Development of a Thermoelectric Systems Characterization Device

A. Sánchez Prisco[1] S. García Aristizábal[1] J. Gómez Múnera[1] J. Cano Quintero[1] E. Velilla Hernández[1,2]

[1] Grupo Manejo Eficiente de la Energía, Universidad de Antioquia
[2] Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales, Universidad de Antioquia

26 de agosto de 2025

Índice

1 Introducción

Índice

1. Introducción
2. TEG Energy Harvesting

Índice

1. Introducción
2. TEG Energy Harvesting
3. Desarrollo del dispositivo

Índice

1. Introducción
2. TEG Energy Harvesting
3. Desarrollo del dispositivo
4. Resultados

Índice

1. Introducción
2. TEG Energy Harvesting
3. Desarrollo del dispositivo
4. Resultados
5. Conclusiones

Índice

1. Introducción
2. TEG Energy Harvesting
3. Desarrollo del dispositivo
4. Resultados
5. Conclusiones
6. Algunas referencias

Fuentes de energía renovable con aprovechamiento de fenómenos físicos

Fuentes de energía renovable con aprovechamiento de fenómenos físicos

- Solar

Fuentes de energía renovable con aprovechamiento de fenómenos físicos

- Solar
- Eólica

Fuentes de energía renovable con aprovechamiento de fenómenos físicos

- Solar
- Eólica
- Oceánica

Fuentes de energía renovable con aprovechamiento de fenómenos físicos

- Solar
- Eólica
- Oceánica
- Térmica

Energy Harvesting

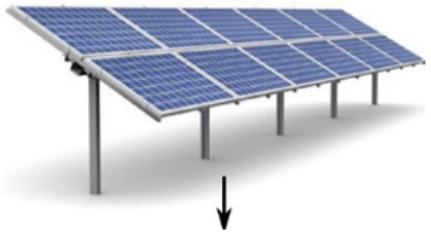
Energy Harvesting

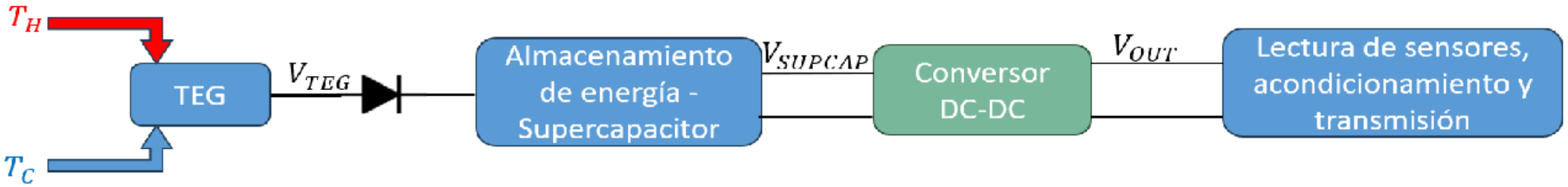
- Permite captura de energía ambiental para ser aprovechada en forma de energía eléctrica

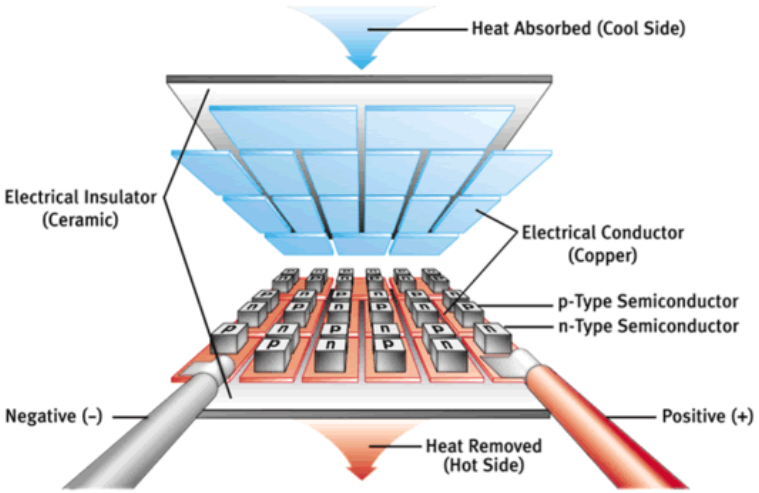
Energy Harvesting

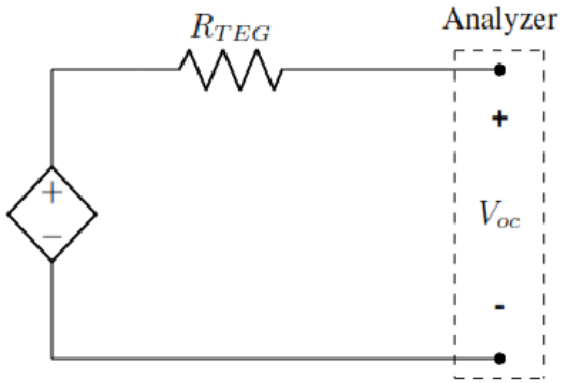
- Permite captura de energía ambiental para ser aprovechada en forma de energía eléctrica
- Los generadores termoeléctricos (TEG's) permiten el aprovechamiento a partir de los gradientes de temperatura

Aprovechamiento térmico






Heat Absorbed (Cool Side)
Electrical Insulator
(Ceramic)
Electrical Conductor
(Copper)
p-Type Semiconductor
n-Type Semiconductor
Negative (-)
Positive (+)
Heat Removed
(Hot Side)


R_{TEG}
Analyzer
+
V_{oc}
-

Modelo eléctrico

Modelo eléctrico

$$V_{oc} = \alpha \Delta T$$

Modelo eléctrico

$$V_{oc} = \alpha \Delta T$$

$$P = V_{oc}^2 \frac{R_{Load}}{(R_{TEG} + R_{Load})^2}$$

Modelo eléctrico

$$V_{oc} = \alpha \Delta T$$

$$P = V_{oc}^2 \frac{R_{Load}}{(R_{TEG} + R_{Load})^2}$$

$$P_{elec} = \frac{\alpha^2 R_{Load} \Delta T^2}{(R_{TEG} + R_{Load})^2}$$

Modelo eléctrico

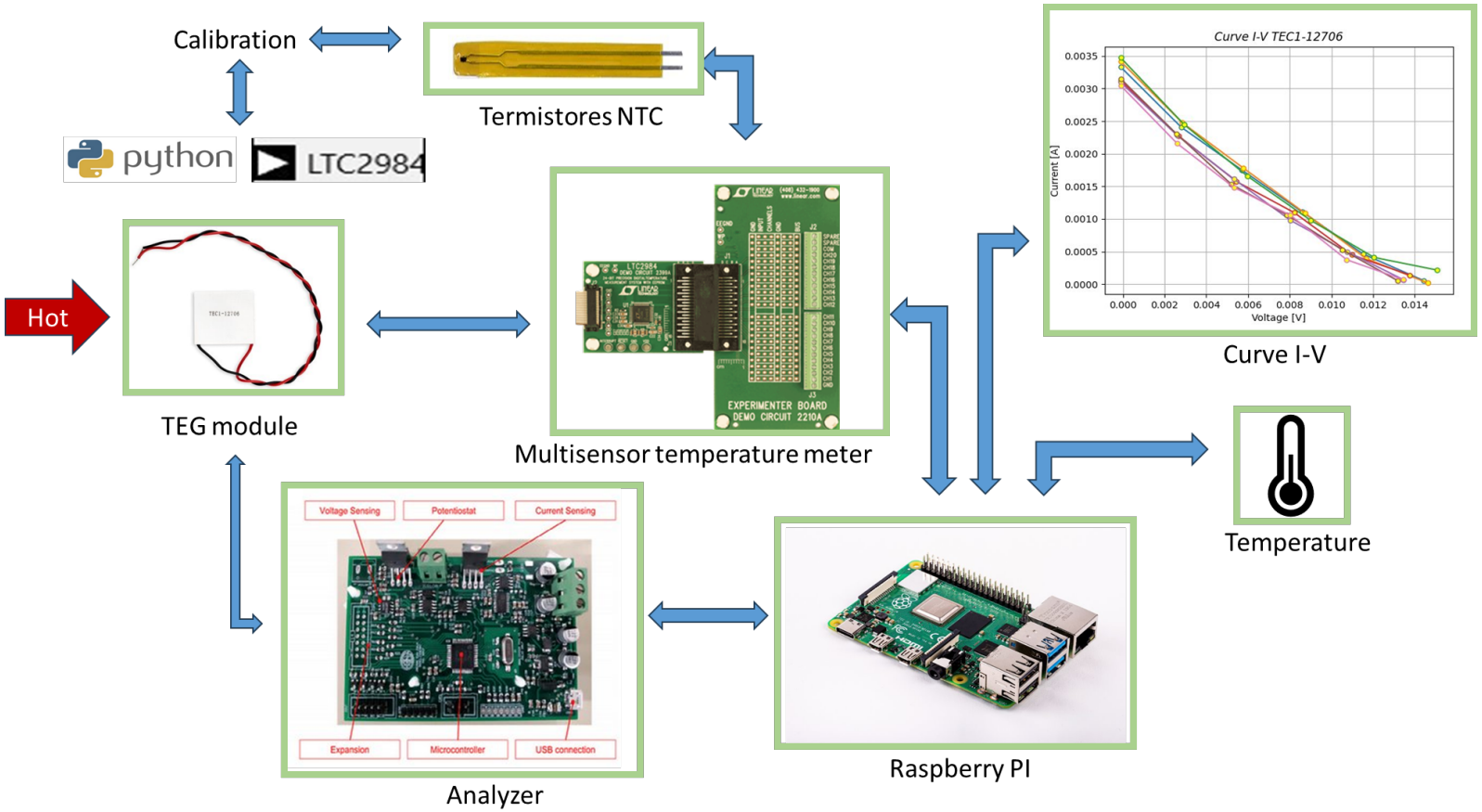
$$V_{oc} = \alpha \Delta T$$

$$P = V_{oc}^2 \frac{R_{Load}}{(R_{TEG} + R_{Load})^2}$$

$$P_{elec} = \frac{\alpha^2 R_{Load} \Delta T^2}{(R_{TEG} + R_{Load})^2}$$

$$P_{elecmax} = \frac{\alpha^2 \Delta T^2}{4 R_{TEG}}$$

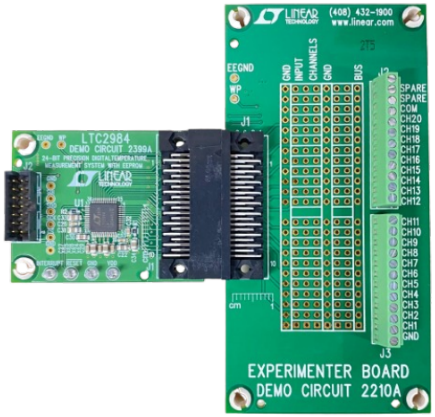
Esquema


Calibration
python
LTC2984
Termistores NTC
Hot
TEG module
Multisensor temperature meter
EXPERIMENTER BOARD
DEMO CIRCUIT 2210A
Curve I-V TEC1-12706
Current [A]
Voltage [V]
Curve I-V
Temperature
Voltage Sensing
Potentiostat
Current Sensing
Expansion
Microcontroller
USB connection
Analyzer
Raspberry PI

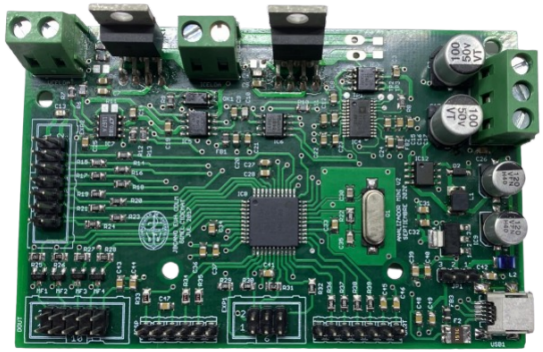
(a)

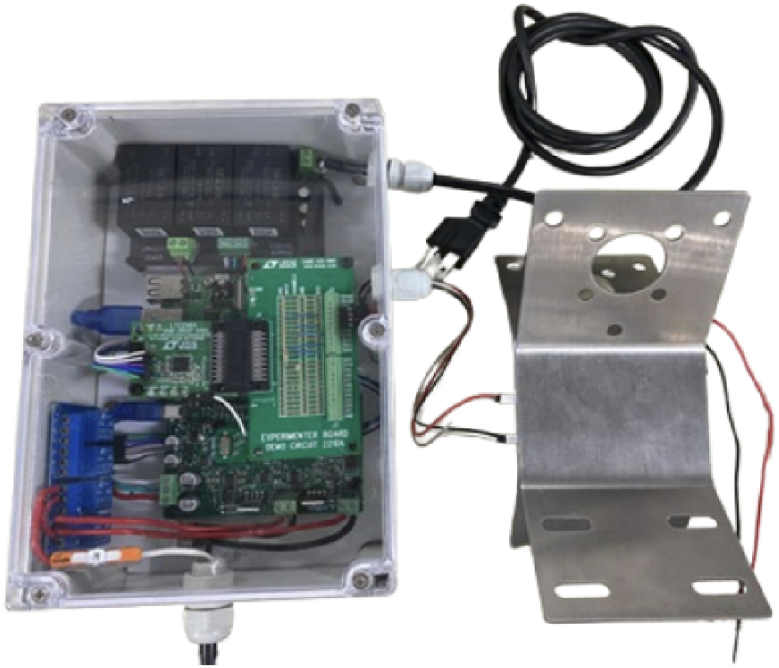
POWER SOURCE
Hi-Link
INPUT: 100-240Vac
OUTPUT: 12Vdc 0.83A 10W
P/N: HLK-10M12
Hi-Link
INPUT: 100-240Vac
OUTPUT: 12Vdc 0.83A 10W
P/N: HLK-10M12
Hi-Link
INPUT: 100-240Vac
OUTPUT: 5Vdc 3A 15W
P/N: HLK-15M05C
VOUT1
VOUT2
GIMEL
CIDEMAT

(b)


LINEAR TECHNOLOGY
(408) 432-1900
www.linear.com
LTC2984
DEMO CIRCUIT 2399A
EXPERIMENTER BOARD
DEMO CIRCUIT 2210A

(c)





Setup

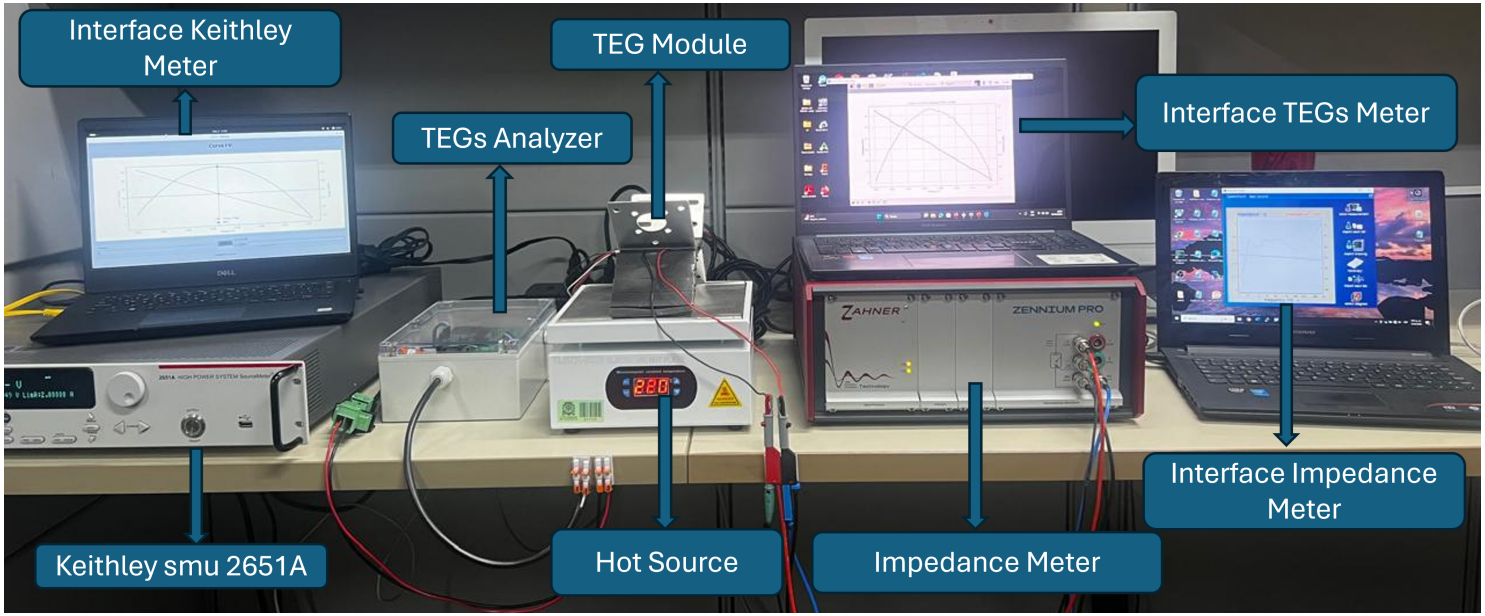
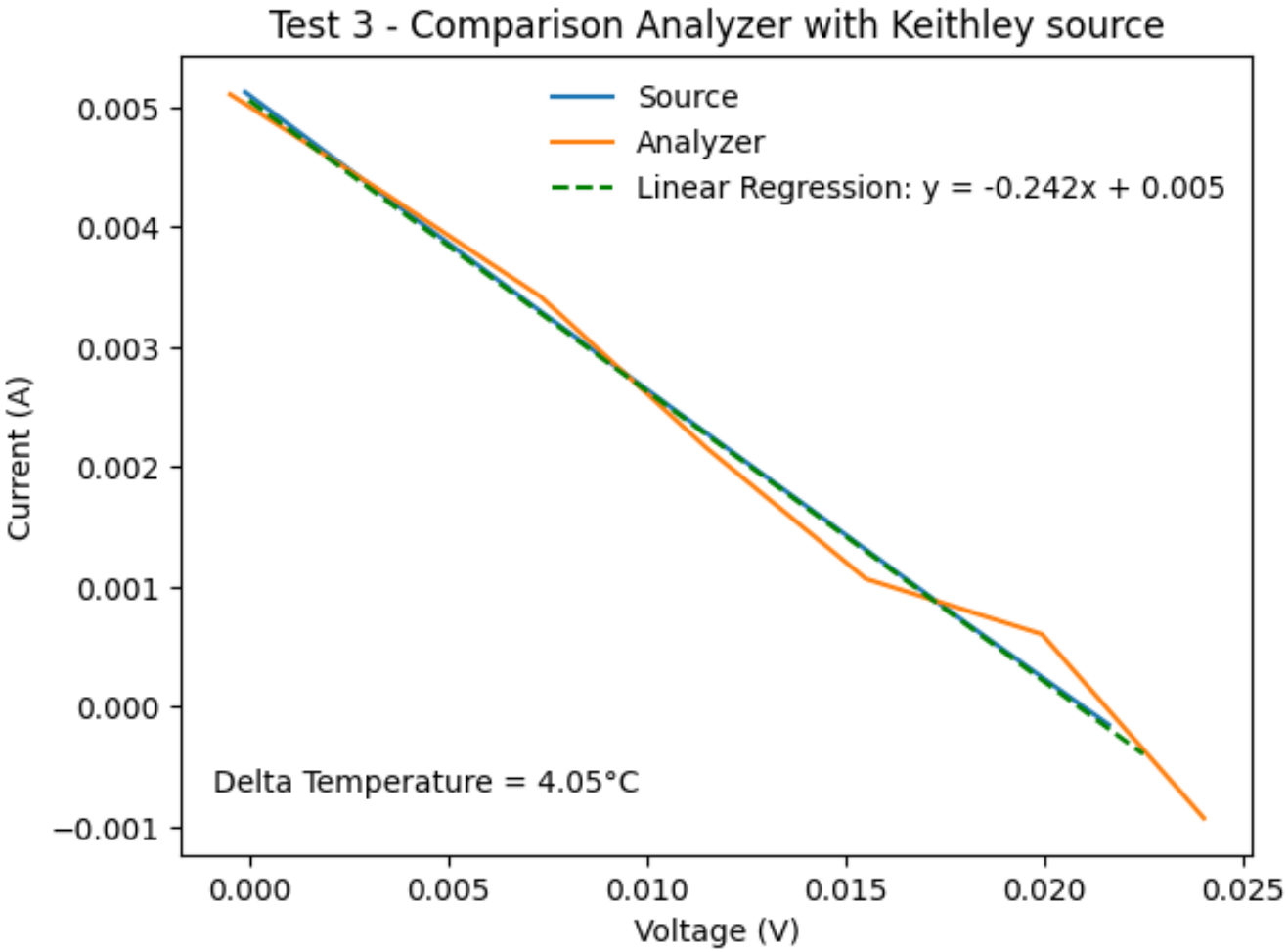

Interface Keithley Meter
TEG Module
TEGs Analyzer
Interface TEGs Meter
Interface Impedance Meter
Keithley smu 2651A
Hot Source
Impedance Meter

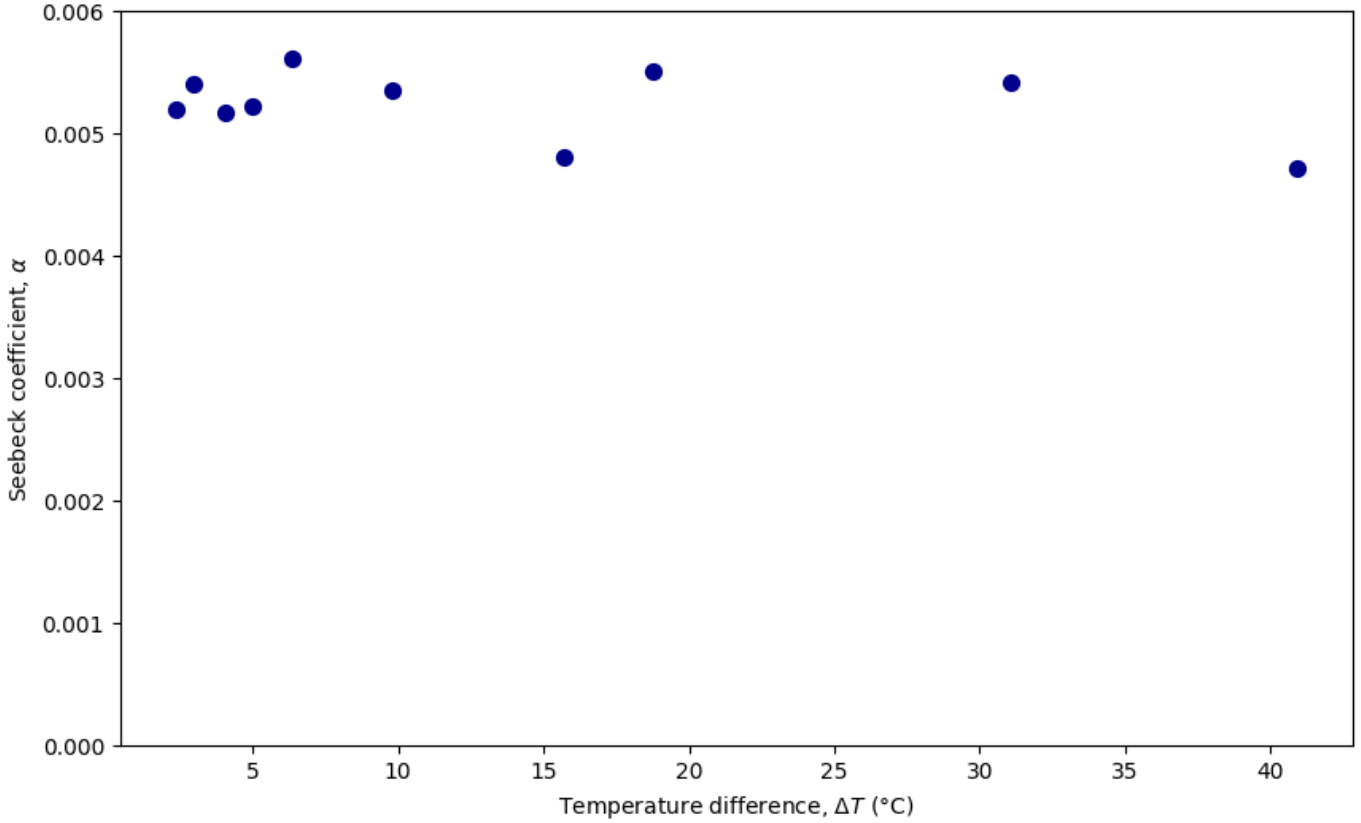
Tabla: TEG variables

$\Delta T[°C]$	$P_{\max}[mW]$	$V_{oc}[mV]$	$I_{sc}[mA]$	$\alpha[V°C^{-1}]$	$R_{\text{int}}[\Omega]$
2,36	0,0099	12,28	3,29	0,0051	3,80
2,97	0,015	16,06	4,15	0,0054	4,26
4,05	0,026	20,91	5,10	0,0051	4,14
4,99	0,040	26,01	6,17	0,0052	4,13
6,38	0,070	35,76	8,64	0,0056	4,15
9,8	0,16	52,36	12,71	0,0053	4,12
15,71	0,34	75,43	18,06	0,0048	4,16
18,76	0,62	103,20	24,18	0,0055	4,27
31,09	1,6	168,25	38,72	0,0054	4,35
40,89	2,1	192,83	44,55	0,0047	4,31

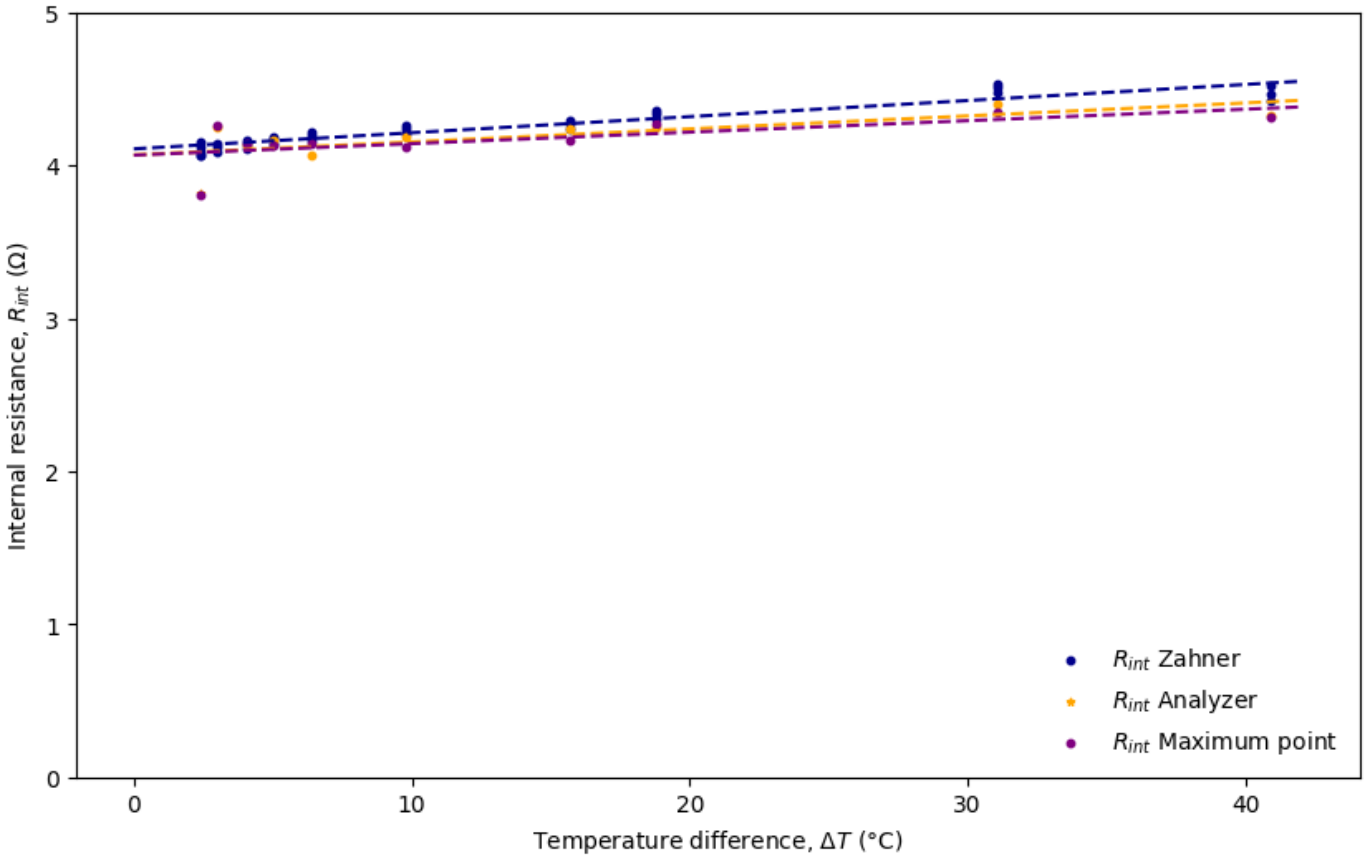
Curva I-V


Test 3 - Comparison Analyzer with Keithley source
Source
Analyzer
Linear Regression: y = -0.242x + 0.005
Delta Temperature = 4.05°C
Current (A)
Voltage (V)
0.005
0.004
0.003
0.002
0.001
0.000
−0.001
0.000
0.005
0.010
0.015
0.020
0.025

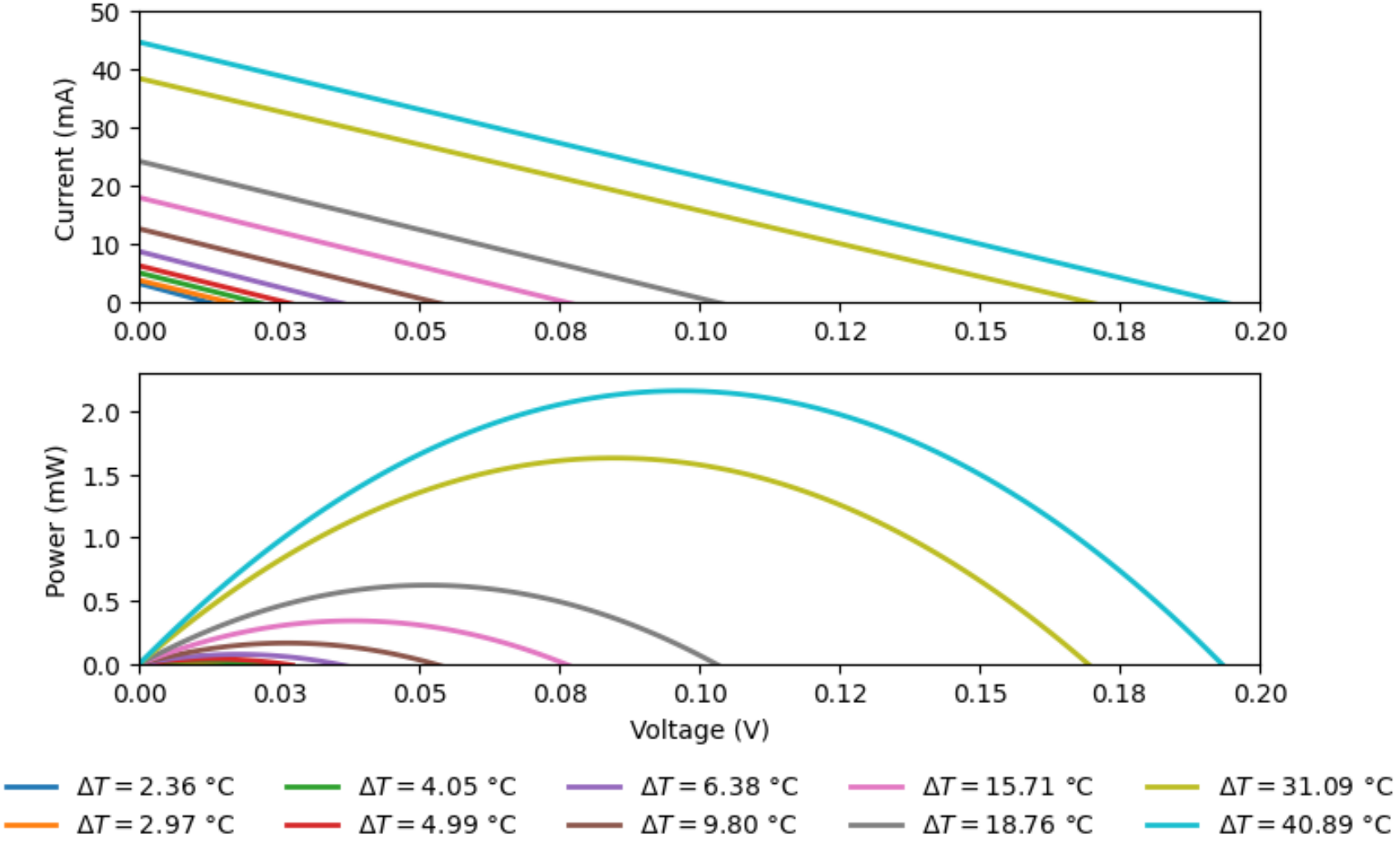
Coeficientes de Seebeck



Resistencia Interna



Curvas I-V y P-V



Conclusiones

Conclusiones

- Se validó un dispositivo para la caracterización de módulos termoeléctricos.

Conclusiones

- Se validó un dispositivo para la caracterización de módulos termoeléctricos.
- Se observó el efecto Seebeck, evidenciando que la generación de voltaje depende del gradiente de temperatura entre las caras del módulo.

Conclusiones

- Se validó un dispositivo para la caracterización de módulos termoeléctricos.
- Se observó el efecto Seebeck, evidenciando que la generación de voltaje depende del gradiente de temperatura entre las caras del módulo.
- Se demostró que tanto la resistencia interna como el coeficiente de Seebeck varían con el gradiente de temperatura.

Conclusiones

- Se validó un dispositivo para la caracterización de módulos termoeléctricos.
- Se observó el efecto Seebeck, evidenciando que la generación de voltaje depende del gradiente de temperatura entre las caras del módulo.
- Se demostró que tanto la resistencia interna como el coeficiente de Seebeck varían con el gradiente de temperatura.
- El dispositivo permite estimar el dimensionamiento necesario para alimentar sistemas de bajo consumo energético.

¡Gracias!

CIDEMAT
Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

Pedro Carvalhaes-Dias, Andreu Cabot, and J. A. Siqueira Dias.
Evaluation of the Thermoelectric Energy Harvesting Potential at Different Latitudes Using Solar Flat Panels Systems with Buried Heat Sink.
Applied Sciences, 8(12):2641, December 2018.
Number: 12.

Wong Chin Khang, Siti Amely Jumaat, Muhammad Akmal Johar, and Umar Saleh Abu Bakar.
Development of Prototype Hybrid Photovoltaic-Thermoelectric (PV-TEG) System.
In *2023 IEEE 3rd International Conference in Power Engineering Applications (ICPEA)*, pages 175–178. IEEE, 2023.

Truong Thi Kim Tuoi, Nguyen Van Toan, and Takahito Ono.
Thermal energy harvester using ambient temperature fluctuations for self-powered wireless IoT sensing systems: A review.
Nano energy, 121:109186, 2024.
Publisher: Elsevier.

Esteban Velilla, Juan B Cano, and Franklin Jaramillo.
Monitoring system to evaluate the outdoor performance of solar devices considering the power rating conditions.
Solar Energy, 194:79–85, 2019.

Mehmet Ali Üstüner, Hayati Mamur, and Sezai Taşkin.
Modeling and validation of the thermoelectric generator with considering the change of the Seebeck effect and internal resistance.
Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 30(7):2688–2706, November 2022.
Number: 7.