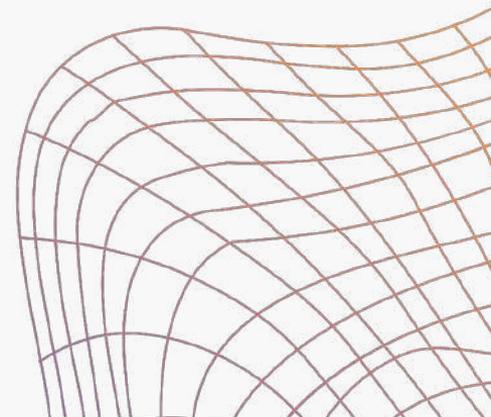
G por unidad de volumen

Menor temperatura  $\rightarrow$  mayor  $g_V \rightarrow$  mayor  $G \rightarrow$  estados menos estables

**Llegando rápido a temperaturas muy bajas se retrasa la nucleación**



# MOTIVACIÓN Y OBJETIVO

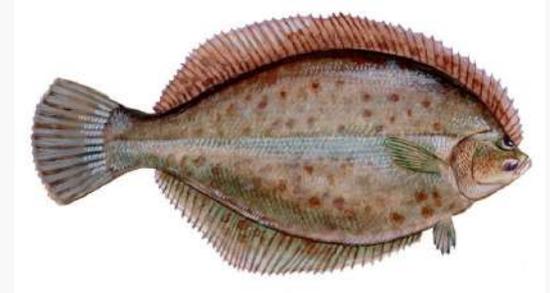




# ¿En dónde vemos sobreenfriamiento?

- Animales usan el sobreenfriamiento para permanecer descongelados a temperaturas extremadamente bajas y evitar muerte celular

Lenguado de invierno

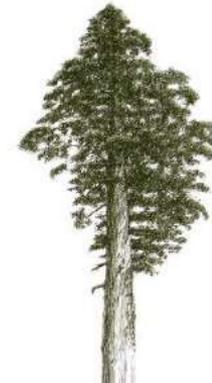
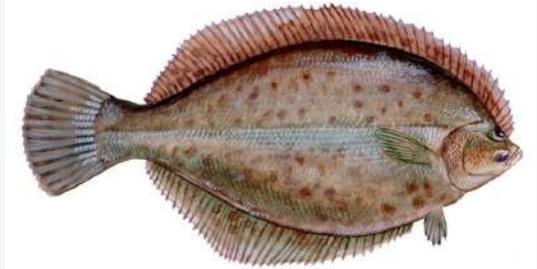




# ¿En dónde vemos sobreenfriamiento?

- Animales usan el sobreenfriamiento para permanecer descongelados a temperaturas extremadamente bajas y evitar muerte celular
- Plantas evitan la nucleación permitiendo que las células mantengan agua en estado líquido

Lenguado de invierno



Alerce

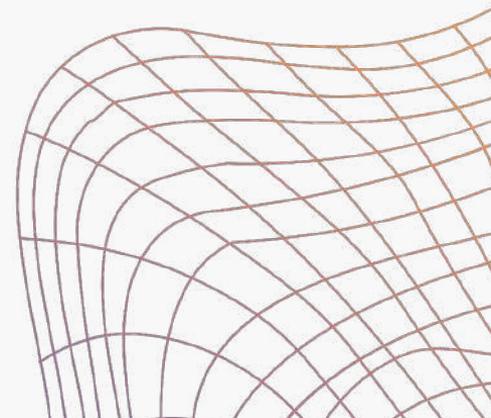


# Objetivos

- Caracterizar el fenómeno de sobreenfriamiento en agua destilada
- Estudiar la temperatura de nucleación según la velocidad de enfriado

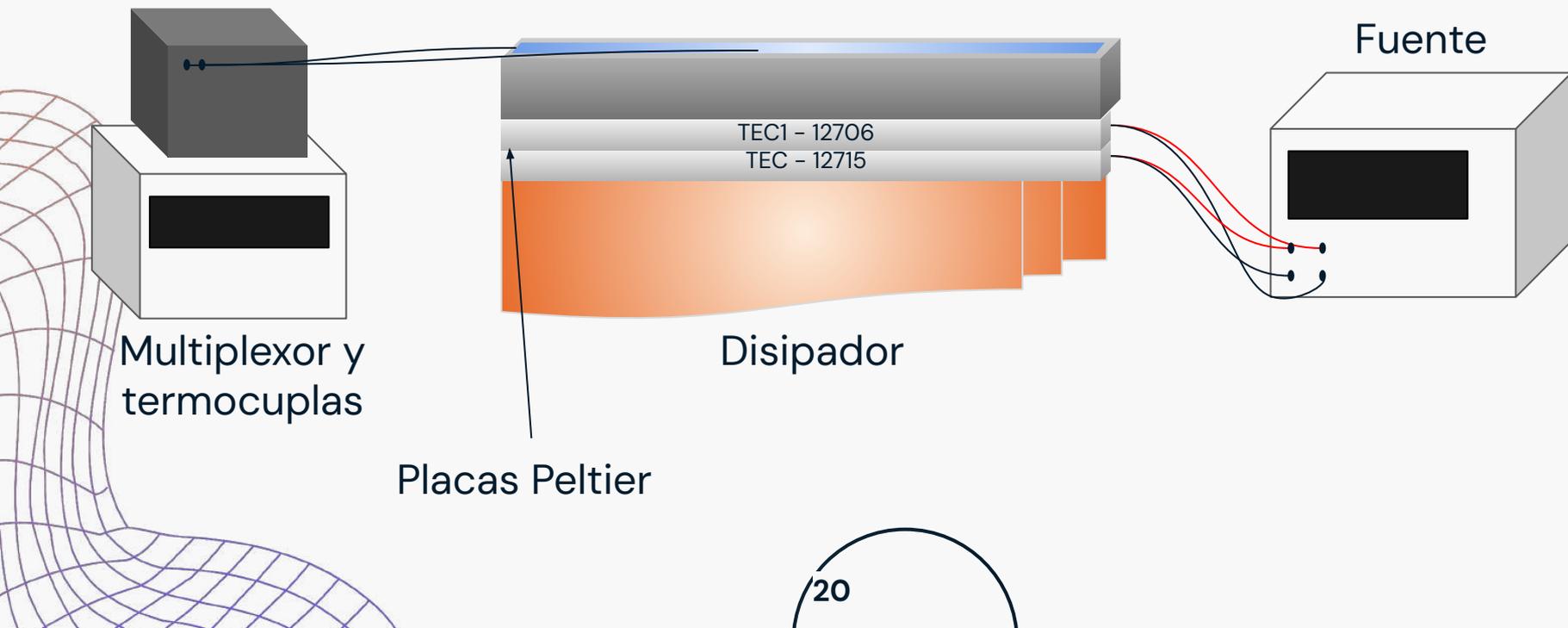


# DESARROLLO EXPERIMENTAL



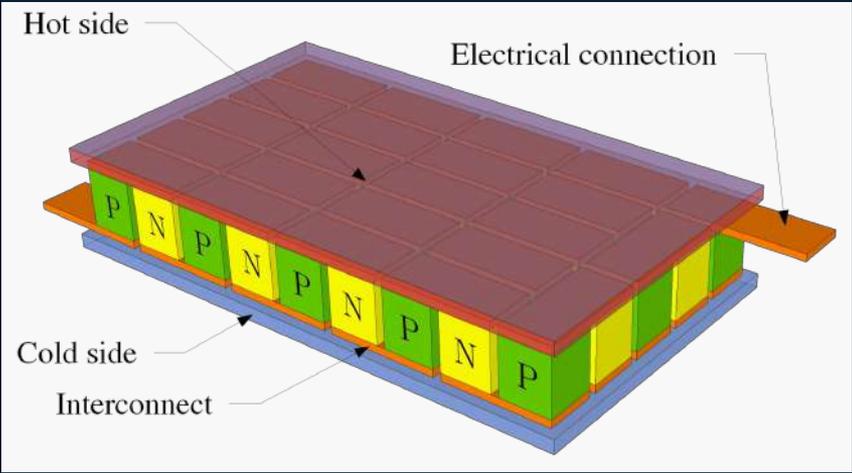


# Diseño experimental



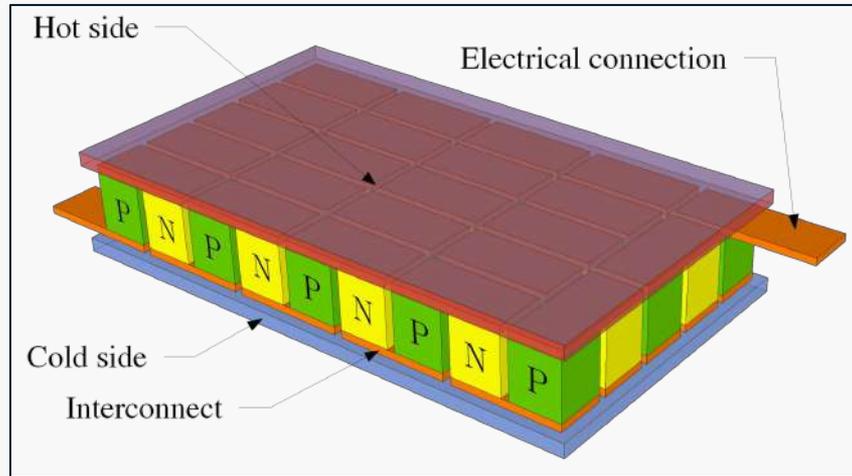


## Placa Peltier





## Placa Peltier

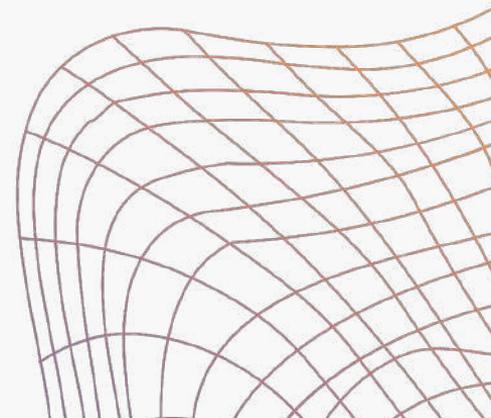


## Consideraciones:

**Efecto Joule:** liberación de calor por la circulación de corriente eléctrica



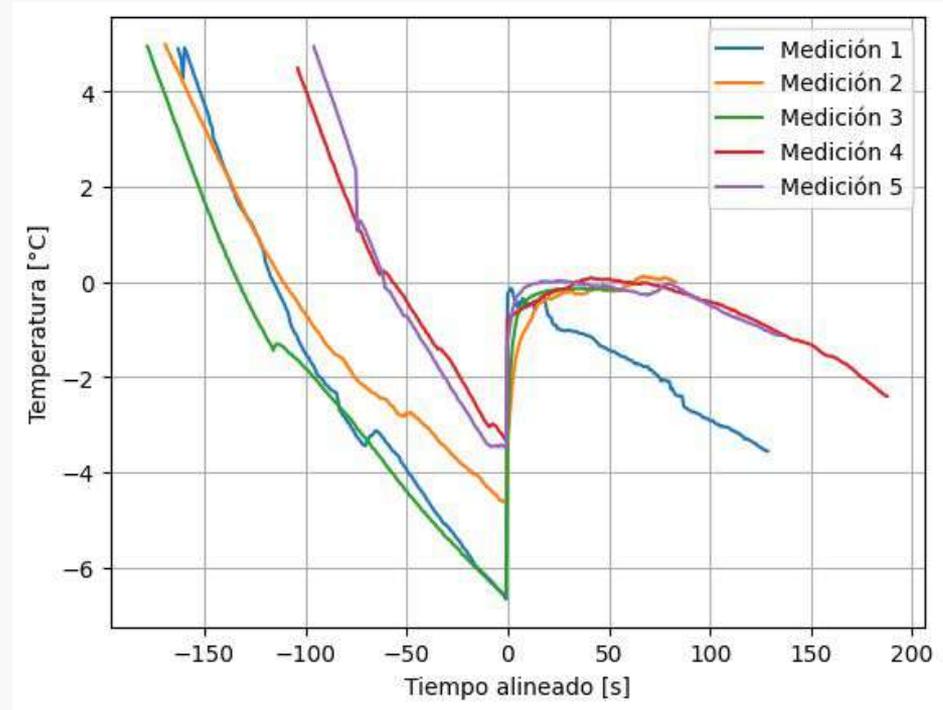
# RESULTADOS



# Caso 1: Misma corriente

Corrientes aplicadas:

- 1,3 A para la placa de arriba
- 1,1 A para la de abajo

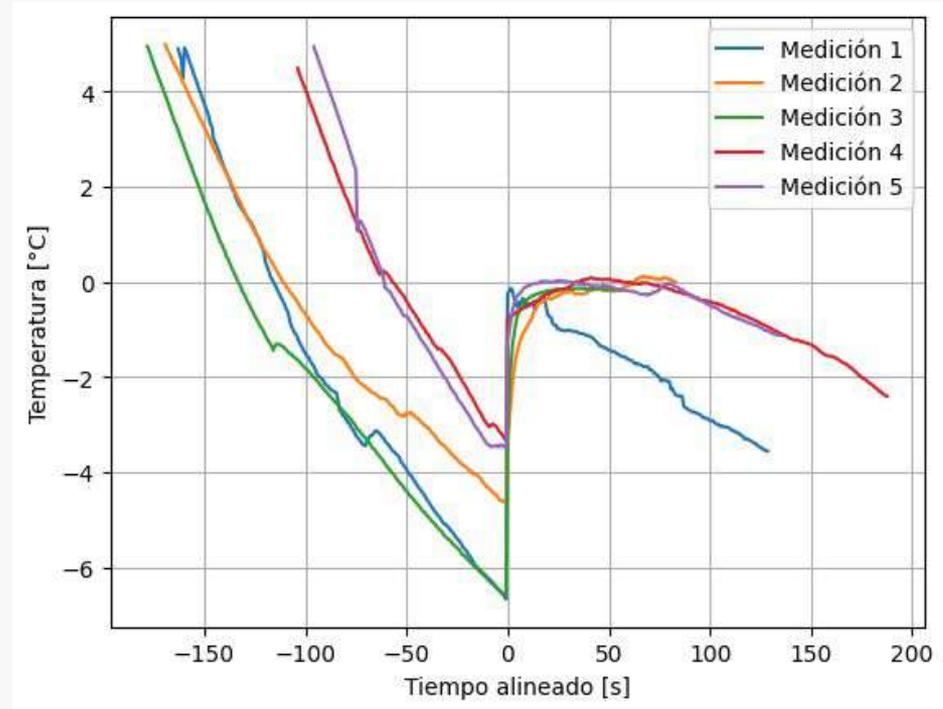


# Caso 1: Misma corriente

- Las curvas presentan un carácter exponencial

## Corrientes aplicadas:

- 1,3 A para la placa de arriba
- 1,1 A para la de abajo

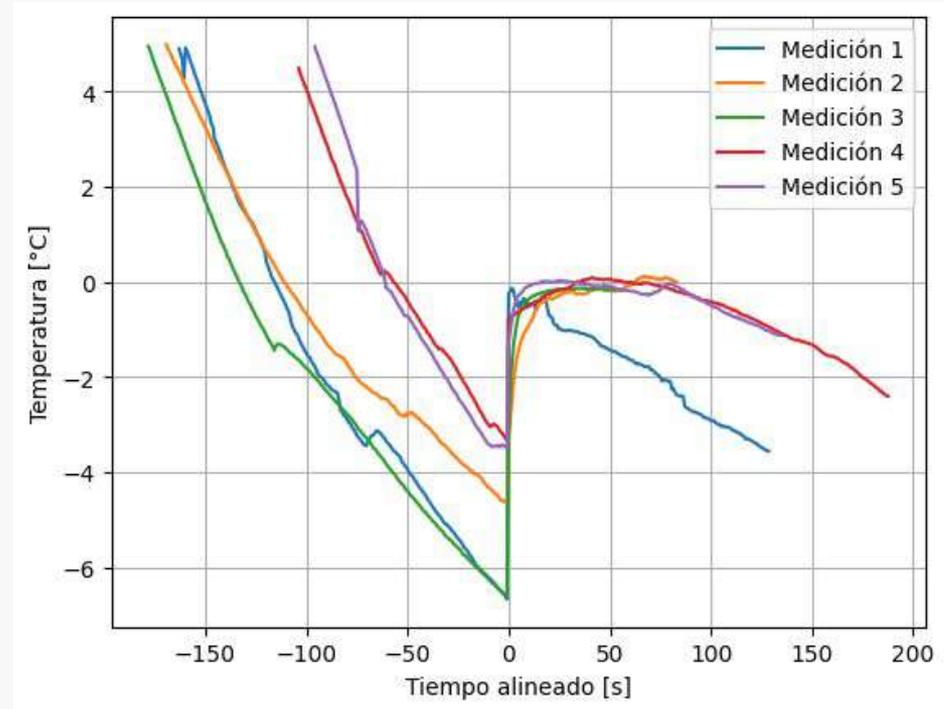


# Caso 1: Misma corriente

- Las curvas presentan un carácter exponencial
- Se observan distintas temperaturas de nucleación para cada medición

## Corrientes aplicadas:

- 1,3 A para la placa de arriba
- 1,1 A para la de abajo

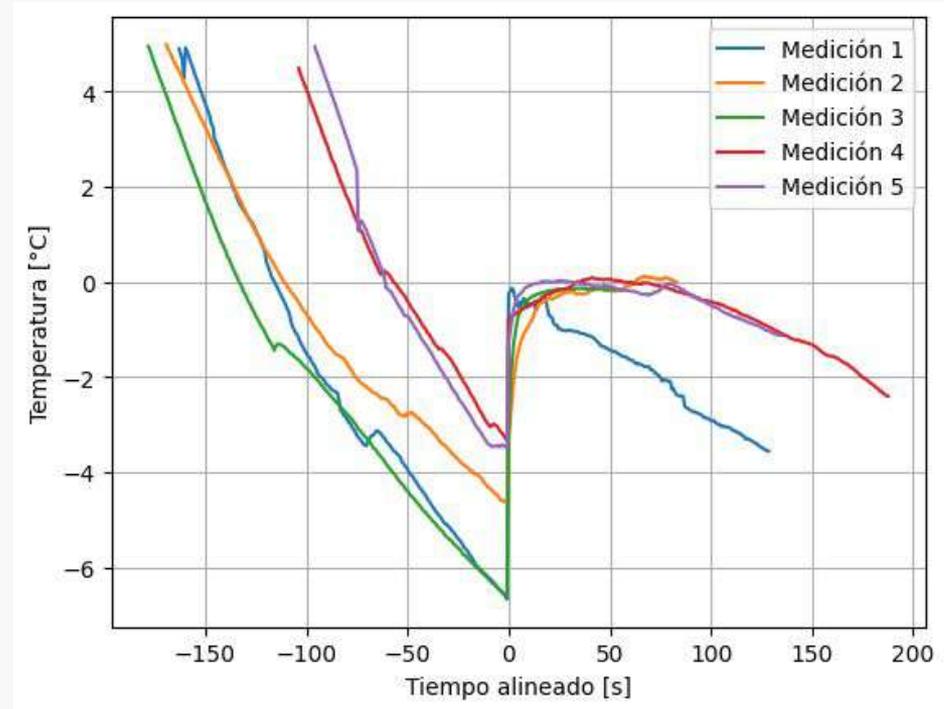


# Caso 1: Misma corriente

- Las curvas presentan un carácter exponencial
- Se observan distintas temperaturas de nucleación para cada medición
- El salto de temperatura tiende a llegar a  $0^{\circ}\text{C}$  para todas las muestras sin importar la temperatura de nucleación

## Corrientes aplicadas:

- 1,3 A para la placa de arriba
- 1,1 A para la de abajo

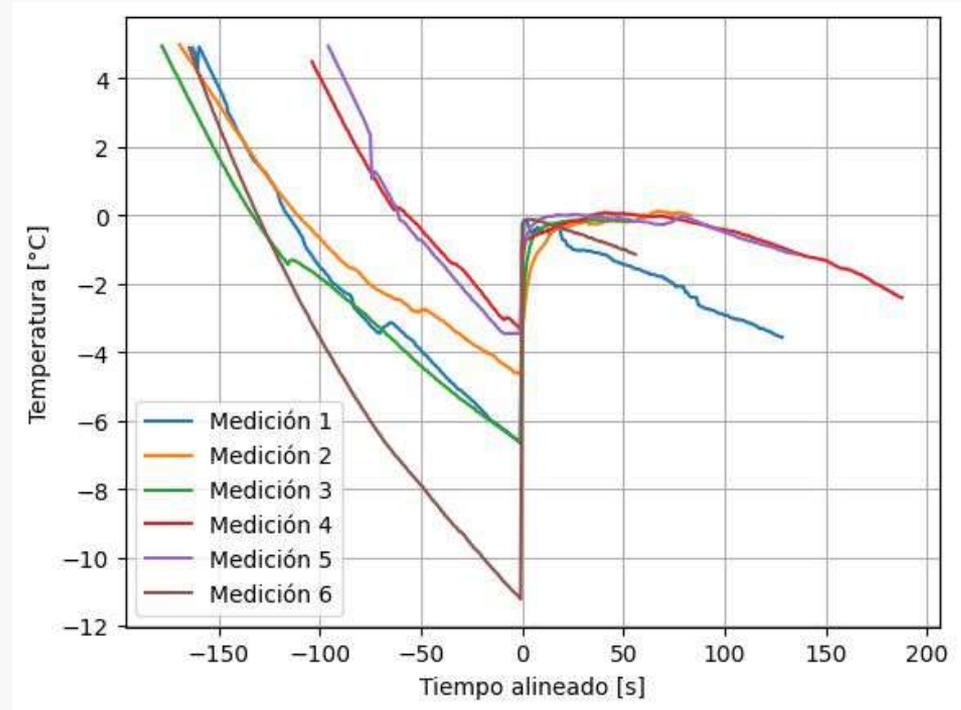


# Caso 1: Misma corriente

- Agregamos una nueva medición con pasta térmica

## Corrientes aplicadas:

- 1,3 A para la placa de arriba
- 1,1 A para la de abajo

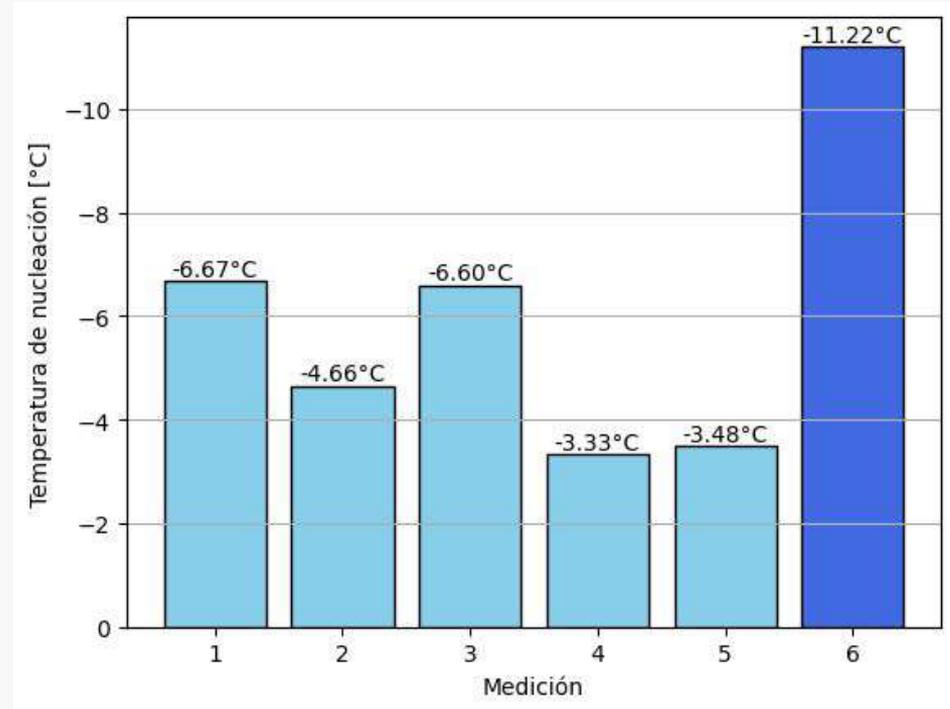


# Caso 1: Misma corriente

- Se observa que para el mismo experimento bajo las mismas condiciones la temperatura de nucleación varía

## Corrientes aplicadas:

- 1,3 A para la placa de arriba
- 1,1 A para la de abajo

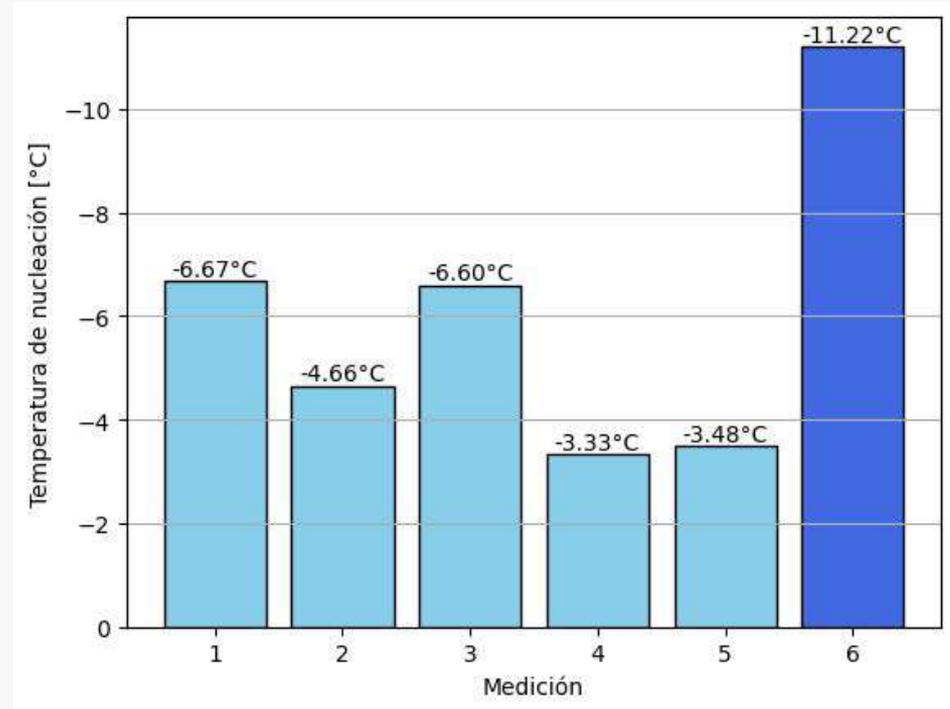


# Caso 1: Misma corriente

- Se observa que para el mismo experimento bajo las mismas condiciones la temperatura de nucleación varía
- A partir de mejorar el contacto térmico la temperatura de nucleación es menor

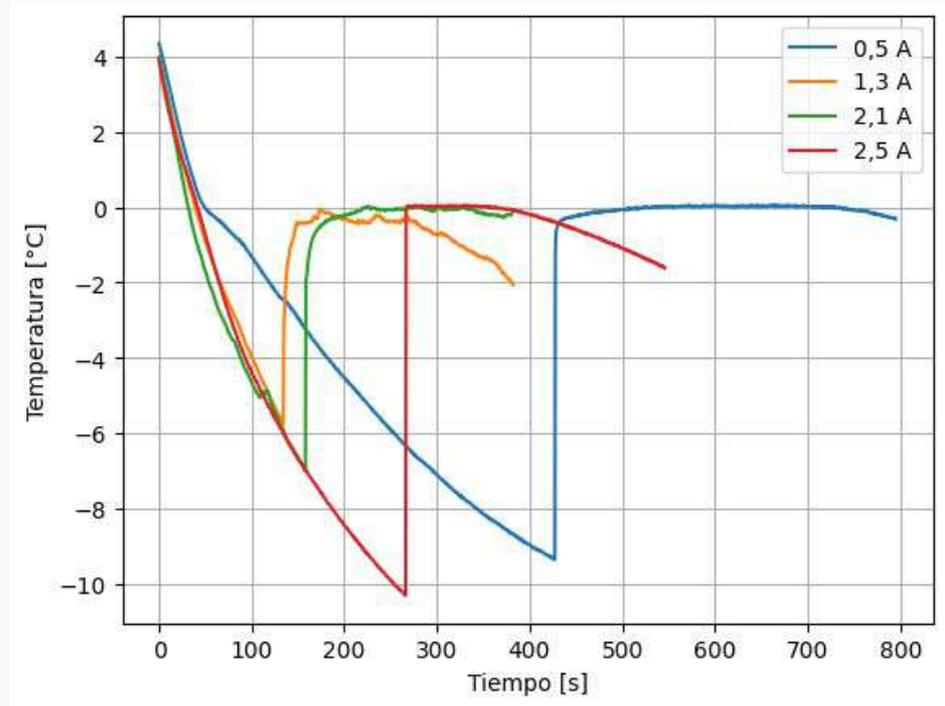
## Corrientes aplicadas:

- 1,3 A para la placa de arriba
- 1,1 A para la de abajo



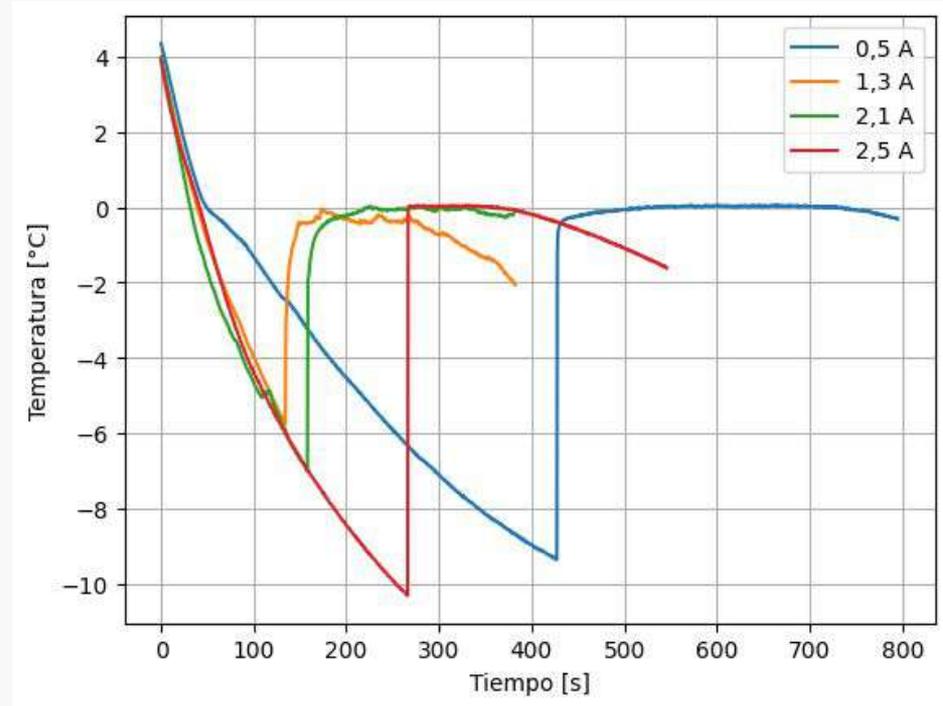
## Caso 2: Distintas corrientes

- Variamos la corriente sobre la placa peltier que estaba arriba



## Caso 2: Distintas corrientes

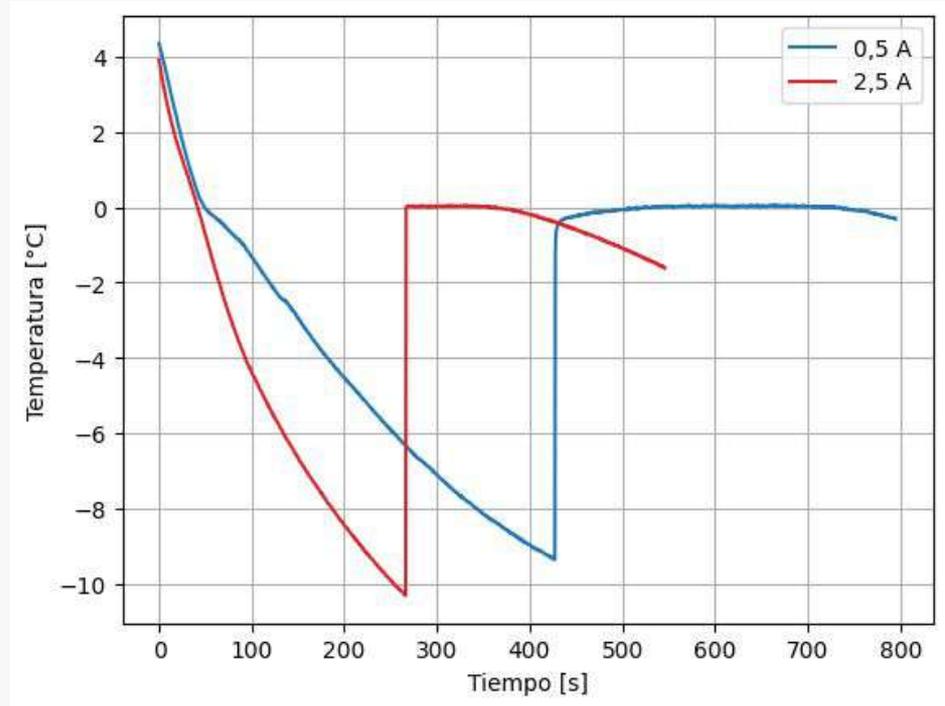
- Variamos la corriente sobre la placa peltier que estaba arriba
- Las corrientes intermedias presentaron temperaturas de nucleación más altas



# Caso 2: Distintas corrientes

## Menor y mayor corriente

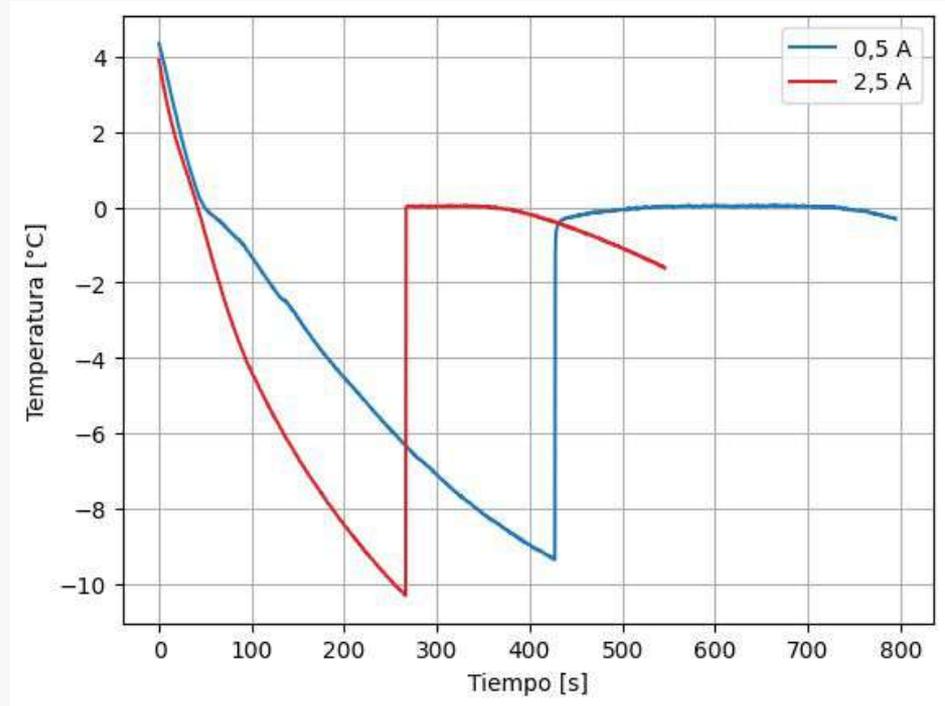
- Al aumentar la corriente, la temperatura desciende más rápido

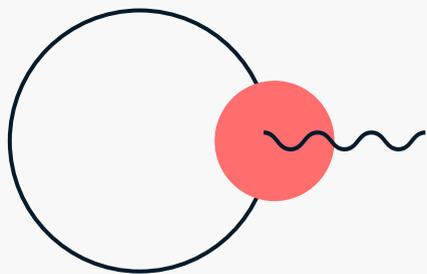


# Caso 2: Distintas corrientes

## Menor y mayor corriente

- Al aumentar la corriente, la temperatura desciende más rápido
- 2,5 A: llega a  $-10\text{ °C}$  en 267 segundos
- 0,5 A: llega a  $-9,7\text{ °C}$  en 420 segundos



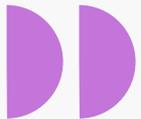


# CONCLUSIONES



# Conclusiones

- El fenómeno de sobreenfriamiento es muy susceptible a condiciones externas



# Conclusiones

- El fenómeno de sobreenfriamiento es muy susceptible a condiciones externas
- Se espera que con mejor contacto térmico mejore el flujo de calor que se le quita al agua y se llegue a menores temperaturas



# Conclusiones

- El fenómeno de sobreenfriamiento es muy susceptible a condiciones externas
- Se espera que con mejor contacto térmico mejore el flujo de calor que se le quita al agua y se llegue a menores temperaturas
- Mientras más corriente se le envía a la placa peltier más rápido decae su temperatura y eso también podría influir en la temperatura de nucleación



**¡Gracias por  
su atención!**

¿Preguntas? :)

