

Caracterización de Fotomultiplicadores de Silicio (SiPM) para Aplicaciones Espaciales

Tomás E. Ferreira Chase
(tomaschase96@gmail.com)

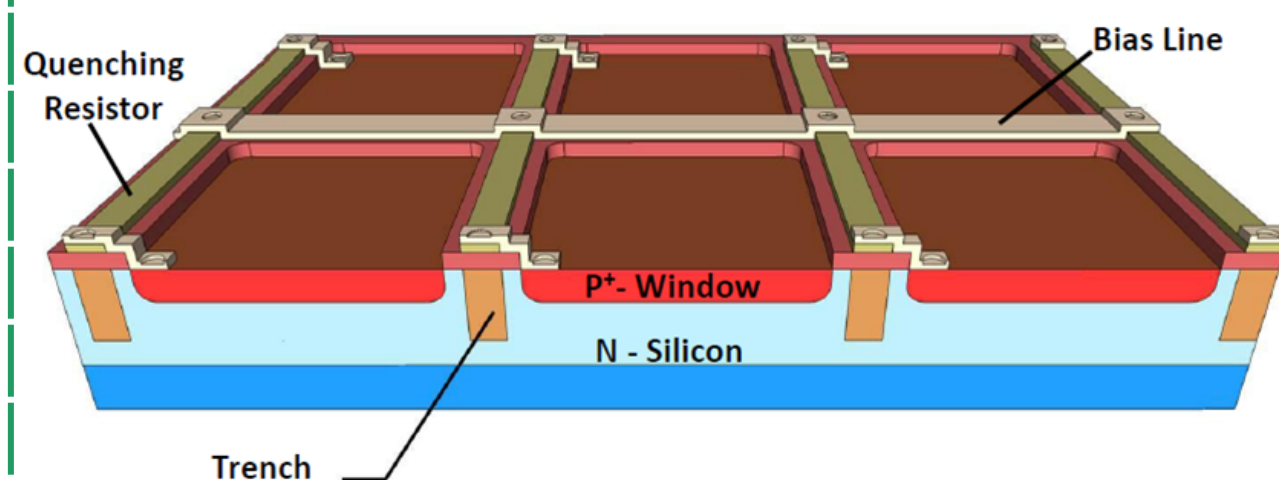
Lucas Finazzi
(lucasfinazzi.94@gmail.com)

Federico Izraelevitch
(fhi@unsam.edu.ar)

Departamento de física, FCEyN, UBA
Laboratorio de Integración Nanoelectrónica (LINE), Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Martín (UNSAM)

Marco: Proyecto LabOSat¹

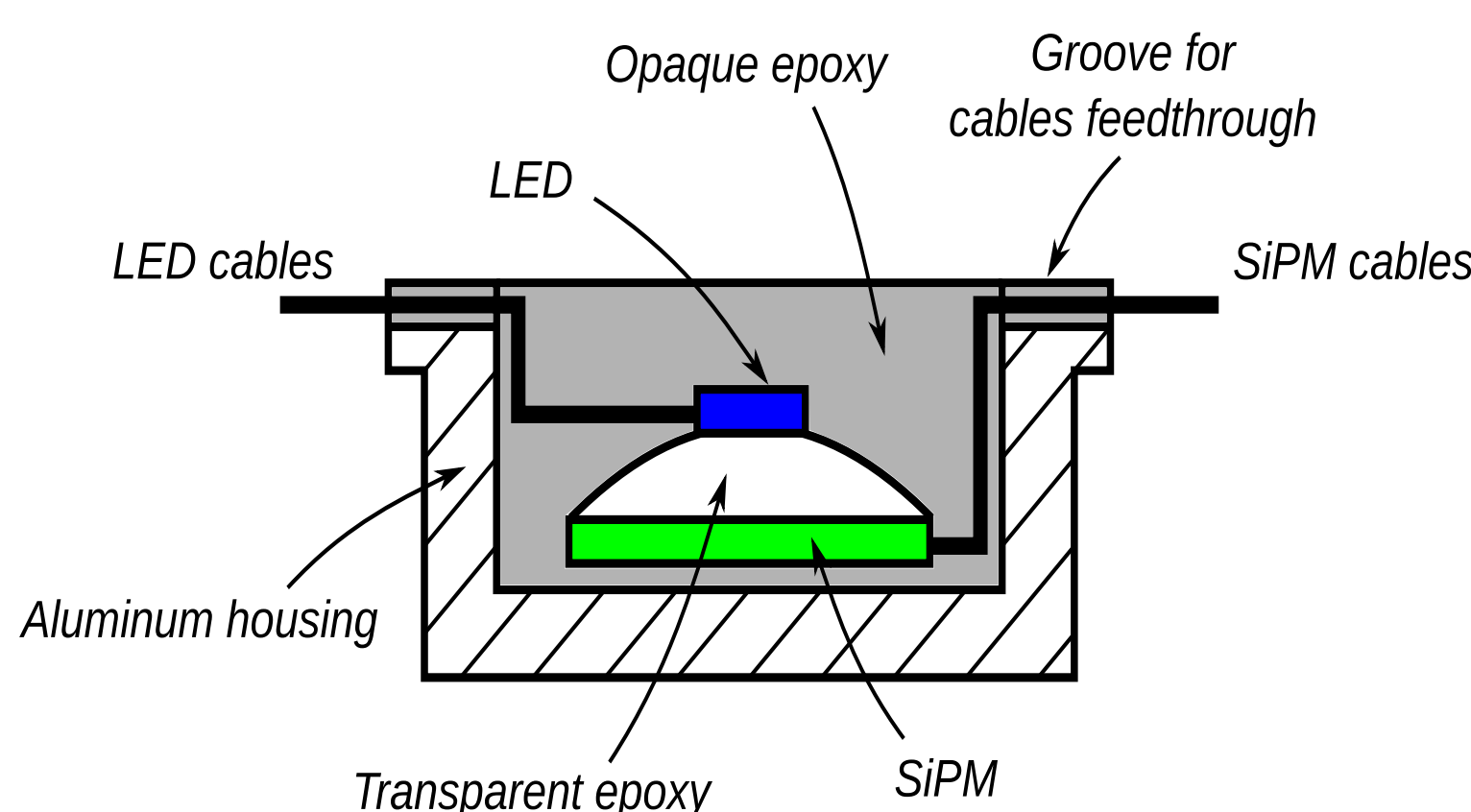
Es una **plataforma electrónica** para llevar a cabo **experimentos en ambientes hostiles**.



En la actualidad se están utilizando para caracterizar memorias no volátiles **en órbita** dentro de satélites de Satellogic². La próxima misión incluirá novedosos **fotomultiplicadores de silicio (SiPM)** Sensl C-Series FC-60035-SMT³ de **6x6 mm²**.

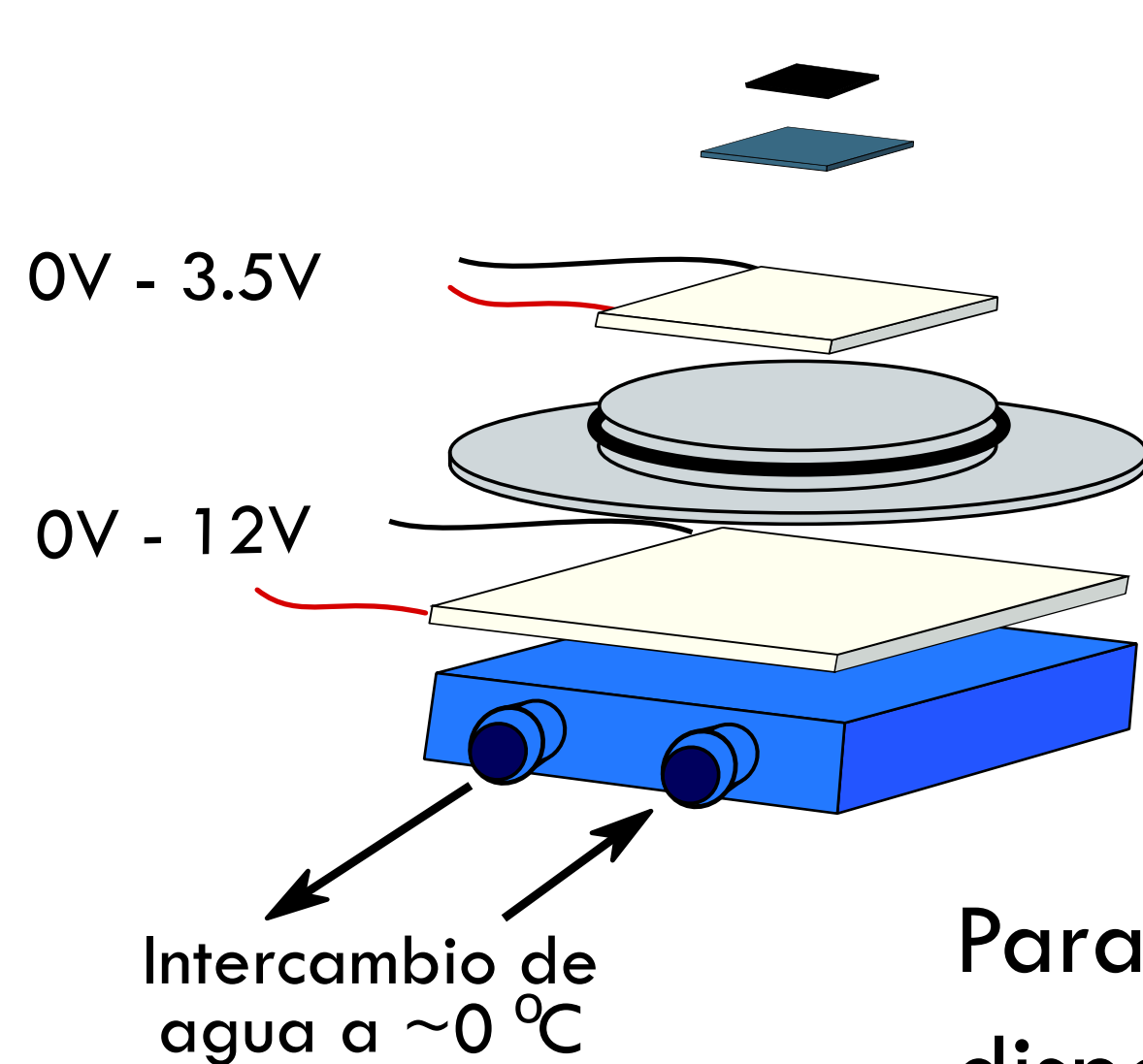
La caracterización permitió diseñar correctamente la electrónica asociada y para comparar con las mediciones en órbita.

Encapsulado Oscuro



Se fabricaron encapsulados oscuros de 10x10 mm² con el SiPM y un LED para poder estudiar el dispositivo a oscuras o iluminado en órbita.

Dispositivo experimental



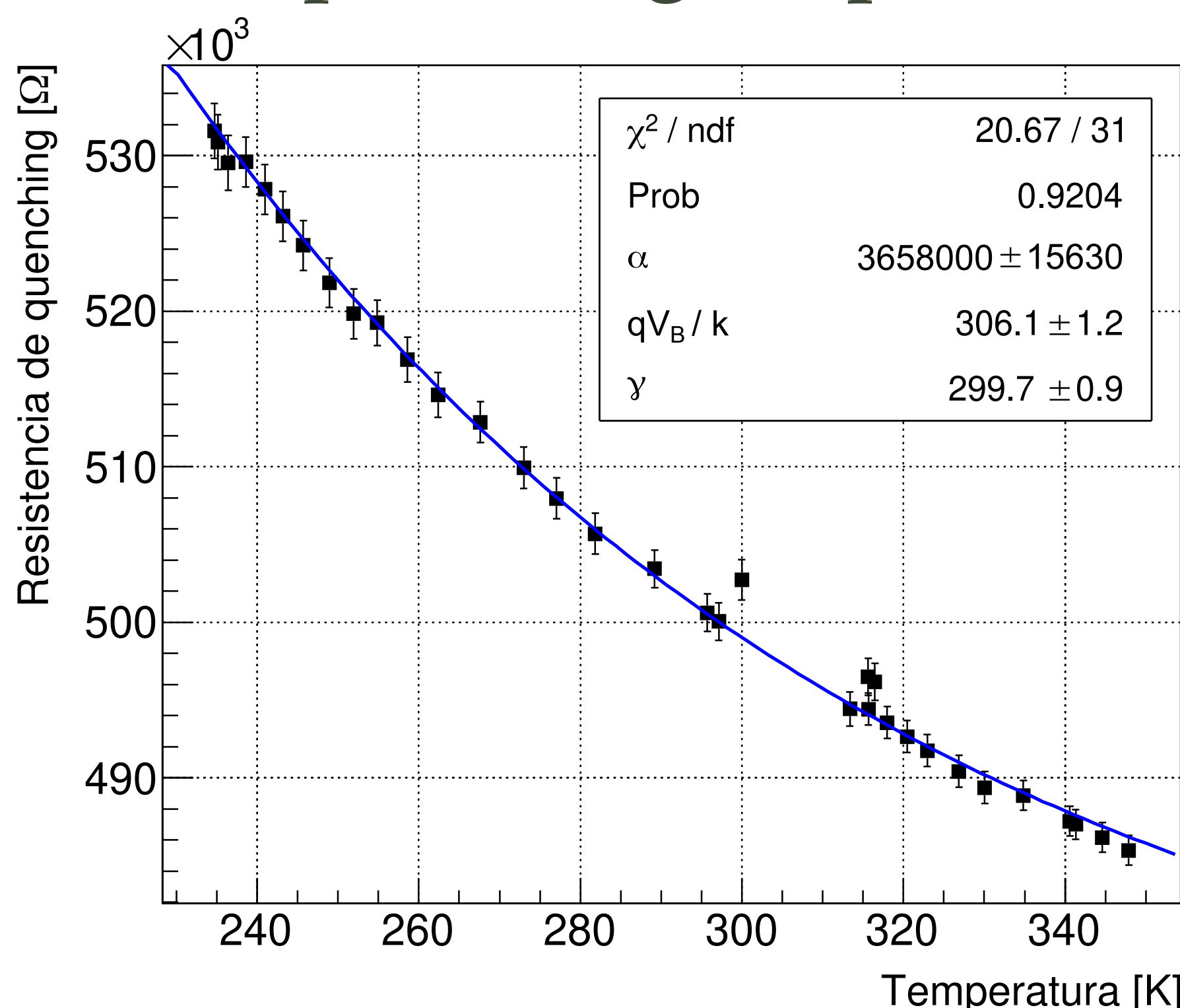
RTD PT1000
Encapsulado
Celda Peltier
TEC1-4905
Conductor térmico
(aluminio)
Celda Peltier
TEC1-12706
Radiador

Se usaron dos celdas peltier y un sistema de refrigeración por agua para modificar la temperatura del encapsulado oscuro entre **-40°C y 80°C**.

Para el control y medición de los dispositivos a estudiar se utilizaron SMU.

Resistencia de quenching (Rq)

Se obtuvieron curvas I-V a distintas temperaturas del SiPM en polarización directa con el LED apagado. Para cada temperatura, la Rq se calcula a partir de la pendiente de la región lineal en una curva I-V del SiPM.



Conociendo las técnicas de fabricación y las especificaciones deseadas, se supuso que el material de Rq es **poly-Si dopado con impurezas P**, y se lo ajustó por el modelo⁴

$$R_q(T) = \alpha \frac{\exp(\frac{qV_B}{kT})}{\sqrt{T} \sinh(\frac{\gamma}{T})},$$

donde V_B es el built-in potential.

Conclusiones

Se desarrolló un protocolo de caracterización de SiPMs que permitirá estudiar cada componente en forma individual antes de ser integrado en las misiones satelitales.

Se tomaron las mediciones que serán referencia para la misión espacial próxima.

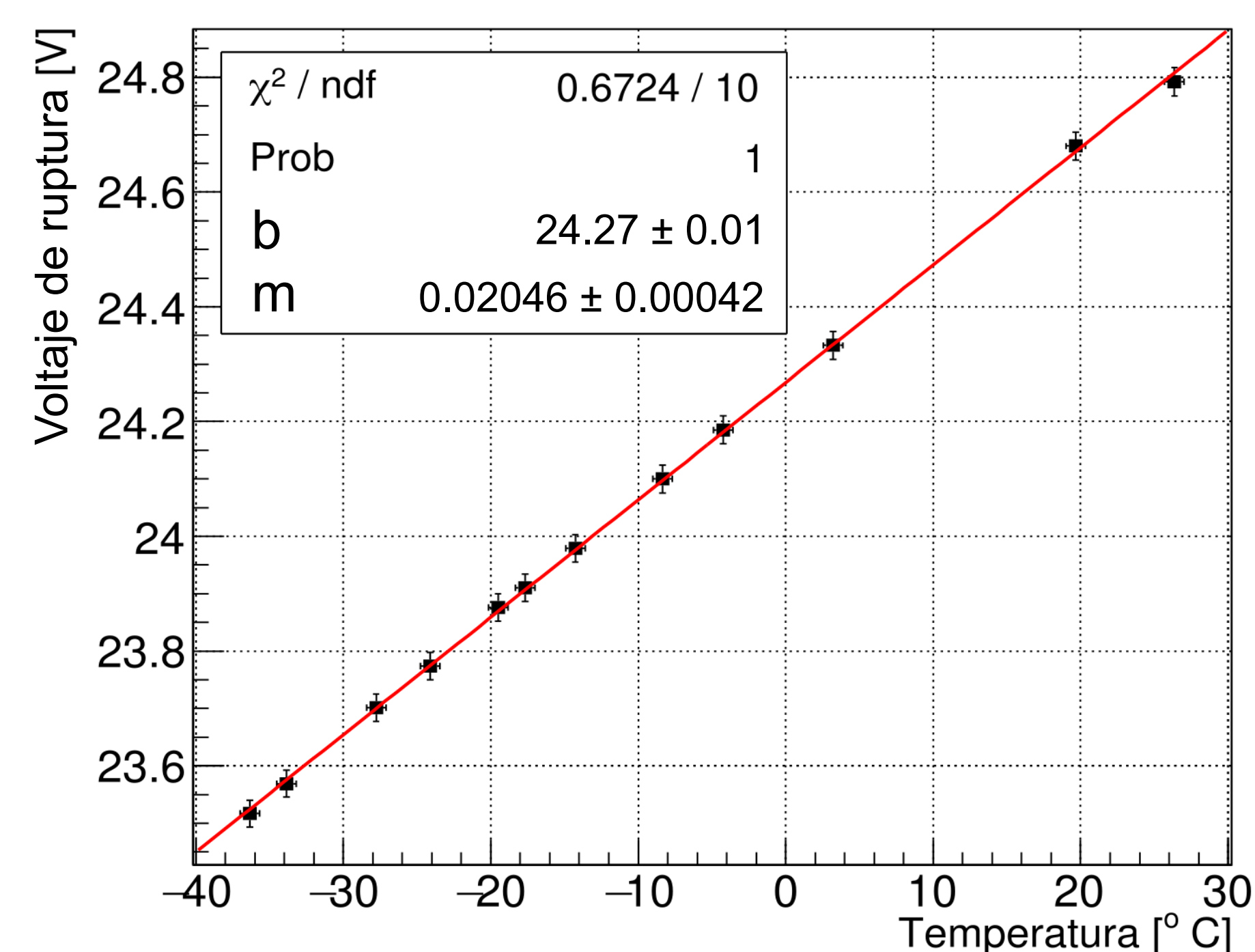
Se observó también que el encapsulado se calienta al encender el LED, produciendo una histéresis indeseada. Entender este problema permitirá determinar como se medirá en órbita.

Voltaje de ruptura (Vbr)

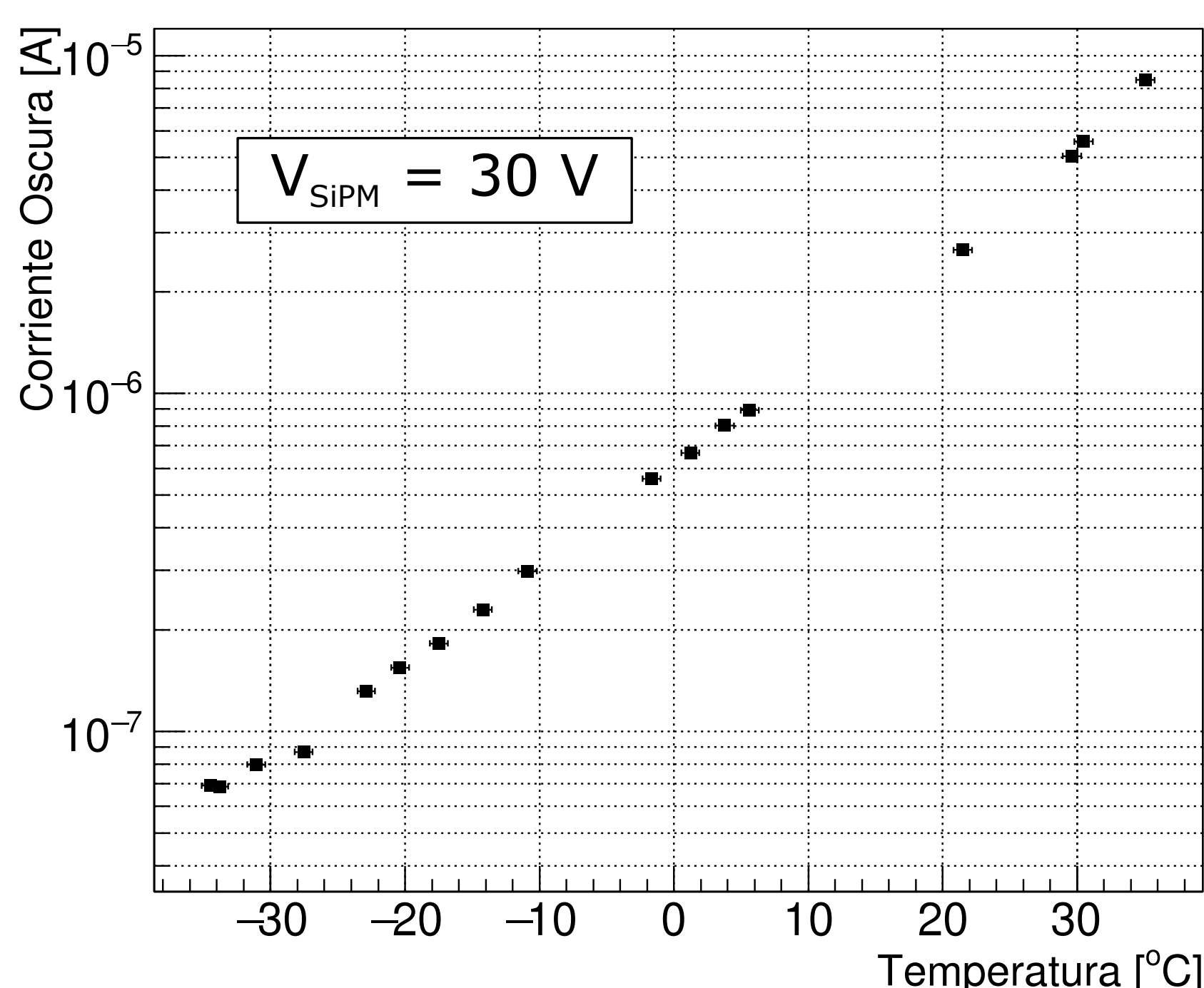
Se obtuvieron curvas I-V para distintas temperaturas con el SiPM en inversa. Para voltajes cercanos luego de la ruptura, se puede modelar la variación de la corriente como⁵:

$$\frac{d[\ln(I)]}{dV} = \frac{2}{V - V_{br}}$$

Se obtuvo una relación lineal entre el Vbr y la temperatura, con una variación aproximada de **20.5 mV por grado**.



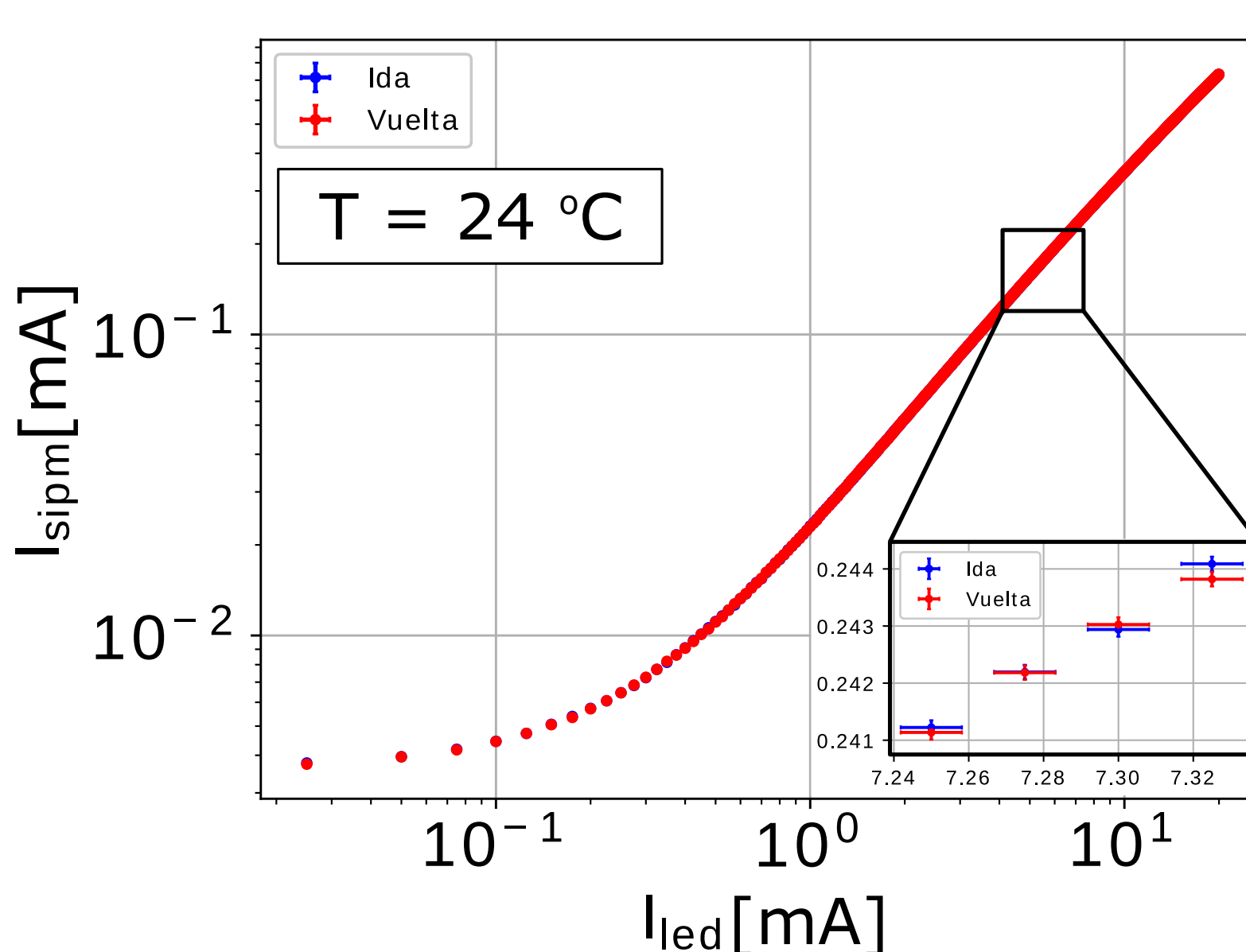
Corriente oscura



Se midió la corriente del SiPM en **inversa a 30 V** con el LED apagado.

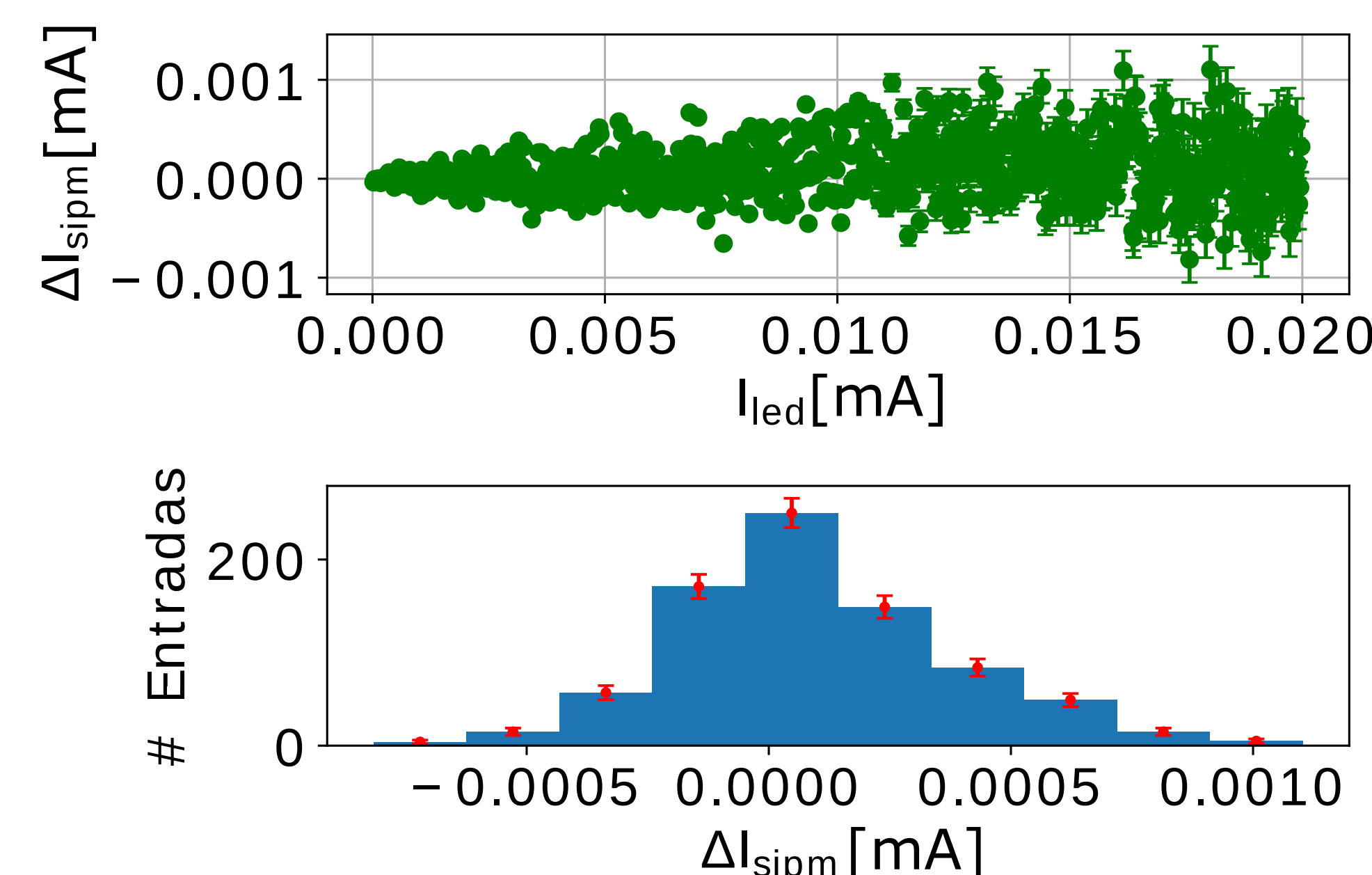
Estas mediciones se utilizarán como referencia para estudiar una posible degradación del SiPM en órbita.

Curvas I_SiPM (I_LED)



Se observó histéresis en los gráficos estudiados. Mediante un análisis detallado, se observó que ésta era producto de un aumento en temperatura del encapsulado a causa de la disipación de potencia del LED.

Se logró mitigar la histéresis mediante un software de control de temperatura. Se muestra la diferencia Δ_{SiPM} entre la ida y la vuelta.



Referencias

- [1] Proyecto Labosat: <http://labosat.unsam.edu.ar>
- [2] Satellogic: <https://www.satellogic.com/>
- [3] <http://sensl.com/downloads/ds/DS-MicroSeries.pdf>
- [4] Modeling and Optimization of Monolithic Polycrystalline Silicon Resistors, L. Gerzberg et al.
- [5] Characterization of Three High Efficiency and Blue Sensitive Silicon Photomultipliers, N. Otte et al.