



# 2<sup>nd</sup> International Symposium on Master Engineering

## Booklets



RENIECYT - LATINDEX - EBSCO - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - Google Scholar DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

# Title: Perovskite $\text{CaTiO}_3$ Synthesis for use in the construction of DSSC solar cells

## Author: CASTILLO-MARTÍNEZ, Jessica Aracely

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
 BIMES Control Number: 2022-09  
 BIMES Classification (2022): 231122-0009

Pages: 31  
 RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
 143 – 50 Itzopan Street  
 La Florida, Ecatepec Municipality  
 Mexico State, 55120 Zipcode  
 Phone: +52 1 55 6159 2296  
 Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
 E-mail: contacto@ecorfan.org  
 Facebook: ECORFAN-México S. C.  
 Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

| Holdings |             |            |
|----------|-------------|------------|
| Mexico   | Colombia    | Guatemala  |
| Bolivia  | Cameroon    | Democratic |
| Spain    | El Salvador | Republic   |
| Ecuador  | Taiwan      | of Congo   |
| Peru     | Paraguay    | Nicaragua  |

El estudio consistió en la síntesis y caracterización eléctrica del compuesto  $\text{CaTiO}_3$  para su aplicación como semiconductor en la construcción de celdas solares de 3era generación , las cuales no utilizan silicio e imitan el proceso de la fotosíntesis fabricadas con pigmentos naturales. Para ello se llevaron a cabo estudios termodinámicos para determinar las condiciones de síntesis para obtener el compuesto deseado a través de las reacciones químicas:



- Es costosa
- Bajo aprovechamiento de energía
- Altamente contaminantes

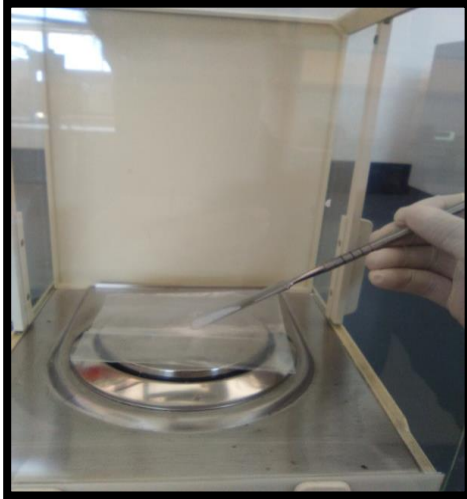
## Objetivo general:

- Determinar las propiedades eléctricas del compuesto titanato de calcio ( $\text{CaTiO}_3$ ) sintetizado por medio de reacción en estado sólido para su uso en celdas solares de tercera generación.

# Experimentación

*Primera fase: Síntesis de la Perovskita.*

## Molienda de polvos



Los polvos ya pesados fueron colocados en un contenedor de acero inoxidable para someterlos a molienda en un molino de alta energía tipo planetario a 300 rpm marca Retsch. La molienda se hizo en seco y en atmósfera de aire durante tres horas bajo condiciones ambientales.



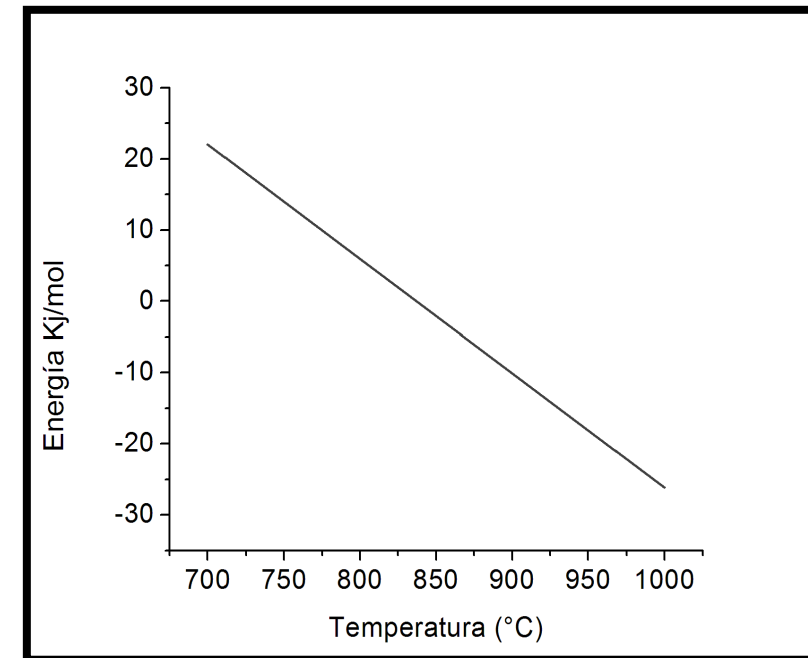
Luego de las 3 horas el polvo fue retirado cuidadosamente y separado en tres muestras diferentes para su posterior tratamiento térmico.

De donde resulta que:

A  $800^{\circ}\text{C}$  ( $1073^{\circ}\text{K}$ ) es de:  $\Delta G_{800^{\circ}\text{C}} = 5.95\text{KJ/mol}$

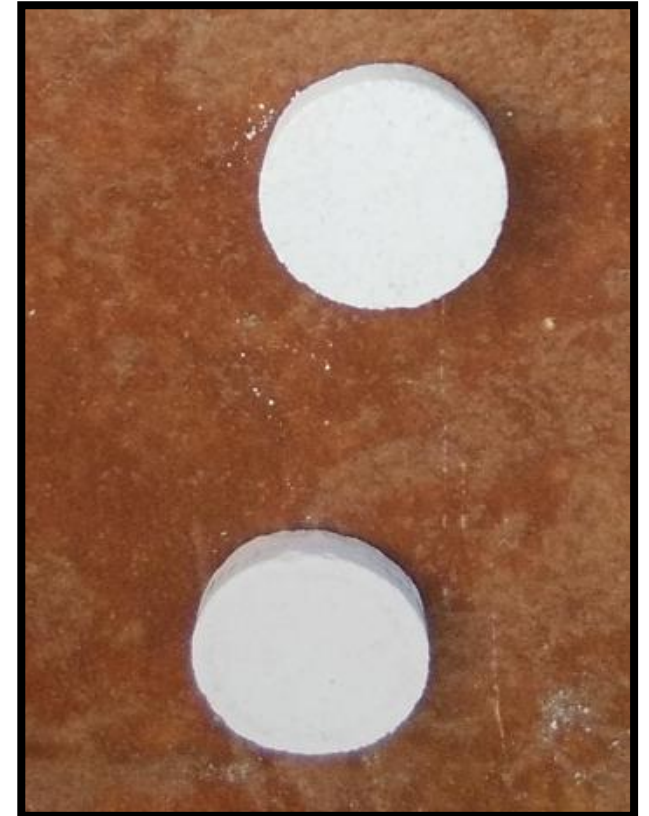
A  $900^{\circ}\text{C}$  ( $1173^{\circ}\text{K}$ ) es de:  $\Delta G_{900^{\circ}\text{C}} = -$   
 $10.107\text{KJ/mol}$

A  $1000^{\circ}\text{C}$  ( $1273^{\circ}\text{K}$ ) es de:  $\Delta G_{1000^{\circ}\text{C}} = -$   
 $26.167\text{KJ/mol}$



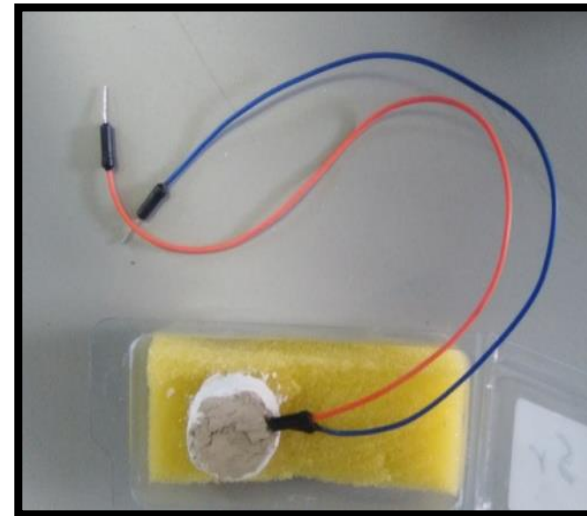
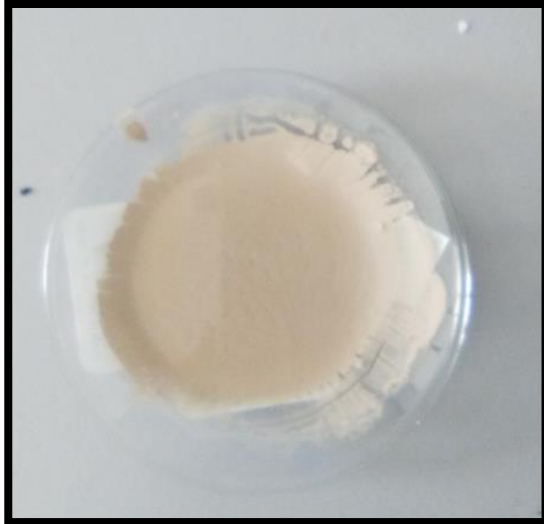
## Obtención de las pastillas

A una presión de  $10\text{ton/cm}^2$  y un diámetro de 20mm por 3mm de espesor.



## Estimación de la resistividad

Para determinar la resistividad se aplicó una capa de una mezcla de plata, acetona y esmalte en proporciones de **1:2:3** respectivamente y así poder unir los alambres de cobre a la pastilla.





*Segunda fase: Construcción de la celda DSSC de perovskita.*

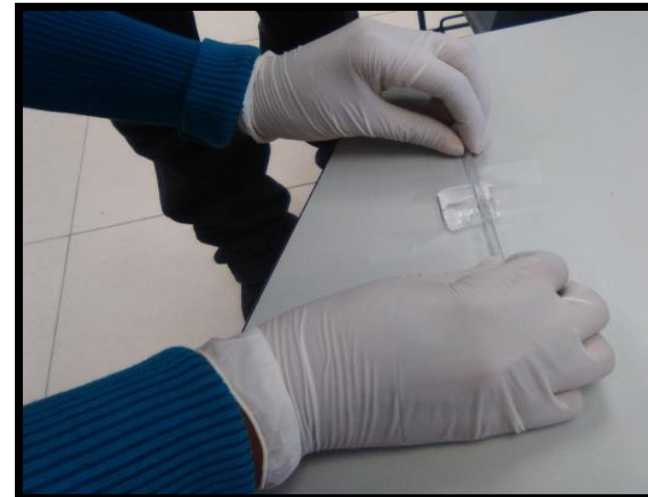
### **Preparación de la mezcla de Perovskita**

Se pesó la cantidad de perovskita en polvo de 6gr, a éste polvo se agregó 10 ml de vinagre blanco, después se agregó 1 gota de surfactante (jabón líquido) disuelto en 1ml de agua.



### **Deposición de la película de perovskita**

Una gota de la mezcla en el centro del vidrio sujetado con la cinta, usando un tubo de vidrio rotándolo sucesivamente hasta lograr la dispersión homogénea.



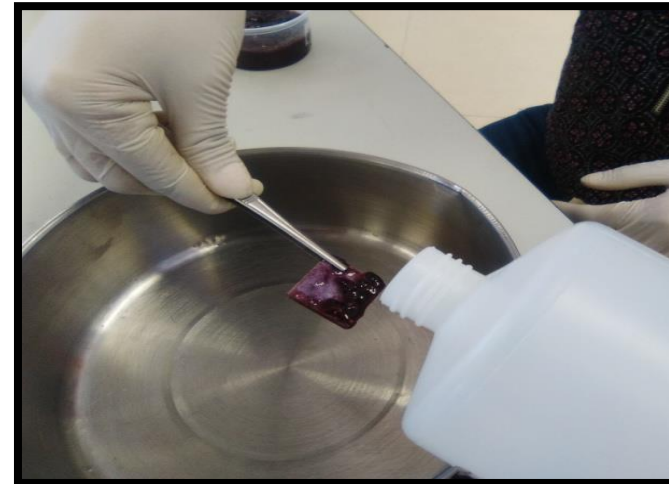
### **Adherencia de la perovskita al vidrio**

Tratamiento térmico en horno eléctrico durante 30 min a 450 ° C.



### **Deposición del tinte**

Se colocó el vidrio depositado con la perovskita dentro del jugo de zarzamoras sumergiéndolo completamente



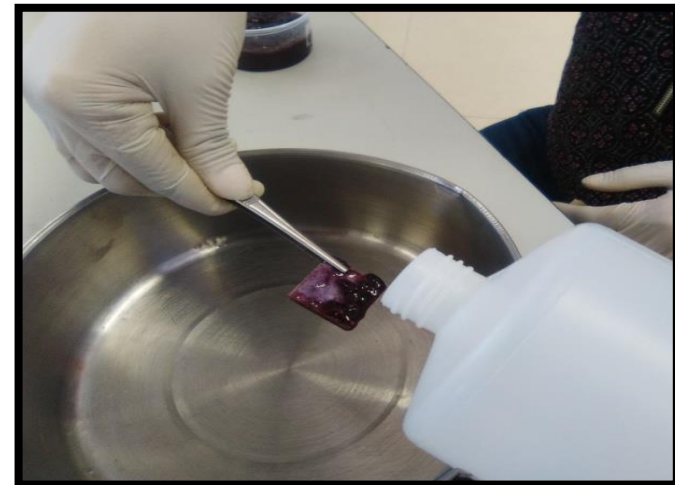
### **Adherencia de la perovskita al vidrio**

Tratamiento térmico en horno eléctrico durante 30 min a 450 ° C.



### **Deposición del tinte**

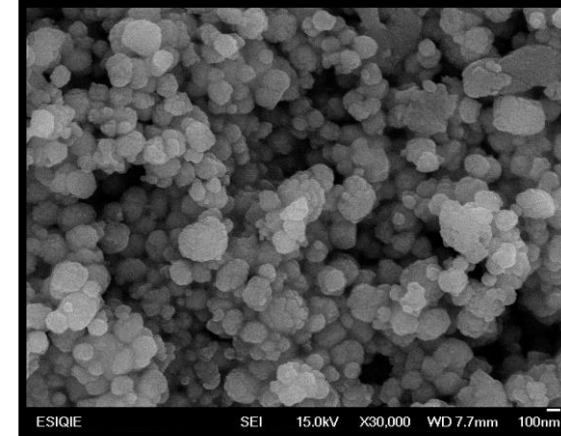
Se colocó el vidrio depositado con la perovskita dentro del jugo de zarzamoras sumergiéndolo completamente



## Microscopía electrónica de barrido (MEB) 30mil X

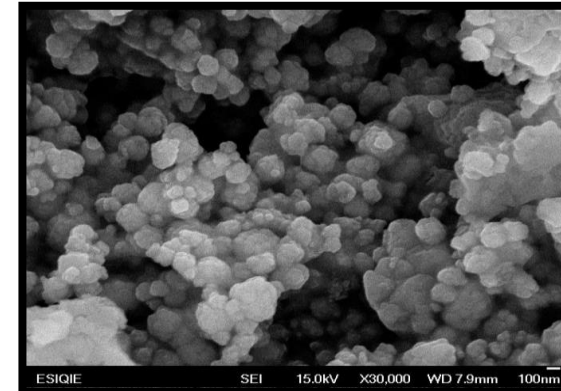
### Tratamiento a 800° C

El tamaño de las partículas es de 100 nm, la distribución de las partículas no es tan homogénea y no hay tanto contacto entre ellas además de ser redondeadas debido al método de molienda.



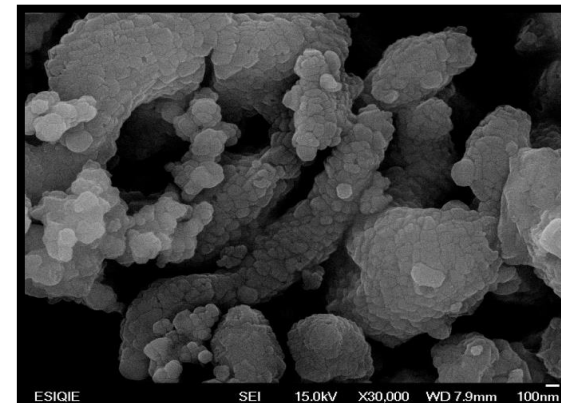
### Tratamiento a 900° C

La distribución y contacto de las partículas va creciendo poco a poco entre ellas. Esta situación es debida al incremento en la temperatura de tratamiento, que provoca que haya mayor difusión de átomos entre las partículas. A pesar del ligero incremento en tamaño de las partículas se sigue observando la forma redondeada de las mismas.



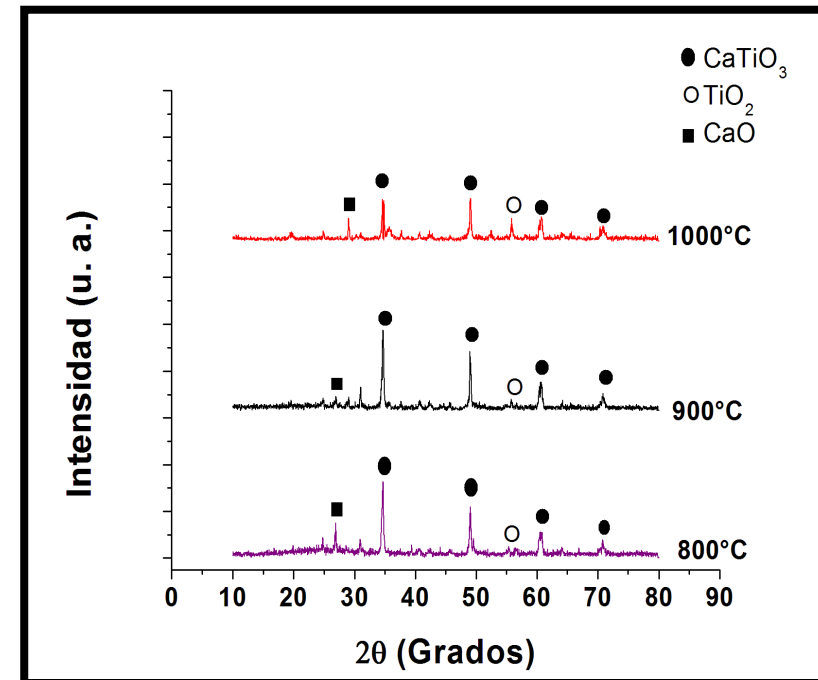
### Tratamiento a 1000° C

En éstas últimas, las imágenes revelan una morfología de granos alargados en algunas zonas. La microestructura exhibe una aparente tendencia a incrementar el tamaño de grano a medida que la temperatura de tratamiento aumenta en el sistema. Estos cambios en la morfología y tamaño de las partículas se pueden deber al avance de la reacción de formación de la perovskita deseada..



Los picos de DRX de más intensidad pertenecen a la perovskita titanato de calcio ( $\text{CaTiO}_3$ ) mientras que los picos de intensidad menor corresponden al  $\text{TiO}_2$  y  $\text{CaO}$ , las cuales son fases precursoras como se muestra en la Figura. De estos patrones se observa que conforme aumenta la temperatura a la cual se sometieron los polvos precursores el avance de la reacción química para la formación de la perovskita es mayor.

Estos resultados son concordantes con el cálculo termodinámico.

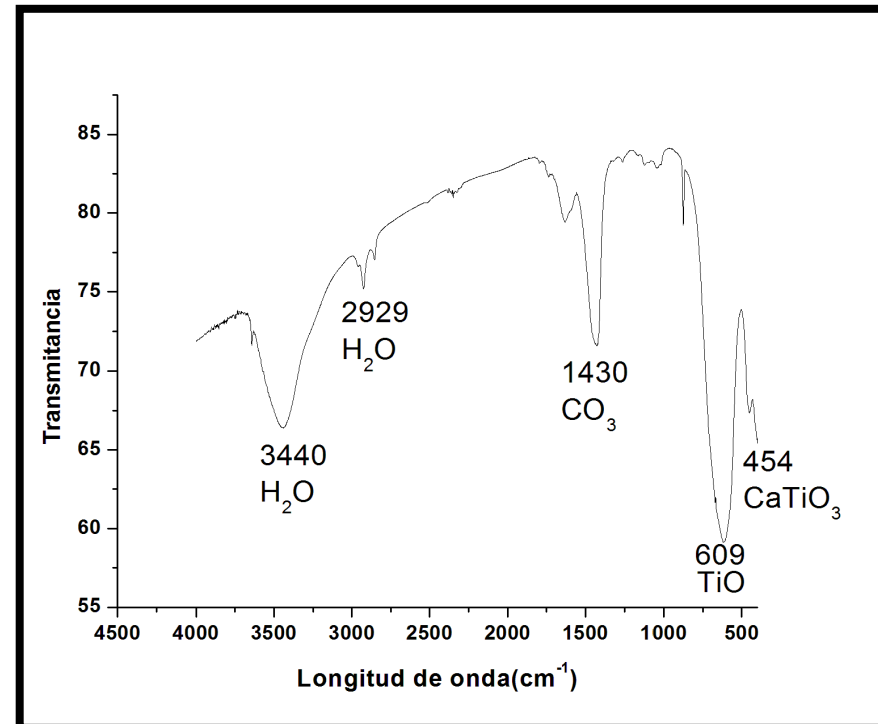


# Espectrometría de infrarrojo (FTIR)

Las bandas  $3440\text{ cm}^{-1}$  y  $2929\text{ cm}^{-1}$  pertenecen a agua debido a que comprende un ancho intervalo en torno a  $3500\text{ cm}^{-1}$  hasta aproximadamente  $1650\text{ cm}^{-1}$   $1430\text{ cm}^{-1}$

La banda de  $1430\text{ cm}^{-1}$  corresponde a un complejo de carbonato. La principal característica de este espectro es la banda intensa entre  $558$  y  $685\text{ cm}^{-1}$  que se pueden asociar a las vibraciones del TiO.

Por otro lado, en el espectro de la muestra se observa una banda intensa centrada entre  $330\text{ cm}^{-1}$   $576\text{ cm}^{-1}$  que es característica del  $\text{CaTiO}_3$

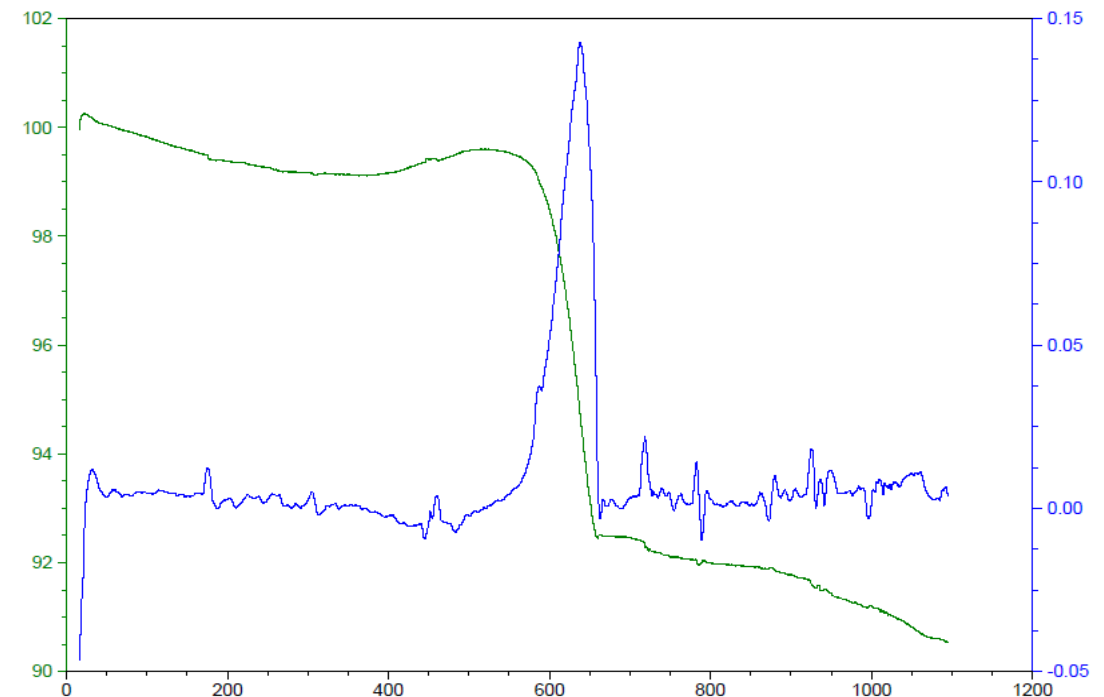


# Análisis termogravimétrico y termodiferencial (ATG/ATD)

A los 580° C aproximadamente se observa una pérdida drástica de peso y es hasta los 1080° C que deja de perder peso (curva color verde)

Se observa un pico fuertemente exotérmico entre los 570° C y los 650° C (curva color azul) lo que indica que hay una liberación de calor cuando ocurre la reacción debido a la descomposición de  $\text{CaCO}_3$  y la liberación de  $\text{CO}_2$ , lo cual concuerda con el análisis termogravimétrico

Se observa un pico fuertemente exotérmico entre los 570° C y los 650° C lo que indica que hay una liberación de calor cuando ocurre la reacción.





# Conclusiones

- ✓ Materiales cerámicos (Titanato de calcio) con la estructura de perovskita fueron producidos por reacción en estado sólido a  $1000^{\circ}\text{C}$  a partir de la mezcla de polvos de  $\text{TiO}_2$  y  $\text{CaCO}_3$ .
- ✓ El estudio termodinámico indica que la temperatura para la obtención de cerámicos  $\text{CaTiO}_3$  debe ser mayor a los  $850^{\circ}\text{C}$ , lo cual se corrobora con los estudios ATG, ATD y con los análisis de DRX.
- ✓ Los análisis de DRX indican que el  $\text{CaTiO}_3$  efectivamente tiene la estructura de la perovskita. Sin embargo, la morfología de la misma, estudiada por microscopía electrónica de barrido (MEB) indica un crecimiento en forma alargada lo que probablemente impide la deposición adecuada para uso fotovoltaico.
- ✓ Del estudio FTIR se llegó a la conclusión de que la perovskita empleada absorbe en un amplio rango de longitudes de onda que la convierte en un buen sensibilizador.

- ✓ De acuerdo con el análisis de distribución de tamaño de partículas, el 50% de las partículas con el que se trabajó fue de 1-20 micras.
- ✓ Los tamaños de partículas más grandes podrían ser aglomerados. Se puede concluir que entre más contacto exista entre las partículas, mejor ocurrirá la reacción.
- ✓ La celda DSSC construida registra valores de eficiencia muy por debajo del 15% comparada con valores registrados en celdas de este tipo a base de otras perovskitas. Esto podría atribuirse a la poca estabilidad de la celda con el electrolito líquido.
- ✓ De lo planteado en la hipótesis, se concluye que la perovskita presenta buenas características semiconductoras pues está dentro de los rangos aceptables para materiales cerámicos. Sin embargo el método de deposición podría no ser el adecuado para su uso fotovoltaico.
- ✓ De lo planteado en el objetivo general, se puede decir, que se cumplió con el mismo a nivel académico y experimental.

¿Qué?

Identificar las competencias tecnológicas en la formación del ingeniero industrial en el Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria necesarias para el ambiente laboral en la región norte de Tamaulipas.

Operatividad

Modelo cualitativo, Investigación no experimental, transversal, utilizando herramientas cualitativas en un estudio de caso. Se inicia de manera exploratoria y posteriormente pretende ser interpretativa.

¿Dónde?

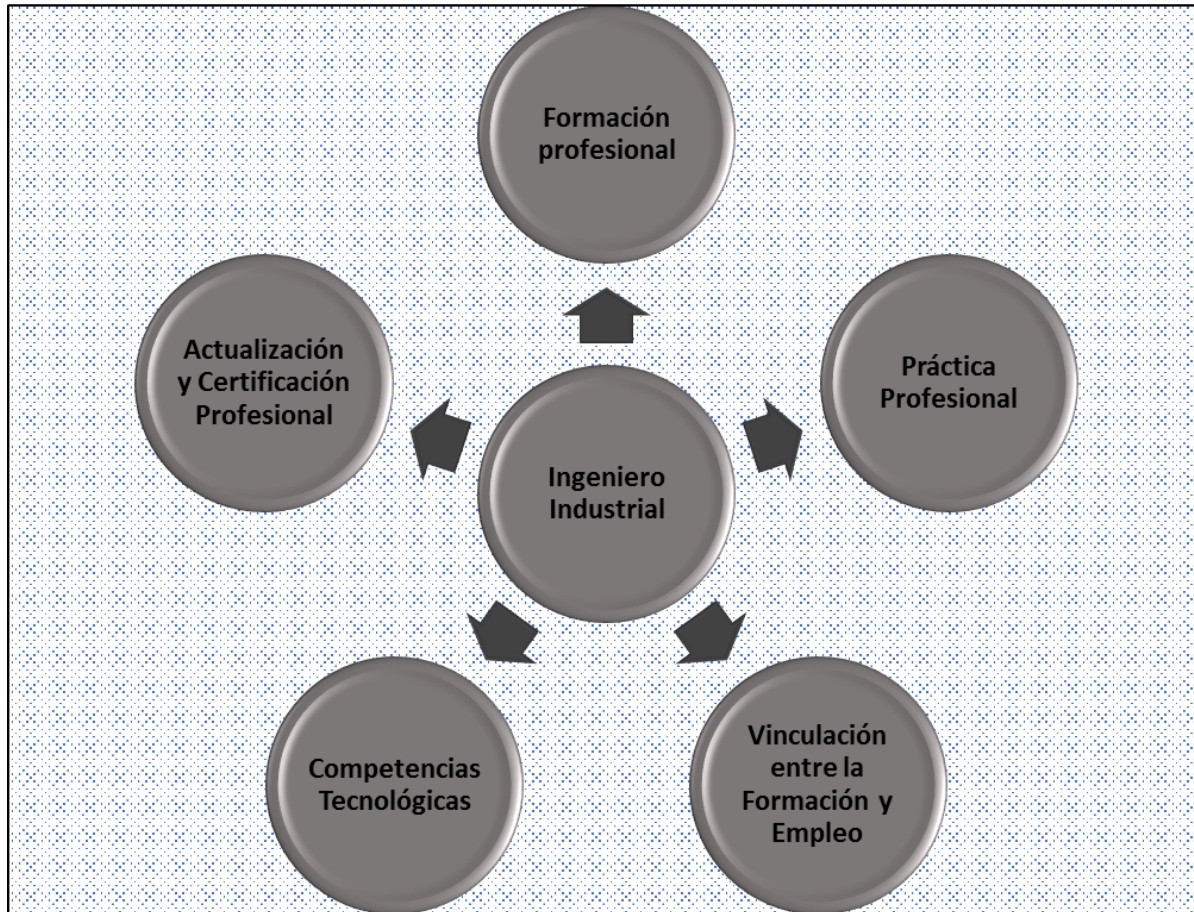
Empresas del sector productivo de la región Tamaulipeca.  
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

Motivación

Analizar el impacto que genera el hecho de contar o no con las competencias tecnológicas adecuadas en el sector laboral por parte de los ingenieros egresados del ITCV.

| <b>Caracterizar la investigación</b> |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Modelo de investigación:             | Cualitativo                        |
| Enfoque:                             | Desde la teoría del capital humano |
| Tipo de investigación                | Exploratorio interpretativo        |
| Método                               | Estudio de caso                    |
| Técnica:                             | Entrevista en profundidad          |
| Instrumento                          | Una guía de entrevista             |

# Categorías analizadas



A) formación profesional

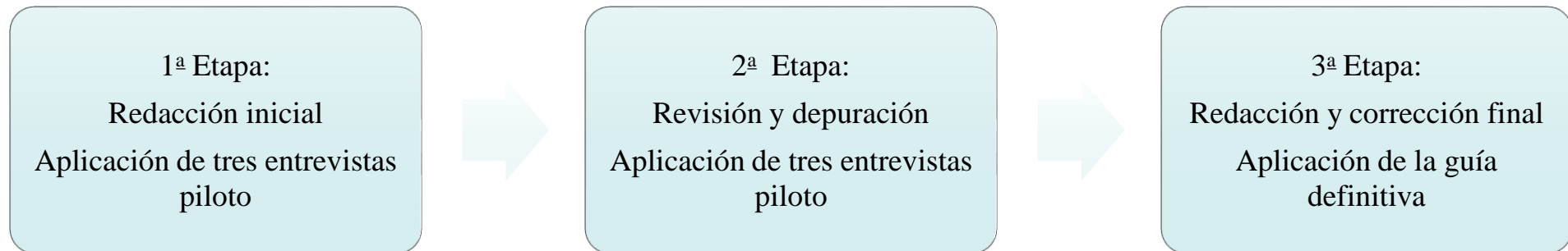
B) práctica profesional

C) vinculación entre la educación y el empleo

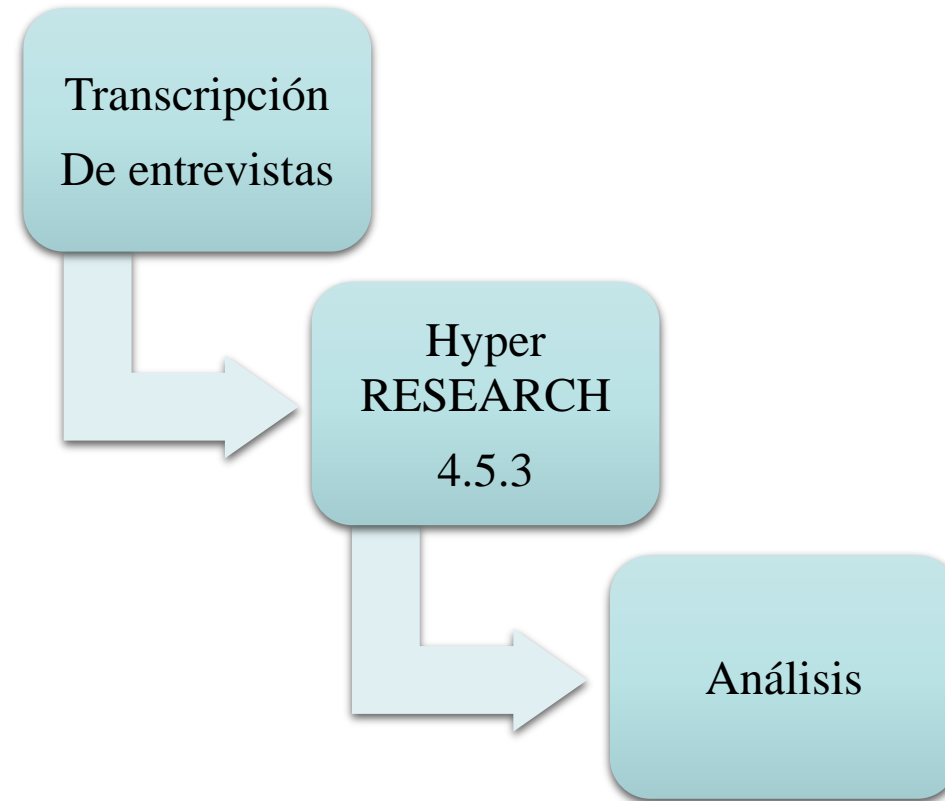
D) competencias tecnológicas

E) actualización y certificación

- Ingenieros industriales titulados
- Insertados en el campo laboral
- Antigüedad de 5 años mínimo de experiencia profesional
- Reconocimiento profesional y académico



# Metodología



# Resultados

| Dimensión/categoría                        | Indicadores                                     | Código/indicador | Total de respuestas por código | Total de respuestas por categoría |
|--|---|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Formación profesional                      | Ingreso   | Ing              | 21                             | 171                               |
|  | Plan de estudios                                | PEst             | 90                             |                                   |
|  | Motivación                                      | Mot              | 38                             |                                   |
|  | Modalidad (virtual, a distancia o presencial)   | Mod              | 22                             |                                   |
| Práctica profesional                       | Antigüedad                                      | Ant              | 33                             | 90                                |
|  | Ubicación laboral                               | UbLab            | 9                              |                                   |
|  | Condiciones laborales                           | ConLab           | 2                              |                                   |
|  | Actividades                                     | Act              | 19                             |                                   |
| Vinculación entre la educación y el empleo | Uso de herramientas tecnológicas                | UHT              | 27                             | 106                               |
|  | Relación entre formación y práctica profesional | RelFPP           | 88                             |                                   |
|  | Manejo de competencias                          | ManComp          | 10                             |                                   |
|  | Residencia profesional                          | ResP             | 8                              |                                   |
| Competencias tecnológicas                  | Percepción de competencia tecnológica           | Pcomptec         | 43                             | 114                               |
|  | Desarrollo de competencias tecnológicas         | Dcomptec         | 42                             |                                   |
|  | Cursos y seminarios                             | CySem            | 3                              |                                   |
|  | Proyección futura                               | ProyF            | 26                             |                                   |
| Actualización y certificación              | Nivel de estudios                               | Nest             | 12                             | 50                                |
|  | Actualización                                   | Actz             | 38                             |                                   |



# Formación Profesional

Mediante la codificación se hizo posible el agrupamiento de éstos cuatro apartados mostrados en la tabla de arriba y diferentes de las respuestas más frecuentes, lo que permitió identificar que la mayoría de los entrevistados relacionan sus experiencias formativas con los planes de estudio (PEst) de manera más frecuente y positiva (52.63%), pues ven a éstos como un recurso que se adapta a sus estilos de vida:

*“El plan de estudios era flexible ya que uno podía elegir las materias y hacer el horario conforme a uno le convenía ya sea adelantando materias o llevar otros cursos aparte para poder ir adelantando y poder terminar ya sea en tiempo y forma o incluso terminar antes que otros”*

# Práctica Profesional

Un 36.66% del total, donde la mayoría respondieron que tienen por lo menos 5 años de ocupar el puesto actual, dato que ayuda a corroborar que por sus experiencias como ingenieros en el campo son personas que se definen a sí mismas como experimentadas, y que han construido una visión de la profesión como una muy importante que impacta en aspectos tales como la economía no sólo de sus regiones sino del país entero y también en la sociedad al reconocerla como parte fundamental e integral del ser humano para el desenvolvimiento en sociedad como individuos productivos. Esto reafirma lo dicho por Kumar et al, (2009) al plantear el papel gremial del ingeniero industrial en un lugar importante para el desarrollo económico.

# Vinculación entre la Formación y Empleo

Del total de respuestas, 88 que representa un 83.01% del total, se vinculan directamente con el tema de la relación entre formación y práctica profesional (RelFPP). Al preguntarles si consideraban que su formación profesional tuvo relación con las necesidades del entorno hubo respuestas como la siguiente:

*(Ing DR): “sí claro que tiene relación la formación que tuve con las necesidades del entorno porque todas las materias iban enfocadas a lo que era la industria, al desarrollo de la profesión como tal entonces pues por supuesto que había mucha relación con eso porque nos preparan para ser ingenieros industriales, ¿no?”*

# Competencias Tecnológicas

Cuando se les cuestionó a los ingenieros si conocían lo que es una competencia (Pcomptec) la mayoría (43), que representa el 37.7 % del total, refieren que es un tipo de atributo con el que se cuenta para desempeñar una actividad a modo de dominarla y hacerlo de la mejor manera:

*(Ing MC): “pues bueno como su nombre lo dice, ¿no?, es ser competente ¿no? y estar apto para realizar aquellas actividades que te encomienden y realizarlo de buena manera”*

## Actualización y Certificación

Para el tema de la Actualización (Actz) se tuvieron 38 respuestas representando el 76% del total, casi todos los ingenieros reconocen la importancia de mantenerse actualizados en temas de ingeniería porque saben que es un ambiente muy dinámico en donde interviene un sinfín de nuevos productos y de diferentes tecnologías quedando evidenciado en respuestas como la siguiente:

*(Ing EC): “si, las actualizaciones son una parte muy importante ya como profesionales o profesionistas ya desempeñando nuestras labores es primordial que nos mantengamos actualizados sobre todo en este ámbito de la industria porque los procesos y la tecnología cada vez van avanzando mucho como ya te lo he mencionado aquí en este campo en la industria es donde se dan constantemente estos avances tecnológicos. Por lo cual nosotros debemos estar a la par de estos cambios tecnológicos mediante las actualizaciones”*

# Conclusiones

Con respecto a las competencias tecnológicas de carácter específico que debe tener un egresado del ITCV

- ✓ Uso y manejo en Sistemas CAD/CAM
- ✓ Programación en CNC
- ✓ Manejo de AutoCAD
- ✓ Manejo de computadora

Con respecto a las competencias tecnológicas que demanda el sector manufacturero

- ✓ Manejo de Sistemas ERP-SAP
- ✓ Manejo de SolidWorks
- ✓ Interfaces hombre-máquina

# Referencias

- Baca, G., Cruz, M., Cristóbal, M., Baca, G., Gutiérrez, J., Pacheco, A., ... & Rivera, I. (2014). Introducción a la ingeniería industrial. *México: Patria*, 271.
- Gallo, I. M. (2004). *Vías romanas: ingeniería y técnica constructiva*. Isaac Moreno Gallo.
- Deane, P., & Solé-Tura, J. (1977). *La primera revolución industrial*. Península.
- Engels, F., & Díaz, L. (1976). *La situación de la clase obrera en Inglaterra* (Vol. 29). Madrid: Akal.
- Meza, J. L. R., & Rodríguez, C. J. V. (2018). HISTORIA DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL. *Enfoques, Teorías y Perspectivas de la Ingeniería de la Industrial y sus Programas Académicos*, 9.
- Locke, E. A. (1982). The ideas of Frederick W. Taylor: an evaluation. *Academy of management review*, 7(1), 14-24.
- Ferrell, M. (2008). Historia, desarrollo y alcance de la Ingeniería Industrial. En W. Hodson, *Manual del Ingeniero Industrial, Cuarta Edición. Tomo I* (págs. 19 - 27). Pittsburgh: Mc. Graw Hill.
- Real Academia de la Lengua Española [RAE]. (2017). *Diccionario de la lengua española*. Madrid: Espasa Calpe.
- So, C. Y. K. (1995). *Mapping the intellectual landscape of communication studies: An evaluation of its disciplinary status*. University of Pennsylvania. Recuperado de <https://repository.upenn.edu/dissertations/AAI9615129/>
- Giget, M. (1997). Technology, innovation and strategy: recent developments. *Internacional Journal of Technology Management*, 14, 613-634. <https://doi.org/10.1504/IJTM.1997.002583>
- Carnoy, M. (2006). *Economía de la educación* (Vol. 72). Editorial UOC.
- Herrera, R. (1990). Tecnología y sociedad. *Revista de filosofía de la Universidad de Costa Rica*, 63-64.
- Rodríguez, N., & Feliú, P. (1996). Curso básico de psicometría. *Escuela de Psicología, Universidad Central de Venezuela. Caracas*.





**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BIMES is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/booklets](http://www.ecorfan.org/booklets))