

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Código:	CIMA-020313
Centro de Investigación:	CENTRO DE INVESTIGACION EN MODELAMIENTO AMBIENTAL
Programa:	Caracterización multivariada en la gestión de AP
Título del Proyecto:	Estudio y construcción de celdas solares tipo Grätzel con pigmentos naturales extraídos en el Ecuador
Grupo de Investigación:	Estudio del tiempo y clima
Area de Conocimiento:	Ciencias de la Vida
Línea de Investigación:	Estudio del tiempo y clima
Tipo de Investigación:	Básica Desarrollo
Campo :	Tecnologías
Investigador Principal :	MARIA CRISTINA CALERO ARMAS
Proyectos Vinculados :	
Duración del Proyecto :	12 Meses
Localización del Proyecto :	Universidad Politécnica Salesiana, campus Sur y Escuela Politécnica Nacional. Quito - Ecuador
Fecha de ingreso :	02/10/2013 17:22

2. ANTECEDENTES

Actualmente, tanto a escala mundial como regional una de las prioridades es trabajar en energías alternativas a los derivados de petróleo. Una de las opciones más atractivas, es el uso de la energía solar. Esto ya es una realidad en muchos lugares a través de los diferentes tipos de celdas solares existentes (celdas de silicio, celdas de película fina, etc), pero el inconveniente es que todavía los costos de las mismas son elevados y sus eficiencias en comparación a las tradicionales bajas y debido a los subsidios a las otras fuentes de energía poco competitivas en precio para nuestro medio [1-4].

Además, las celdas solares de silicio, que son las más difundidas están llegando a su límite de eficiencia teórico y aunque los precios han bajado significativamente aún son altos como para poder ser una alternativa muy utilizada. Frente a esta realidad, una de las soluciones que se están proponiendo en diferentes partes del mundo son las celdas solares tipo Grätzel o DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) [1], celdas sensibilizadas con pigmentos que son de cuarta generación (1), las cuales fueron expuestas por primera vez en el 2001 y básicamente son totalmente diferentes a las existentes ya que son las primeras celdas híbridas; es decir poseen una parte orgánica que es el pigmento y una parte inorgánica. La fabricación de estas no está asociada a una alta tecnología y los materiales son de costos razonables por lo cual pueden constituir una alternativa viable en Ecuador. Sin embargo se podría optimizar más los beneficios si en vez de utilizar pigmentos sintéticos (pigmento en base a Rutenio) se buscaría utilizar otros pigmentos [2, 7]

En el presente proyecto se pretende realizar un estudio sobre las celdas de Grätzel, así como su construcción ensayando con pigmentos naturales extraídos de plantas locales del Ecuador, esto servirá para caracterizar el funcionamiento de las mismas lo cual es el comienzo para adaptar esta tecnología a las condiciones de nuestro país. Sin embargo no partirá de cero, la extracción de los pigmentos a utilizarse en la elaboración de las celdas solares tipo Grätzel lo ha realizado ya el investigador/ asesor del proyecto, el cual es experto en esta área [2].

3. JUSTIFICACIÓN

El consumo global de energía está constantemente incrementándose en todos los países. Se prevé una escasez de fuentes de energía si no se encuentran formas de reemplazar la energía producida al quemar combustibles fósiles. La cantidad de energía que llega cada año en forma de radiación solar es alrededor de 10000 veces nuestro consumo actual por tanto se calcula que si pudiéramos cubrir solo el 0.1% de la superficie del planeta con celdas solares de una eficiencia del 10% podríamos satisfacer nuestro consumo energético actual. El Ecuador por su posición geográfica tiene muchas regiones donde la conversión de energía solar en energía aprovechable sería de importancia estratégica para el país [5].

El principio por el que funciona una celda solar tiene una relación directa con los métodos que se utilizaban para incrementar la sensibilidad a regiones particulares de la luz visible en fotografía; fenómeno observado a finales del siglo XIX. En la fotografía lo que sucedía es que la luz se ponía en contacto con una superficie que contenía granos de yoduro de plata y eso ocasionaba que las sales de plata contenidas en el film sufrieran una reacción denominada de oxidoreducción, formando plata cero. Es decir que la luz ocasionó a la final un movimiento de electrones. Sin embargo, las fotografías en un principio no tenían buena sensibilidad a todos los rangos de luz, y para mejorar la sensibilidad se utilizaron pigmentos. Este mismo fin se persigue en las celdas solares de Grätzel, poder utilizar todo el espectro de luz visible y convertirlo en movimiento de electrones. Este proceso se denomina sensibilización fotoelectroquímica con pigmentos [3].

El problema técnico actual se resume básicamente a lo siguiente: los materiales que pueden transformar la luz en una corriente de electrones de forma eficiente y estable solo absorben luz en un rango muy pequeño del espectro y por tanto desperdician el potencial de la luz solar dando lugar a bajas eficiencias. Sin embargo se ha observado que si la luz en lugar de ser absorbida directamente por el material es absorbida primero por un pigmento, se genera un sistema que puede con relativa eficiencia convertir la luz solar últimamente en una corriente eléctrica. Por lo que si se encuentran los pigmentos adecuados y se maximiza la interacción pigmento con el material del electrodo (ej. Óxido de titanio) podemos bajar los costos y aumentar la eficiencia de los dispositivos y hacer más viable el uso de la energía solar como una fuente no contaminante y de bajo costo.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

La propuesta del proyecto es construir celdas solares tipo Grätzel utilizando pigmentos naturales extraídos de plantas que crecen en Ecuador que presentan un buen potencial para este tipo de celdas y realizar un

estudio comparativo en términos de componentes y desempeño con la estándar que es ensamblada en base a pigmentos sintéticos y establecer las bases para adaptar esta nueva tecnología a las condiciones de nuestro medio.

4.2 Objetivos Especificos

- 1 Realizar una revisión bibliográfica sobre celdas solares y celdas tipo Grätzel.
- 2 Construir celdas tipo Grätzel con pigmento estándar (pigmento de Rutenio).
- 3 Ensayar fabricación de celdas con pigmentos naturales extraídos de plantas en el Ecuador.
- 4 Realizar un estudio comparativo tomando en cuenta componentes y desempeño de las celdas fabricadas.
- 5 Reportar los resultados finales obtenidos de la investigación y las opciones de continuidad del proyecto.

5. ESTADO DEL ARTE

El efecto fotovoltaico fue observado inicialmente por el físico francés Alexander Edmond Becquerel en 1889. En 1902 Philipp von Lenard realizó observaciones del efecto fotoeléctrico en las que se ponía de manifiesto la variación de energía de los electrones con la frecuencia de la luz incidente. En 1905 Albert Einstein propuso una descripción matemática de este fenómeno que parecía funcionar correctamente y en la que la emisión de electrones era producida por la absorción de cuantos de luz que más tarde serían llamados fotones. Por esta explicación del efecto fotoeléctrico Einstein recibiría el Premio Nobel de Física en 1921. Pero mucho antes, en 1884 Charles Fritts, ya había aplicado este efecto para generar electricidad mediante un semiconductor, (selenio) y una finísima capa de oro, construyendo así la primera célula solar funcional, aunque su rendimiento era solo del 1%.

Posteriormente Russell Ohl, ingeniero americano, fue reconocido por patentar lo que sería la célula solar moderna (1946) gracias a su descubrimiento de la barrera PN (Unión P-N: unión metalúrgica de dos cristales, uno con exceso de electrones, N, y otro con defecto o huecos de electrones, P) que permitió obtener células con eficiencias por encima del 5%. Ya en 1954 llega la edad moderna de las células solares, y su primera generación, cuando los laboratorios Bell incrementaron la sensibilidad de los semiconductores (silicio) mediante dopado, de forma accidental. Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial con una conversión de la energía solar de, aproximadamente, el 6%. [5-6]

La URSS lanzó su primer satélite espacial en el año 1957, y los EEUU un año después. En el diseño de este se usaron células solares creadas por Peter Iles en un esfuerzo encabezado por la compañía Hoffman Electronics. La potencial utilización de la radiación solar en el campo de la tecnología espacial, hace de la investigación y desarrollo de las células solares un campo de gran interés.

El dopaje accidental de germanio (Ge) con GaAs como capa amortiguadora creó circuitos de voltaje abiertos, demostrando el potencial del uso de los sustratos de germanio. Una celda de uniones simples de GaAs llegó al 19% de eficiencia en 1993. ASEC desarrolló la primera celda de doble unión para las naves espaciales usadas en los EEUU, con una eficiencia de un 20% aproximadamente. Estas celdas no usan el germanio como segunda celda, pero usan una celda basada en GaAs con diferentes tipos de dopaje. De manera excepcional, las células de doble unión de GaAs pueden llegar a producir eficiencias del orden del 22%. Las uniones triples comienzan con eficiencias del orden del 24% en el 2000, 26% en el 2002, 28% en el 2005, y han llegado, de manera corriente al 30% en el 2007.

La segunda generación de materiales fotovoltaicos se basa en el uso de depósitos epitaxiales muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores. Hay dos clases de células fotovoltaicas epitaxiales: las espaciales y las terrestres. Las células espaciales, usualmente, tienen eficiencias más altas (28-30%), pero tienen un costo por vatio más alto. En las terrestres la película delgada se ha desarrollado usando procesos de bajo costo, pero tienen una eficiencia (7-9%), más baja, y, por razones evidentes, se cuestionan para aplicaciones espaciales.

La tercera generación de células fotovoltaicas que se están proponiendo en la actualidad (2007) son muy diferentes de los dispositivos semiconductores de las generaciones anteriores, ya que realmente no presentan la tradicional unión p-n para separar los portadores de carga foto generados. Para aplicaciones espaciales, se están estudiando dispositivos de huecos cuánticos (puntos cuánticos, cuerdas cuánticas, etc.) y dispositivos que incorporan nanotubos de carbono, con un potencial de más del 45% de eficiencia.

Finalmente la cuarta generación de celdas solares para aplicaciones terrestres incluyen células foto electroquímicas, células solares de polímeros, células solares de nanocristales y células solares sensibilizadas con pigmento. En general las eficiencias de todas estas oscilan entre el 7 y 15 % pero todas constituyen

focos de investigaciones actuales ya que sus eficiencias teóricas pasan el 70% y no están limitadas como las de Silicio a un 40% y que en la actualidad ya se está obteniendo celdas de Si con su límite teórico.

En 1991, Michael Graetzel, y Brian O'Regan inventaron la célula solar de Sensibilizada con colorante basando por primera vez su funcionamiento en un mecanismo similar al de la fotosíntesis. Inicialmente estas células solo eran capaces de absorber en la región ultravioleta y azul del espectro. A principios de este siglo se consiguió ampliar el rango de longitudes de onda a las que la celda respondía. A lo largo de estos años estas células han ido incrementando su eficiencia, a la vez que han ido ganando importancia en el panorama internacional debido a sus características de *low cost* ya que el coste neto de los materiales utilizados es inferior a las convencionales amenazándolas con su *cost per watt* y otras

propiedades como son la flexibilidad, transparencia, etc., posicionándolas como un competidor de los paneles solares de silicio. Aun en fase de desarrollo, ya hay diversas empresas que se dedican íntegramente a procesarlas o a la fabricación de componentes de las mismas. [1-3]

Las celdas solares sensibilizadas (DSSC) están construidas con un electrodo de vidrio conductor transparente cubierto por una película nanocrystalina de TiO₂ (nc-TiO₂), moléculas de tinte o sensibilizador (S) inmovilizadas en la superficie del nc-TiO₂, un electrolito que contiene un par redox como el I⁻/I₃⁻ y un catalizador (típicamente PtOx) confinado al contra-electrodo. Bajo iluminación con luz visible, la celda produce potencia eléctrica a través de un circuito conductor externo.

Las DSSC exhiben ciclos de trabajo regenerativo (Figura 1). Cada fotón que llega al dispositivo es absorbido por una molécula de tinte previamente confinada a la superficie semiconductor de forma que un electrón del estado basal molecular S es promovido al estado molecular excitado S* (1). El electrón excitado es inyectado a la banda de conducción de las partículas de TiO₂ dejando a la molécula de tinte en su estado oxidado S⁺ (2). El electrón inyectado percola a través de la estructura nanoestructurada del semiconductor para alcanzar la superficie del electrodo ópticamente transparente (fotoánodo) y finalmente pasar por la resistencia existente en el circuito externo hasta llegar al contra-electrodo (cátodo) (3 y 4). Una vez allí, el electrón es transferido al ion I₃⁻ del electrolito para producir ion I⁻ (5), y el ciclo es cerrado por reducción del estado oxidado del tinte gracias a la acción del ion yoduro presente en el electrolito (6).

Figura 1. Esquema de funcionamiento de una celda solar DSSC o tipo Grätzel.

COMPONENTES

Dye (pigmento o colorante)

Cuando una molécula absorbe ciertas longitudes de onda de la luz visible y transmite o refleja otras, la molécula tiene color. El cromóforo es la región de la molécula, donde la diferencia de energía entre dos orbitales moleculares cae en el rango del espectro visible. En las moléculas biológicas esto sirve para capturar o detectar energía lumínica, causando un cambio conformacional en la molécula excitada por la luz (como ocurre en las células sensibles a la luz presentes en el ojo) o bien provocando una cadena de reacciones como en la fotosíntesis.

El pigmento, o dye del inglés son las moléculas orgánicas cuya función es captar los fotones incidentes y convertirlos en electrones. Normalmente son compuestos hetero-orgánicos complejos, formados por varios grupos funcionales diversos, como compuestos cíclicos aromáticos que presenten resonancia, deslocalización de carga, y un heteroátomo tipo metal de transición como pueden ser el Rutenio, Rodio, Magnesio, etc.

Actualmente, han sido desarrollados una serie de complejos de Ru(II) con adecuada estabilidad química, para el funcionamiento de celdas DSSCs, que han mostrado eficiencias elevadas de conversión de energía (~10%). Sin embargo, la limitada abundancia de Ru en la tierra hace no viable la utilización de este tipo de complejos en aplicaciones reales de gran magnitud. En este marco, el desarrollo de nuevos materiales orgánicos con capacidad para reemplazar los complejos derivados de Ru es de gran importancia (8).

Óxido de Titanio (IV) nanoestructurado

El óxido de titanio es el receptor de la carga electrónica generada por el dye, este por sí solo absorbería una fracción muy reducida de la luz solar, por lo que se ayuda del dye a modo de escalón para captar una fracción mayor de fotones.

Esta transferencia de electrón/electrón entre el TiO₂ y el dye es un fenómeno superficial, por lo que se aumenta la superficie activa de este para incrementar su rendimiento mediante la nanoestructuración, de forma general se usa TiO₂ esponjoso aunque bajo los nuevos descubrimientos de la nano química se están comenzando a utilizar nanotubos de TiO₂ por las perspectivas de futuro que presentan.

Cristal-FTO

El TiO₂ se deposita sobre un cristal que hará de soporte de la célula solar, el cual está recubierto por una capa fina de FTO que se encarga de recibir la carga del titanio como parte del sistema de conducción de la carga eléctrica. El FTO, *Fluorine doped Tin Oxide* es decir, Óxido de estaño dopado con Flúor, es un óxido

conductor transparente que se utiliza en el ensamblado de estos dispositivos, ya que a la vez que conduce la electricidad, no impide prácticamente la absorción de luz de la célula solar.

Contraelectrodo

El contraelectrodo es el encargado de descargar los electrones en el electrolito, este esta hecho también, como el electrodo, de un cristal con un oxido conductor el cual es necesario para conectar el electrolito con el borne de estaño. También se suele añadir entre el electrolito y el oxido conductor una capa de un catalizador que facilite movimiento de electrones.

Electrolito

El electrodo y el contra electrodo están unidos mediante un electrolito de I-/I₃ el cual es el encargado de recibir los electrones y depositarlos en el dye, para cerrar el ciclo, mediante una reacción redox. El movimiento de los iones del electrolito ocurre mediante difusión y también por el mecanismo de Grotthius lo que le da la propiedad a este de tener suficiente movilidad iónica para que no sea un paso limitante en la corriente. Este electrolito se prepara a partir de una sal de yoduro y yodo en algún solvente orgánico como el 2-metoxi-propionitrilo y algún componente que permita reducir la volatilidad del sistema como el MBI (1-metilbenzimidazol) o el NMBI (N-metilbenzimidazol).

El principal inconveniente de este electrolito es su alta volatilidad y su inestabilidad frente al y el oxígeno lo que obliga a tener que efectuar un sellado muy bueno para mantener estable a la célula solar y otorgarle a esta una vida útil adecuada.

A continuación se muestra un esquema del armado de una celda solar que funciona bajo el mecanismo de sensibilización espectral. Las celdas constan de un contacto eléctrico base, para lo cual se utiliza un electrodo conductor ópticamente transparente de oxido de estaño dopado con fluor (Fluorin Tin Oxide, FTO) sobre vidrio, sobre el cual se deposita una película de oxido de titanio nanoestructurado. El colorante se adsorbe sobre el oxido por inmersión en una solución adecuada. La celda se completa por un contra-electrodo de FTO platinizado sobre el cual se han practicado dos orificios por los cuales se introduce el electrolito. Ambos electrodos están separados por un espaciador termofusionable que cumple a la vez las funciones de espaciador y sellador de la celda, como se muestra en el Esquema 1.

6. METODOLOGÍA

¿ Recopilación y lectura de bibliografía especializada.

¿ Adquisición de materia prima y equipos necesaria para la construcción de las celdas.

Metodología de la construcción de las celdas solares DSSCs

¿ Limpieza y corte de vidrios FTO

Los substratos pueden tener diferentes tipos de contaminantes, ya sean orgánicos, como aceites y grasas, provenientes principalmente de su manipulación e inorgánicos, como pueden ser polvo u otros contaminantes que provengan del proceso de fabricación.

Primero se debe cortar las placas de cristal conductor que serán el soporte principal. El corte del cristal lo efectuamos como en un cristal normal, marcándolo primero con un corta vidrio y luego quebrándolo a estas se lavarán con detergente y agua destilada [8-10]

¿ Preparación de los electrodos de la celda

Una vez limpias las placas de cristal conductor se deben acondicionarlos para que cumplan la función de electrodo y contra electrodo dentro de la celda solar.

Para el electrodo se deposita en principio una película (o film) de TiO₂, para ello se prepara una suspensión de TiO₂ con agua MilliQ (agua ultra limpia). Esta suspensión se prepara pesando el TiO₂, mezclándolo en agua y agitando un buen tiempo (15 minutos aproximadamente) y por ultimo hacer pasar la suspensión por un baño de ultrasonido 2 veces durante 1 minuto con 30 minutos entre cada sonicación para lograr una suspensión lo más homogénea posible para que no aparezcan grumos o irregularidades luego en la preparación de la película.

Las preparaciones de TiO₂ se hace con el agregado de P25 (degussa) (polvo de TiO₂), PEG (polietilenglicol) y un poco de etanol para facilitar la disolución de este último, con una proporción de reactivos P25:PEG:EtOH de 1:4:0,05.[9].

¿ Deposición de sustratos para realizar películas delgadas

Existen bastantes y diversas técnicas de deposición de sustratos para realizar películas delgadas. Todas ellas dependen de las propiedades de los materiales y de la finalidad a la que estén destinados, así como de la calidad estructural del producto deseado y el coste dispuesto a asumir [5] Entre las técnicas más utilizadas y fáciles de llevar a cabo son: deposición coloidal por electroforesis, deposición por centrifugación, técnica sol-gel, deposición por spray y técnica de deposición por presión. En el presente proyecto se ensayará con las técnicas de deposición coloidal por electroforesis y por presión. [11]

Electroforesis

Películas porosas de TiO₂ nanoestructurado (nc-TiO₂) son preparadas por vía electroforética como sigue (M). Un campo eléctrico de 2V/cm es aplicado entre una placa de acero inoxidable (ánodo) y un electrodo ópticamente transparente FTO (cátodo, película de indium tin oxide depositada sobre una placa de vidrio), sumergidos en 25 mL de una suspensión coloidal (1.25 g de TiO₂ P25 Degussa en 2-propanol al 5 % v/v, J.T. Baker 99.97 %, en agua deionizada,) durante 40s a 25°C. Las películas frescas así obtenidas son extraídas de la celda electroforética y sinterizadas a 450°C por 30 min.[10]

¿ Contraelectrodo

Primero en el contraelectrodo preparamos una capa fina de Pt depositando primero K₂Cl₆Pt, que le dará propiedades conductoras y de transferencia de fase de los electrones.

¿ Ensamblaje

Habiendo preparado el electrodo, ya sensibilizado con el dye (j) y contraelectrodo de la célula solar, lo siguiente es el ensamblaje físico de estos y la adición del electrolito, esencial para el funcionamiento de la célula.

Una vez sellados ambos cristales se le agrega con un soldador de estaño unos contactos de estaño en cada uno de los 4 costados libres de la celda evitando que estos contactos toquen ambos cristales a la vez ya que en dicho caso habría cortocircuito y la celda no funcionara ya que los electrones evitaran pasar por la secuencia electrolito/dye/TiO₂. Finalmente se debe llenar el compartimento con el electrolito I₃/I₂. El electrolito se preparo con LiI, I₂(s)(par redox) y 1-Metil Benzimidazol en 2- metoxipropionitrilo como solvente(todos los solutos con aproximadamente 0,05M). Para poder ingresar el liquido (el cual se deposito en primera instancia sobre el orificio efectuado en el contraelectrodo) dentro de la celda se utilizo el recurso de aplicar vacio en sucesivas ocasiones para así ir evacuando el aire dentro del pequeño espacio y a medida que este escapaba iba siendo reemplazado por el liquido.[10 -12]

¿ Mediciones y caracterización

Mediciones de espesores de deposición de TiO₂ por microscopía electrónica realizadas en la ESPOL como parte de asesoramiento en el presente proyecto

Representación grafica de la relación entre corriente y tensión en un dispositivo fotovoltaico, desde el cortocircuito (sin carga) hasta el circuito abierto (carga infinita o tensión máxima). La forma de la curva caracteriza el rendimiento de la célula. Se utilizará luz solar simulada (9.2mW/cm², lámpara MR16 50W-12V marca GE, 25°C, luz visible 400-800nm) empleando una resistencia variable conectado a un voltímetro de alta impedancia y a un amperímetro ambos digitales. [11- 12]

¿ Procesamiento de datos obtenidos.

¿ Desarrollo de justificación físico- química de comportamientos de interacción pigmento TiO₂ utilizando Teoría de grupos aplicada a la Química.

¿ Redacción de resultados obtenidos.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Michael Grätzel. Photoelectrochemical cells. NATURE. VOL 414 . 15 NOVEMBER 2001
2. Ramirez-Perez Javier C1 and Natali Solano. Natural dyes sensitizers for nanofabrication dye-sensitized solar cells in Ecuador. Biotechnology Research Center of Ecuador (CIBE), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
3. Brian E. Hardin¹, Henry J. Snaith² and Michael D. McGehee. The renaissance of dye-sensitized solar cells.

4. Erik C. Garnett, Mark L. Brongersma, Yi Cui, and Michael D. McGehee . Nanowire Solar Cells. Annu. Rev. Mater. Res. 2011. 41:269-95.
5. Würfel Peter. Physics of Solar Cells. Wiley-Vch. 2005.
- 6 Alex C. Mayer, Shawn R. Scully, Brian E. Hardin, Michael W. Rowell, and Michael D. McGehee* Polymer Based Cells. Materialstoday . NOVEMBER 2007 | VOLUME 10 | NUMBER 11.
- 7 Michael D. McGehee. Nanostructured Organic-Inorganic Hybrid Solar Cells. MRS BULLETIN | VOLUME 34 | FEBRUARY 2009.
- 8 L. Macor, J. Natera, D. Heredia, L. Fernandez, M. Santos, M. Gervaldo, F. Fungo y L. Otero. Nuevo colorante orgánico para aplicación en celdas solares de sensibilización espectral . Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13, 2009.
- 9 F. Forcadea, b, S. Docteurab, B. Gonzaleza, I Zumetaa, E. Vigila, b . Celda solar sensibilizada con estructura de doble capa de TiO₂ nanocrystalino. Rev. Cub. Física vol .26 No. 2A (2009) p.161-164 ISSN: 0253-9268.
- 10 Manríquez, J. y Godínez, L.A., Tuning the structural, electrical and optical properties of Ti(III)-doped nanocrystalline TiO₂ films by electrophoretic deposition time, Thin Solid Films, 515, 3402-3413, 2006.
- 11 Won Jae Leea,_, Easwaramoorthi Ramasamyab, Dong Yoon Leea, Jae Sung Song. Dye-sensitized solar cells: Scale up and current-voltage characterization
- 12 Hui Xua, b, Xia Taoa, c, Dong-Ting Wanga, Yan-Zhen Zhenga, Jian-Feng Chenb, c c. Enhanced efficiency in dye-sensitized solar cells based on TiO₂ nanocrystal/nanotube double-layered films. Electrochimica Acta 55 (2010) 2280-2285.

8. RESULTADOS ESPERADOS

En primer lugar se presentará un review sobre celdas solares, en el cual conste la descripción de los diferentes tipos de celdas existentes, una comparación con datos actuales estadísticos sobre la situación tecnológica y uso de los diferentes tipos de celdas; así como las ventajas y limitaciones que se reportan y finalmente las perspectivas que se presentan considerando la aplicación de la nanotecnología en cada una de estas para conseguir mejorar tanto eficiencias como costos de fabricación.

Un artículo científico en el cual se reporte los resultados, discusión y conclusiones obtenidos acerca de la construcción y caracterización de celdas solares tipo Grätzel (DSSC) con pigmentos naturales extraídos de plantas en el Ecuador realizado en colaboración con Javier Ramírez Ph.D (Prometeo ESPOL) y Cristian Santacruz Ph.D (EPN)

Presentación de tesis para optar por el título de maestría en Eficiencia energética de la Escuela Politécnica Nacional y para la persona asistente de investigación tesis para optar por el título de Ingeniería Ambiental en la Universidad Politécnica Salesiana.

9. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y/O SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

¿ Realización de seminario para alumnos de Ingeniería Ambiental y Biotecnología de UPS sobre Celdas solares y construcción de Celdas tipo Grätzel en Ecuador.

¿ Publicación de review de investigación en medios como revistas nacionales de investigación como LA GRANJA.

¿ Presentación de posters sobre investigación en congreso sobre desarrollo de energías alternativas.

¿ La idea general de este proyecto nació en la red GETNano (red de investigación para la nanotecnología en Ecuador), por lo cual mediante este proyecto la UPS ingresará a ser parte de esta red de investigación en el Ecuador.

¿ Presentación de propuestas para continuidad del proyecto con fondos de GETAndes (red de investigación para la nanotecnología en Latinoamérica), así como la aplicación de continuidad como proyecto con fondos del SENECYT.

10. IMPACTOS DEL PROYECTO

En la academia

Una tesis de maestría y una tesis de pregrado.

Estudiantes de Ing. Ambiental e Ing. en Biotecnología involucrados en temas de nanotecnología a través de seminarios y contacto con red GETNano y GETandes.

Seminarios sobre celdas solares, fabricación de celdas tipo Grätzel, uso de la nanotecnología en energías alternativas para Ingeniería Ambiental y Biotecnología.

Profundización en temas de la cátedra Energía Renovables I y II.}

De vinculación

Colaboración con investigadores asesores de ESPOL , EPN para continuidad de proyecto y de convenios.

Vinculación a la red de investigación en nanotecnología GETNano en Ecuador.

11. INFORMACIÓN DE COFINANCIADORES (en caso de que existieran)

