

# OBTENCION DE CLÚSTERES METÁLICOS CON PROPIEDADES SUPERCONDUCTORAS PARA SU EVALUACION DEL EFECTO SEEBECK

Rodríguez Montejo Vianey Margarita (1), Nájera Lara Mónica (2), Segoviano Garfias José de Jesús Nezahualcoyotl (3).

1 Colegio de Nivel Medio Superior de Salamanca (ENMS). Prolongación Tampico No. 904. C.P.36730; Salamanca, Gto. México.  
| vianey\_rdz\_99@hotmail.com

2 Colegio de Nivel Medio Superior de Salamanca (ENMS). Prolongación Tampico No. 904. C.P.36730; Salamanca, Gto. México.  
| mnajera@ugto.mx

3 Departamento de Ciencias Ambientales. División de Ciencias de la Vida (DICIVA). Universidad de Guanajuato. Campus Irapuato-Salamanca. Ex Hacienda El Copal, Carretera Irapuato-Silao Km. 9, Irapuato, Gto. México. 36500 | segovi@ugto.mx

## Resumen

La búsqueda de fuentes renovables de energía es un reto actual abordado de forma mundial. Diversos compuestos metálicos se han propuesto que se pueden utilizar para coleccionar calor residual o directamente en dispositivos solares. Sin embargo, una de las maneras más innovadoras es la de usar un mineral, que al someterlo a un tratamiento químico, pueda ser incorporado directamente a un dispositivo colector de calor y genere electricidad. Sin embargo los minerales presentan la ventaja de una composición muy variable. En este trabajo se sintetizaron compuestos de calcio, molibdeno, y cobre. Los cuales al ser combinados en diferentes proporciones estequiométricas, triturados y calcinados a 1000 °C, se confinaban en una celda de cobre metálico. Utilizando un electrodo de grafito y a la celda de cobre como el otro electrodo, se midió voltaje generado al aplicar un gradiente de temperatura de 40 a 60 °C. Cada material generó una cantidad de milivoltios, distinta para cada mezcla de compuestos y dependiente de la proporción molar de cada elemento presente. Se encontró que la mezcla más eficiente es en la proporción equimolar de cobre-molibdeno. El carácter superconductor de la mezcla no puede ser definido hasta tener una caracterización del compuesto o la mezcla de óxidos generados.

## Abstract

The search for renewable energy sources, is a global challenge currently taken. Several metallic compounds have been proposed to be used to collect heat waste or directly inserted in solar devices. However, one of the most innovative ways is to use a mineral, which when when is chemically treated, can be incorporated directly to a heat collecting device and generate electricity. A mineral disadvantage, is a highly variable composition. In this work, compounds of calcium, molybdenum and copper, were synthesized. These were combined in different stoichiometric proportions, pulverized, calcined at 1000 °C and confined in a metallic copper cell. Using a graphite electrode and the copper cell as the other electrode, voltage was measured when a gradient of temperature of 40 to 60 °C was applied. Each material generated an amount of millivolts, different for each mixture of compounds and dependent of the molar ratio in which each element was present. It was found that the most efficient mixing ratio is at an equimolar proportion of copper-molybdenum. The superconducting character of these mixture can not be defined until perform an extensive characterization of the compounds or mixture of oxides.

## INTRODUCCIÓN

El uso de la energía en sus distintas formas, es parte de nuestro estilo de vida. En donde el consumo de energía es directamente proporcional al desarrollo y crecimiento que tiene la sociedad. Sin embargo, la mayor parte de la energía utilizada, proviene de fuentes no-renovables[1].

El consumo de fuentes de energía no renovables, ha generado diversas problemáticas en el medio ambiente. Durante largo tiempo, se han buscado otro tipo de sistemas que generen electricidad sin la necesidad de impactar al medio ambiente[2]. Una de las tecnologías más recientes son las celdas solares, y una tecnología todavía más emergente, son los concentradores solares de fotoceldas peltier[3]. Se han buscado diferentes materiales que promuevan en mayor medida la eficiencia en su funcionamiento y disminuyendo el costo de su inversión[2]. En los dispositivos solares de silicio disponibles comercialmente, cuando se absorbe un fotón a partir del espectro solar, la energía de enlace del excitón es tan pequeña que el electrón y agujero se pueden separar, y por lo tanto una corriente puede ser producida[4]. Por otra parte, el efecto Peltier ocurre por contacto entre dos metales, inicialmente a la misma temperatura en donde se genera una corriente eléctrica. Eso tiene como consecuencia la generación de un campo térmico que provoca el calentamiento de uno y el enfriamiento de otro; Un módulo Peltier consiste en la unión de semiconductores P-N conectados eléctricamente en serie, pero conformando una conexión térmica en paralelo[5].

En la Fig. 1 se muestran dos materiales superconductores, uno tipo N y otro tipo P. Como indican las flechas, en la interface a ambos lados de la superficie de contacto, los huecos y los electrones tienden a desplazarse a la parte opuesta del material. Por tanto, durante la difusión del material de tipo P de la capa se cargue negativamente y la del tipo N positivamente [6].

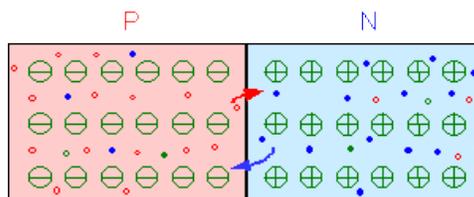


Fig. 1. Semiconductores P-N

El efecto Seebeck indica también la existencia de interacción entre los campos eléctricos y térmicos. Al contacto entre 2 metales a diferentes temperaturas genera una diferencia de potencial eléctrico. Sin embargo, una alta conductividad eléctrica por lo general conduce a un coeficiente de Seebeck más pequeña porque el aumento de densidad de carga provoca una disminución de la fuerza de conducción [7].

Este trabajo tiene la intención de que al combinar diferentes proporciones de calcio, cobre y molibdeno, a altas temperaturas, se pueda generar un mineral artificial, con propiedades superconductores. Esto con la intención de que posteriormente pueda ser insertado en una fotocelda peltier.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la preparación de los diversos materiales termoeléctricos, se modificó el procedimiento reportado con anterioridad[8]. Se utilizaron sales metálicas en diferentes proporciones como el: hidróxido de calcio (1:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), molibdato de amonio tetrahidratado (2:  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), nitrato de cobre(II) hemipentahidratado (3:  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2\cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$ ). Utilizando una balanza analítica, se pesan las diferentes cantidades de compuestos, de acuerdo a la Tabla 1, se generaron diferentes mezclas de compuestos de la A a G. Para la preparación, las sales metálicas se mezclan y de forma conjunta, en un mortero son trituradas hasta obtener un color homogéneo. Se coloca cada mezcla en un crisol y se calienta en la mufla hasta alcanzar una temperatura de  $1000^\circ\text{C}$  durante 1 hora. Posteriormente, el sólido obtenido se dejar enfriar y se retira de la mufla.

Tabla 1. Cantidades de los diferentes compuestos utilizados en este estudio, donde 1:  $\text{Ca(OH)}_2$ , 2:  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  y 3:  $\text{Cu(NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$

Mezcla	Compuesto	Masa/Moles
A	1	0.208 g (0.00270)
	2	6.654 g (0.00538)
	3	1.919 g (0.00817)
B	1	0.403 g (0.00540)
	2	6.656 g (0.00538)
	3	1.906 g (0.00817)
C	1	0.606 g (0.00810)
	2	6.652 g (0.00538)
	3	1.901 g (0.00817)
D	1	0.203 g (0.00270)
	2	6.656 g (0.00538)
	3	2.500 g (0.01075)
E	1	0.205 g (0.00270)
	2	6.655 g (0.00538)
	3	3.140 g (0.01350)
F	1	0.207 g (0.00270)
	2	3.333 g (0.00269)
	3	1.908 g (0.00817)
G	1	0.200 g (0.00270)
	2	10 g (0.00809)
	3	1.904g (0.00817)

La mezcla es colocada en una celda de cobre (Fig 2a) y el mismo procedimiento es repetido para los demás compuestos generados (Fig. 2b). Posteriormente cada celda es sometida a un gradiente de temperatura por una flama externa. La temperatura alcanzada de cada celda es medida con una cámara termografica y el voltaje con un multímetro (Fig 3a y b).



Fig 2. a) Llenado de las celdas de cobre con los diferentes compuestos. b) Celdas de cobre que contienen a los diversos compuestos

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La búsqueda de materiales que participan en sistemas de energías renovables, es una tendencia de investigación que se está abordando en mayor medida. En donde la síntesis de minerales artificiales, abre un gran número de posibilidades.

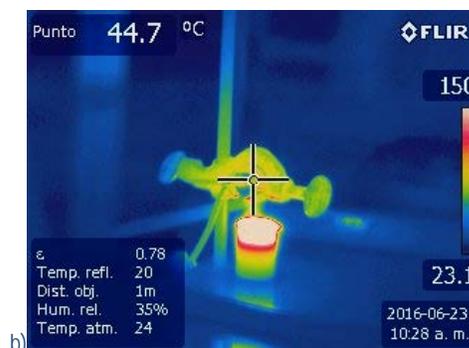
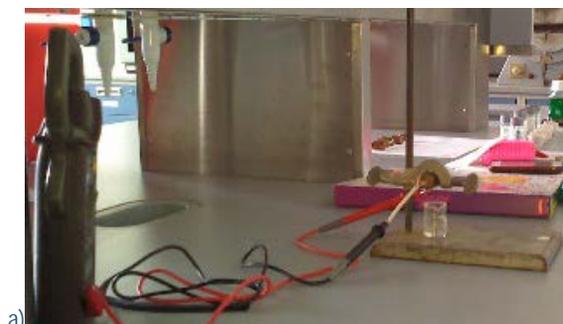


Figura 3. a) Arreglo experimental para someter a las diferentes mezclas de compuestos a un gradiente de temperatura y medición de Voltaje. b) Medición de temperatura medida con la cámara termografica



Figura 4. Mezclas de compuestos antes (parte superior) y después de ser sometidos a la calcinación (parte inferior) De derecha a izquierda: A a la G.

Al triturar las diferentes mezclas de compuestos presentan distintas coloraciones. Las mezclas F y G son las que tienen la mayor coloración oscura. De acuerdo a esto, la coloración oscura es la que permite en mayor medida, atrapar una mayor cantidad de fotones y quizás promover el carácter semiconductor o superconductor de los compuestos [6]. Al someter a los distintos compuestos a gradientes de temperatura de 30 a 47°C, se obtuvieron señales de voltaje para los compuestos F y G (Tabla 2), muy superiores al resto de los compuestos, lo cual es consistente con sus coloraciones oscuras. Se ha reportado cuando diversas mezclas de metales son calcinadas y en proporciones molares definidas y éstas generan un color negro, las propiedades conductoras son afectadas, si en el calentamiento adquieren la cantidad adecuada de oxígeno [9]. En general este tipo de compuestos tienen analogías con las perovskitas [7].

Mezcla	Volt. (mv)	Temp. (°C)	Mezcla	Volt. (mv)	Temp. (°C)
A	0.5	47	D	0.1	40
B	0.8	47	E	11.5	41
C	0.6	35	F	23	30
			G	47	41

Tabla 2. Voltaje obtenido de las diferentes mezclas

Sin embargo, para evaluar las analogías de los compuestos obtenidos con este mineral, se requiere realizar una mayor cantidad de estudios, así como para establecer un carácter P o N de las mezclas obtenidas.

## CONCLUSIONES

Es conocida la importancia que tienen las fuentes de energía en nuestra vida diaria, aunque existen diferentes métodos obtenerla, nuestra tecnología está basada en el uso de combustibles fósiles. En este trabajo se analizaron diversos compuestos con las propiedades conductoras y que se evaluó el efecto Seebeck sometiendo a un gradiente de temperatura con la intención de generar energía. En estudios posteriores se espera realizar una caracterización completa y propuestas de mejora a las diferentes mezclas de sales metálicas utilizadas.

## REFERENCIAS

- [1] Yadav, D. and R. Banerjee, A review of solar thermochemical processes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016. 54: p. 497-532.
- [2] Asim, N., et al., A review on the role of materials science in solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012. 16(8): p. 5834-5847.
- [3] Kraemer, D., et al., High-performance flat-panel solar thermoelectric generators with high thermal concentration. *Nat Mater*, 2011. 10(7): p. 532-538.
- [4] Collavini, S., S.F. Volker, and J.L. Delgado, Understanding the Outstanding Power Conversion Efficiency of Perovskite-Based Solar Cells. *Angew Chem Int Ed Engl*, 2015. 54(34): p. 9757-9.
- [5] Dikwa, J., et al., Influence of thermal cycles on thermoelectric unileg modules made of  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9/\text{Ca}_{0.95}\text{Sm}_{0.05}\text{MnO}_3$  oxides. *Journal of Taibah University for Science*, 2014. 8(4): p. 385-393.
- [6] Miessler, G.L. and D.A. Tarr, *Inorganic Chemistry*. 2011: Pearson Prentice Hall.
- [7] Hébert, S., et al., Thermoelectric properties of perovskites: Sign change of the Seebeck coefficient and high temperature properties. *Progress in Solid State Chemistry*, 2007. 35(2-4): p. 457-467
- [8] Girolami, G.S., T.B. Rauchfuss, and R.J. Angelici, *Synthesis and Technique in Inorganic Chemistry: A Laboratory Manual*. 1999: University Science Books.