REVISTA DE Energías RENOVABLES

Asociación Nacional de Energía Solar

PUBLICACIÓN TRIMESTRAL

JUL-SEPT, 2015

Certificado de reserva al uso exclusivo del Título:
No. 04-2014-101414142700-203
Registro ISSN: 2395-9304

27

XXXIX SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR
AH KIM PECH, CAPITAL DEL SOL
"ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA SUSTENTABILIDAD"
EXPO SOLAR INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS | TALLERES CONFERENCIAS | CONCURSO DE PINTURA INFANTIL Y EMPRENDEDOR SOLAR
DEL 5 AL 9 DE OCTUBRE DE 2015
CENTRO DE CONVENCIONES Campeche XXI

- 3 AÑOS IMPULSANDO EL TALENTO MEXICANO
- 40 AÑOS DE MODULO SOLAR
- VIVIENDA SOLAR-HIDRÓGENO
- PROYECTO SOLAR CON TECNOLOGÍA CIGS
- APLICACIONES DE LA ELECTROQUÍMICA EN FUENTES DE ENERGÍA SUSTENTABLES PARTE I

ECOVES

“Soluciones con profesionales certificados en energía y medio ambiente”

Nuestros Servicios:

- ✓ **Auditoria, Verificación y Certificación en Energía, Medio Ambiente y Calidad**
- ✓ **Consultoría y Estudios especializados**
- ✓ **Capacitación**
- ✓ **Proyectos de Energías Renovables y Eficiencia Energética**

Nuestro objetivo primordial es ofrecer servicios profesionales en materia de energía, medio ambiente y cambio climático a los diversos sectores de la sociedad de acuerdo a las necesidades entorno a la economía y el desarrollo sustentable.

Apoyamos a las empresas en capacitación y certificación de Estándares de Competencia Laboral de CONOCER.

Paseo de la reforma
No. 300 Piso 17. Col Juárez
Del. Cuauhtémoc C.P. 06600
México D.F.
+52 (55) 4170 5175

Centro Ejecutivo No. 5700,
Complejo industrial El Saucito
Punto Alto III. CP. 31125
Chihuahua, Chih. México
+52(614)4393960

www.ecoves.org
contacto@ecoves.org

ANES®
Asociación Nacional de Energía Solar

Editorial

Actualmente se consumen alrededor de 10 terawatts (TW) de energía por año alrededor del mundo y se estima que se requerirá de un aumento de aproximadamente 35 TW para el año 2050. De la electricidad producida el 17% se consume en los hogares, con la respectiva emisión de gases de efecto invernadero ya que la mayor parte de esta electricidad se produce en centrales termoeléctricas.

La electroquímica pueden contribuir a la transformación limpia y barata entre la energía eléctrica y la energía química, por lo que tiene un potencial enorme en la generación de energía renovable.
Se presenta una propuesta de vivienda sustentable desarrollada en el Instituto Politécnico Nacional que cuenta con un sistema para el abastecimiento de los servicios básicos en viviendas, mediante eco-tecnologías, haciendo uso de: recolección de agua de lluvia, calentamiento solar, generación de electricidad mediante un sistema fotovoltaico, producción de hidrógeno limpio a través de la electrólisis del agua. Además, se presentan los principios de elaboración y funcionamiento de celdas de combustión de hidrógeno y celdas microbianas o biológicas, así como de celdas orgánicas fotovoltaicas emergentes o de cuarta generación (orgánicas, sensibilizadas con pigmentos y de perovskitas).

Sin embargo para detonar el mercado de la energía renovable y eficiencia energética es necesario contar con personal nacional calificado en las diversas áreas de las energías renovables; iniciativa que es impulsada por la Secretaría de Energía con el acompañamiento de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ), que han consolidado el desarrollo de Estándares de Competencia (EC) y la certificación del personal técnico bajo ciertos estándares.

Finalmente, se presenta una remembranza de una de las empresas icono en el área del calentamiento solar en nuestro país y el proyecto solar con tecnología CIGS en el Parque Industrial FINSA en San Nicolás de los Garza Nuevo León.

Estamos a unas semanas de la XXXIX Semana Nacional de Energía Solar que en esta ocasión se llevará a cabo en la hermosa Ciudad de San Francisco Campeche, Campeche; como siempre hay una gran expectativa al respecto sobre todo por la presentación del "Programa de Financiamiento para el Sector Hotelero para la Península", los esperamos....

Dr. Rogelio Mendoza Pérez
Secretario de Publicaciones y Comité Editorial

Contenido

40 AÑOS DE MODULO SOLAR 2

3 AÑOS IMPULSANDO EL TALENTO MEXICANO 7

VIVIENDA SOLAR-HIDRÓGENO 10

PROYECTO SOLAR CON TECNOLOGÍA CIGS 15

APLICACIONES DE LA ELECTROQUÍMICA EN FUENTES DE ENERGÍA SUSTENTABLES PARTE I 16

REVISTA Energías RENOVABLES Año 4 Núm. 27, JUL-SEPT, 2015

La Revista Energías Renovables, es el órgano oficial de comunicación de la Asociación Nacional de Energía Solar, AC, hecha por especialistas en energías renovables y dirigida al medio especializado, así como a ciudadanos interesados en formar parte del cambio energético tan urgente en México, así como en todo el mundo.

XVII Consejo Directivo Nacional 2014 – 2016: M.C. José Alberto Valdés Palacios Presidente; Dr. Aarón Sánchez Juárez Vicepresidente; Ing. José de Jesús Celis Alarcón Secretario General; Dra. Tanya Moreno Coronado Tesorero; Secretaria de Asuntos Políticos y Gubernamentales; Ing. Antonio López Puerta Secretario de Asuntos Industriales; Ing. Lourdes Angélica Quiñones Juárez Secretario de Organización; Ing. Ricardo Saldaña Flores Secretario de Secciones Regionales de ANES; Dr. Iván Martínez Cienfuegos Secretario de Vocalías; Ing. Héctor Hernández Secretario de Convenios y Patrocinios; Dr. Eduardo Rincón Mejía Secretaria de Asuntos Internacionales; Dr. Rogelio Mendoza Pérez Secretario de Publicaciones y Comité editorial; Ing. Francisco Cortés Flores Secretaria de Asuntos Estudiantiles; Lic. Sergio Arnaud Secretario de Proyectos Estratégicos; Ing. Daniel Moreno Lawrence Secretario de Normatividad.

Editor Responsable; Dr. Rogelio Mendoza Pérez, Secretario de Publicaciones y Comité Editorial; Edición; Coordinadora Editorial: Dafne Krinis, Diseño Gráfico: Rodrigo Cárdenas Torres, Diseño y Dirección de Arte; Consejo Editorial: Dr. José Luis Fernández Zayas, Dr. David Morillón Gálvez, Dr. Eduardo A. Rincón Mejía, Ing. Odón de Buen Rodríguez.

La Revista Energías Renovables, Año 4, Número 27, JUL-SEPT 2015, es una publicación trimestral editada por la Asociación Nacional de Energía Solar, AC. Insurgentes Sur 1748-303 Col. Florida, Álvaro Obregón D.F. C.P. 01030 | Tel: 5661-3787 E-mail: anes@anes.org Editor responsable: Dr. Rogelio Mendoza Pérez . Reserva de derechos ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de reserva al uso exclusivo del Título: No. 04-2014-101414142700-203.
Registro ISSN: 2395-9304

Impresa por Dicograf, SA de CV. Av. Poder Legislativo No. 304, Col. Prados de Cuernavaca, CP 62250, Cuernavaca, Morelos. Este número se terminó de imprimir 29 de septiembre de 2015 con un tiraje de 1000 ejemplares más sobrantes.

Los artículos que aparecen en la revista de Energías Renovables son responsabilidad única y exclusiva de los autores y no representan necesariamente el pensamiento de los editores ni de la Asociación Nacional de Energía Solar, A.C.

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio audiovisual, electrónico o impreso sin autorización por escrito de los editores y del autor.

Producto Editorial Hecho en México

40 AÑOS DE MODULO SOLAR

Ing. Octavio García Martinez

Cuarenta años de un emprendedor empresarial en México, desde la fundación de la empresa Modulo Solar hasta su retiro voluntario.

Un relato que se pretende ameno y vigente sobre las experiencias en una empresa en el campo de la energía solar térmica, y sus implicaciones con y en la innovación, el mercado, la política, las instituciones universitarias, las asociaciones civiles y los trabajadores (anécdotas y peripecias).

INICIOS:

Modulo Solar fue fundada por una necesidad y un accidente: el calentar el chapoteadero de mis hijos y el que en la primavera de 1975 me liquidaron de la trasnacional en la que trabajaba.

En el verano de 1974, la idea de calentar el agua me surgió cuando veía a mis hijos jugando en su piscina inflable. Noté que la manguera del jardín, que se usaba para rellenar el chapoteadero con agua y que estaba expuesta al sol, se había puesto muy caliente. Cuando se abrió el grifo, salió de la manguera agua caliente y luego tibia. De inmediato compré más manguera y la instalé en la azotea en espiral; sin embargo el resultado no fue muy satisfactorio, -primer descubrimiento que, para mí, resultó interesante-, así que quise aprender si este fenómeno podría extenderse y así mejorar su eficiencia, por lo cual decidí investigar al respecto ¡ahora parece fácil, pero entonces no había internet!.

INFORMACIÓN: Pronto encontré un informe técnico de la Copper Development Association: How To Design And Build A Solar Swimming Pool Heater, escrito por Francis de Winter en 1974, luego compré un pequeño soplete de gasolina y materiales, y manualmente construí un colector solar de 1 m2 para la piscina de mis hijos, ya

para entonces cubicada y así captar la energía solar, la cual se transformaría en calor y luego transferirlo al agua, pero sobre todo para obtener datos empíricos de la cantidad de calor que se obtenía, y luego poderla comparar con las tablas de "insolación" -ahora irradiancia- que estaban en el informe, aplicar mis conocimientos ingenieriles de transferencia de calor y flujo de fluidos, adquiridos en mis estudios como ingeniero químico en la Facultad de Química de la UNAM, y poder establecer una base de cálculo para el diseño. También compré un termómetro para saber la Temperatura *diferencial*.

APLICACIÓN: Después adapté un tanque a un colector de 2.5 m2 para almacenar agua calentada para mi casa. Luego seguí produciendo algunos colectores solares domésticos y de alberca para unos amigos. Cuando, en 1975, me liquidaron de la empresa trasnacional donde trabajaba en Cuernavaca, me lancé a crear la empresa Modulo Solar, cuyo objetivo era aprovechar el sol en calefacción y agua caliente para uso doméstico y comercial. Como no había premio al emprendedor solar, mucho menos existían incubadoras, aceleradoras o fondos para impulsar a las microempresas... ¡nadie me exigió estudios técnicos y de factibilidad!

PLANEACION: Sin embargo, sí tenía un plan: con lo que me habían dado de liquidación y los ingresos del pequeño Jardín de Niños Freinet que había fundado mi esposa, podríamos subsistir hasta 7 meses, esto incluyendo una pequeña campaña de radio para darnos a conocer.

DIFUSIÓN:

UNO DE LOS PRINCIPIOS PARA POPULARIZAR EL USO DE CALENTADORES SOLARES.

SUMA A REDES DE CONOCIMIENTO: Fue en ese entonces que un colega, Carlos Ceceña, me informó de un grupo en energía solar (Gustavo Best, Julia Tagüeña, Manuel Martínez, Luis del Castillo, entre otros) que trabajaba en el Centro de Investigación de Materiales de la UNAM, y me puse en contacto con ellos, quienes, a su vez, me contactaron con los grupos de la Facultad de Ingeniería (Jose Luis Fernández, Rafael Almanza, el ing. Luis Palacios Hammeken) y del Instituto de Investigaciones Eléctricas (Jorge Huacuz, Ana María Martinez, Enrique Caldera, Ricardo Saldaña).

El CINVESTAV del IPN andaba más bien en fotovoltaico. Los grupos de la Universidad de San Luis Potosí y de Guadalajara trabajaban en hábitat. El Dr. Ignacio Galindo de Geofísica publicaba los primeros datos del recurso solar en territorio nacional.

Existía la Dirección de Aguas Salinas y Energía Solar de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas la cual editó las primeras cartillas sobre el tema de energías renovables (en ese tiempo fuentes alternas de energía). A propósito, el doctor que encabezaba esa dependencia mantuvo al secretario, al presidente de la república y a todo nuestro medio con la boca abierta: ¡era odontólogo!.
Establecida esa red de conocimiento, surgió la idea en Morelia y junto con muchos de ellos fui fundador de la **Asociación Nacional de Energía Solar -ANES-**, Nunca olvidaré que en la IV reunión en S.L.P., me perdí el espectáculo de las bellas con rebozos.

ENLACE Y APOYO CON LA ACADEMIA: Ya para 1980 había conseguido el libro Solar Engineering of Thermal Processes de Duffie J.A. and Beckman W.A., en 1985 ya se tenían en la academia las experiencias del campo de concentradores solares del II UNAM y el proyecto Sonntlan, para cuando llegó el Laboratorio de Energía Solar –LES- de la UNAM, (Ahora Instituto de Investigación en Energía) a Temixco, Modulo Solar ya tenía una planta de fabricación en Cuernavaca y, con profunda convicción, yo había empezado lo que hoy se sigue haciendo: apoyar a grupos científicos y académicos para elaborar tesis, como la de Odón de Buen entonces del Instituto de Ingeniería –II-y algunas otras dirigidas por investigadores del LES como Isaac Pilatowsky; a ellos también los apoyamos construyéndoles diversos prototipos como un refrigerador solar desarrollado por Roberto Best. Al grupo de la Universidad de Guanajuato (Ernestina Torres) les donamos colectores que instalaron en una planta piloto para descristalizar con energía solar, miel de abeja.

En nuestra fábrica instalamos sensores y también formamos parte de la red de estaciones solarimétricas del II UNAM.

Recuerdo que con todos los mencionados y el poco personal de Módulo Solar, trabajábamos con una especie de sinergia, impulsados por nuestras utopías y usando los pocos recursos que se conseguían, donde se pudiera y se dejaran.

ANES: **Asociación Nacional de Energía Solar,** en aquella época, así era la ÉPICA: ¡deben saber que ser presidente de la ANES era como sacarse la rifa del tigre!, pregúntenle a Jose Luis Fernández y a Manuel Martínez, los dos primeros ungidos.

Yo, desde el principio, como hasta hace poco, andaba en las grillas de la ANES, mi primer encargo fue como Secretario de publicaciones donde pude continuar con la labor de la Revista Solar, que había iniciado Fernando Ortiz Monasterio; después, en el tercer Consejo Directivo con Alfredo Sanchez Flores de la ESIME a la cabeza, colaboré como Secretario. Para el cuarto Consejo, algunos me promovían a la Presidencia pero afortunadamente Gustavo Best me llamó desde Roma y me dijo: "Te puedo dar más de 10 razones por las que un empresario NO debe ser presidente". Acepte las mismas y con la experiencia reciente de haber tenido en la ANES a un colega y a una pro empresaria como cabezas consecutivas, creo que aún son vigentes.

Siguieron a Alfredo, Isaac Pilatowsky, Jorge Huacuz, quien promovió reglas mínimas para los sistemas fotovoltaicos que instalaba la Comisión Federal de Electricidad, Hernando Guerrero, quien colaborando en la entonces recién formada Secretaría de Energía, casi logra que se publicase una primera ley en la materia y Juan José Ambriz, todos egresados de la UNAM, aunque éste último ya formaba parte de las huestes de la Universidad Autónoma Metropolitana. No fue sino hasta 1994 que con Enrique Caldera volvió a aparecer alguien del IPN. En el caso de Enrique, no sé qué tanto influyo la gran fama que adquirió en el viaje a Curazao que con gastos incluidos, nos invitaron los holandeses para promover sus generadores eólicos.

Luego, con Claudio Estrada, Roberto Best y Rubén Dorantes y su labor de coordinación, dentro de sus periodos se solicita y se logra conseguir para México el Solar Forum Millenium 2000 de la International Solar Energy Society –ISES-. Después de un breve veto que sutilmente me aplicó el primero de aquéllos, debido a diferencias al respecto de cómo y con quienes organizarlo, aun confrontados hablamos, y en pro del evento (y de la camaradería) hicimos las paces y regresé al comité organizador,básicamente como promotor para conseguir fondos; recuerdo cuando los alemanes ya habían sido convencidos de meter lana, me preguntaron si había otras opciones económicas, les contesté que sí, ¡que podrían firmar un convenio con mejores prestaciones y con mayor aportación! Firmaron de inmediato el que habían pensado. El evento fue un éxito, pero CANACINTRA se llevó la mayor tajada económica; yo, como empresario a estos los conocía muy bien y lo había advertido.

Con Eduardo Rincón del estado de México y David Morillón de Guadalajara se rompe el dominio de presidentes salidos del binomio de instituciones del D.F. y de Cuernavaca, después cuando aparecen Rodolfo Martínez y Ernestina Torres, conociendo mi estilo brusco, era sano para mí y para la Asociación distanciarme un poco.

Después Vicente Estrada Cajigal, uno de los más conocedores sobre irradiancia en el mundo, conduce los destinos de ANES, y convenció a muchos nuevos emprendedores en formar el primer Clúster de Energías Renovables en el país, buen esquema para apoyar la estrategia de triple hélice, el modelo más moderno de impulso a la innovación: **EMPRESA-INVESTIGACION-GOBIERNO.**

Después de mi alejamiento, que no fue total ya que en el lapso de Álvaro Lentz evalué bastantes propuestas de emprendedores solares, tras mucha insistencia de miembros de ANES, competí con Alberto Valdés por la presidencia, afortunadamente ganó el. Siempre seguirá mi convicción sobre lo benéfico de la ANES para México.

APLICACIÓN DE LA INNOVACION:

Desde muy temprano, en la empresa se incorporaron conocimientos publicados por el II UNAM y otras instituciones, como el depósito de superficie selectiva, arreglos hidráulicos para minimizar el retroflujo y diversas geometrías verticales y horizontales para el tanque del termosifón. Hoy seguimos al tanto de aquellos.

EFECTIVIDAD GERENCIAL México, a mediados de los años 80, agravó su perenne crisis económica. Por entonces también aparecieron la tragedia de Chernobyl y el disco Thriller de Michel Jackson. No sé porque mi mente los asocia y concluye con un negro sarcasmo: a siete lustros de distancia, México pareciera permanentemente afectado por ambas referencias, muchos siguen pensando en energía nuclear, existiendo el riego que, por corrupción, por fallas humanas o por un fenómeno natural, se multipliquenlos cadáveres de Michel Jackson en nuestro territorio.

Módulo Solar, por primera vez, después de una década de crecimiento sólido, estaba experimentando una disminución fuerte en las ventas. Hasta entonces me percaté de que necesitaba ayuda para sobrevivir a la crisis financiera, y esto exigía saber cómo gestionar profesionalmente el negocio. Necesitaba pensar de forma diferente, considerar otros elementos y cambiar mi perspectiva del negocio. Ingresé en un programa de desarrollo gerencial para explorar cuáles son las cuestiones fundamentales que rigen el crecimiento y el éxito de las empresas, y para evaluar mi eficacia gerencial y el impacto como Director y como líder. El seminario en que participé, fueel seminario de efectividadgerencial 3D dirigido por Alejandro Serralde de Consultores Reddin, a propósito, si Alex no me hubiera becado, ni con que pagarlo.

Recuerdo este momento decisivo para mí: además de dar clases en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y, eventualmente, suplir al chofer del transporte escolar de Miriam, tenía conflicto de intereses entre ser el propietario y Director de la empresa. Descubrí, junto con mi equipo del seminario después que trabajé 6 días de inmersión total y que de milagro, los compañeros no me colgaron de un árbol, que el éxito podría venir de mi síntesis:

"Para que el dueño pueda hacer lo que quiera, el Director tiene que hacer lo que debe".

SOCIEDAD CON IGUALES También aprendí que a pesar del crecimiento y 10 años de éxito, Modulo Solar necesitaba desarrollar una organización estructurada con gerentes técnicos y profesionales. Necesitaba construir un equipo de profesionales e integrar ese equipo en la visión y estrategia de la empresa. También reconocí que no podía estar en esto solo en México, que necesitaba más gente. Ante la escasez de profesionales con experiencia en el ramo, había que encontrar a socios de la propia industria, buscando así a otros propietarios de pequeñas empresas para incrementar el crecimiento y el desarrollo del comercio. ¡Aun ahora es más fácil construir un colector que venderlo!

En ese mismo año Modulo Solar se asoció con dos pequeñas empresas de las pocas que habían en la zona centro: Grupo Hidra de Juan Manuel Rodriguez Anza y Aquasol de los hermanos Jaime y Carlos Sotomayor, las que aportaron maquinaria pero sobre todo, experiencia operacional y de ventas a Módulo Solar. Desafortunadamente, ni Sunway, de Jorge Dávila (según su dixit: "los mejores equipos del mundo"), ni Solarmex de Levoise,ahora de la familia Ruz, acudieron a nuestra invitación. Enersol del Dr. José Villafaña, para ese entonces ya había tenido un grave problema con un huracán que afectó una instalación muy grande en La Paz, B.C. y que lo dejó al borde de la quiebra. Sin embargo, se me olvidó informarles a Roberto Martin Juez, el constructor de las casas solares del Ajusco y al ing. Jorge Chernicoff de Heliotécnica. Butecsa, de Rodolfo Martinez, como firma de ingeniería, no entraba dentro del perfil que se necesitaba, y Enrique Ramoneda de ITESA tenía una empresa mucho más estructurada que ofrecía, además de energía solar, otros servicios. Con los pioneros de Guadalajara como Orozco Carricarte y con Ignacio Torres de Captasol de Morelia, la pura distancia física era suficiente para no intentarlo.

ADMINISTRACION: Con la fusión de 3 empresas y 4 propietarios, tuvimos que entender cómo administrar la nueva empresa. Con la colaboración del mismo consultor, el nuevo equipo de gestión aprendió a hacer frente a nuevos desafíos en forma deliberada y centrada. A saber:

- **Creación de una estrategia de largo plazo para el crecimiento,**
- **Definición de áreas de autoridad y responsabilidad con los responsables, y**
- **Establecimiento de metas y objetivos con un proceso regular de revisión.**

Este cambio de perspectiva y proceso tuvo un profundo impacto en el negocio: no sólo permitió sobrevivir a la crisis económica, sino que en 2 años Modulo Solar tuvo récord de ventas,creo Red Solar, que comercializabacon un esquema de franquicias, se asoció con Thermodynamics de Canadá para obtener una línea de producción de aletas e instalar una maquiladora en Hermosillo, fundó CC Diseño y formó una controladora: General Solar.

RED DE COMERCIALIZACION En 1986 se organizó la primera Convención Nacional de venta de distribuidores solares de todo México para encontrar sinergias en la industria, tanto para la fabricación como para venta y distribución. Durante la Conferencia y reunión con muchos de los participantes, nos dimos cuenta de que los colegas de la industria deberían elevar su efectividad para vender el equipo solar y fomentar la innovación.

INVESTIGACION, INNOVACIÓN Y DESARROLLO: Decidimos internamente que un % de las ventas sería etiquetado para desarrollar el comercio exterior y otro para I&D, nuestro primer encargado de esto a tiempo parcial fue Manuel Martínez, quien también contribuyó a convencernos de la necesidad de normalizar equipos.

Firmamos un convenio con el Instituto de Investigaciones Eléctricas para fabricar y comercializar su Aero bomba ITIA. También equipamos, bajo diseño del Dr. Everardo Hernández, la remodelación del hospital 20 de noviembre del ISSSTE, la climatización solar de un piso del edificio Reforma del IMSS y una sucursal de Banamex en Oaxaca.

Especial mención merecen los trabajosen los que pudimos colaborar con José Luis Fernandez: Instalación de varias aerobombas en Oaxaca para el programa rural Tequio y con desalinizadores solares para Guerrero Negro, donde después se experimentó con desaladores (evaporadores) solares de múltiple efecto.

Actualmente, gracias al apoyo en esta área dirigida por mi hijo Octavio, tenemos un par de convenios con fondos nuestros y de Conacyt para 2 desarrollos con la UNAM y, desde 1999, trabajamos con la Universidad Politécnica de Catalunya en otros. Y, además, tenemos dinero, par y par, del Fondo Mixto Morelos para proyectos de disminución del costo de calentadores en zonas cálidas y el Programa de Estímulos a la Innovación.

EXPORTACIÓN En cuanto a comercio exterior realizamos las primeras exportaciones a Costa Rica y Arizona en EUA. Hoy, con más recursos lo hacemos a más de 10 países.

NORMALIZACION La primera ecuación la obtuvimos de la UNAM. Aún tenemos el informe firmado por el Dr. Enrique Sansores, en ese tiempo Jefe del Laboratorio de Energía Solar, el técnico que llevo a cabo las pruebas fue, en ese entonces ingeniero, el Dr. Arturo Fernandez.

La verdad nunca quisimos mostrarla pues la eficiencia era verdaderamente baja.

A mediados de la década pasada, a invitación de Enrique Ramoneda hijo y de Federico Sierra Campuzano de USOL, participé en la elaboración de la norma ambiental del Gobierno del D.F., así como en el comité de normas mexicanas y no sobra decirlo, en Modulo Solar fuimos los primeros en certificar nuestros productos bajo la norma NMX-ES 001 y los primeros en obtener el entonces discutible Dictamen de Idoneidad Técnica exigible por INFONAVIT.

Ya existen 4 normas sobre calentadores solares, sin embargo, no existe legislación que exija su obligatoriedad.

LEGISLACIÓN:

OTRO DE LOS PRINCIPIOS PARA POPULARIZAR EL USO DE CALENTADORES SOLARES.

colectores solares planos, así como tanques de almacenamiento térmico, algunos equipos autocontenidos y sistemas mayores para calentar agua, espacios y tener refrigeración en edificios comerciales y residenciales.

Sin lugar a dudas, en esa década, gracias al ing. Diego Alfonso Sámano, de Energía y Ecología S.A -a quien años antes conocimos de estudiante en una reunión de ANES en Guanajuato-, equipamos una de las obras más grandes del mundo en aprovechamiento solar térmico: El Centro Ecológico Asturiano que diseñó el Arq. Juan Jose Díaz Infante. (más de 4,000 m2) y el equipamiento solar de la Cantera del equipo Pumas UNAM. Ya desde entonces competíamos para equipar la alberca de C.U. **¡Por fin, en 2014, tras consensar con competidores lo conseguimos!**

Ya en este siglo, con la incorporación de la comercializadora General Solar de mi hijo Daniel, equipamos la alberca del IPN en Zacatenco. Para la de Santo Tomas y para la de Chapingo, tuvimos un competidor fuerte y rudo que usó y sigue usando prácticas ampliamente conocidas por los compradores públicos. En ellas, igual que en equipamientos para el IMSS, preferimos retirarnos a competir en esas circunstancias. Sin embargo, equipamos la de la Universidad de Aguascalientes, la de varios campus del ITESM y bastantes obras más de ese tipo en el mercado “limpio”.

Instalamos el único sistema de refrigeración solar por adsorción en toda América (290 kw). A propósito, les ganamos el concurso a dos empresas europeas, una alemana y otra austriaca.

Nestlé, en Toluca, tiene uno de los sistemas de precalentamiento de agua para calderas más grandes del mundo.Bimbo como muchos otros ya tiene programas “verdes” y para programas de gobierno somos proveedores de los programas Mi Tortilla y de los equipamientos de Firco.

FONDOS Por primera vez en nuestra historia, en 2002, ya registrados como empresa científica y tecnológica, fuimos apoyados por el Conacyt y el FOMIX Morelos, para equipar en México el primer laboratorio privado de evaluación y optimización de nuestros productos.

CONSEJERIAS: A raíz de mis incontables contactos con investigadores y mi tenaz creencia en la innovación, fui invitado a la Junta Directiva del Consejo de Ciencia y Tecnología de Morelos, somos vocales del consejo de Vinculación del CENIDET, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, sin lugar a dudas también influyó para que presida la Fundación UNAM en Morelos y mi participación en el consejo de NAFINSA.

CRECIMIENTO DEL MERCADO El mercado para calentadores solares en México ha cambiado radicalmente en los últimos 10 años. Antes atendíamos sólo a un nicho interesado principalmente en energía y ahorro; se ha expandido a personas conscientes y preocupadas por el cambio climático.

Así en 2005, empezó la expansión de la empresa detrás del crecimiento del mercado de habla hispana, tanto por legislaciones en Hispanoamérica como por el fomento gubernamental del tipo del Programa de "Hipoteca Verde" del INFONAVIT, programa que tiene sus orígenes en la postura decididamente a favor de la energía solar que tuvo Odónde Buen al frente de la CONAE y hoy al frente de la CONUEE.

En 2009 fabricamos el 51% de los colectores para ese programa, antes de que se relajara el motivo principal del mismo y que fue sustentado por David Morillón: calentar 150 litros de agua y ahorrarle al usuario más de lo que pagaba por el financiamiento;lo que se vende, para ser realmente rentable debe garantizar el ahorro y durar más de 10 años, si no, como sucedió con el inicialmente exitoso programa que impulsó FIDE para los trabajadores de CFE, podría cancelarse por reclamaciones e insatisfacción de los usuarios.

ACTUALIDAD Con más de 125 trabajadores, tenemos comercializadoras en México, en España y en Miami para mercadeo en los países de habla común, dos plantas manufactureras con capacidad de producción mayor a los 100,000 m2 de calentadores solares, una de las 20 empresas del mundo de las que tienen esa capacidad como mínima.

A diferencia de la mayoría de empresarios mexicanos que importan equipo, nosotros exportamos sistemas, ingeniería e instalaciones con los únicos colectores solares mexicanos que cuentan con la certificación mexicana (NMX ES 001), europea (UNE 12975), la SRCC de los EUA y la SOLAR KEYMARK, El mensaje de esta última marca es claro y simple: el producto cumple con las normas solares europeas y se fabrica confiablemente bajo estándares certificados.

FINANCIAMIENTO Y NORMALIZACIÓN:

EL TERCER PRINCIPIO PARA POPULARIZAR EL USO DE CALENTADORES SOLARES.

Para mantenernos alerta y en forma ante la competencia, apostar a la innovación rentable es una parte de nuestro juego, además, siempre hemos estado de acuerdo con la apertura del mercado mexicano ya que tratar de cerrar el mercado acá y vender afuera sería incongruente, en el pasado actitudes proteccionistas hicieron que parte del empresariado nacional se volviera poco creativo, conformista y laxo.

Sin embargo, insisto, para protección del consumidor es necesario que las autoridades establezcan obligatoriedad de normas mínimas como las que exigen la mayoría de los países con leyes o programas solares, que son loselementos básicos de los esquemas de certificación: **Ensayos de productos de acuerdo a normativas internacionales.**

Control de la reproducción en fábrica (ISO 9000).

Esta es la combinación exitosa contra equipos de bajas especificaciones y durabilidad que perjudican al usuario final y restan credibilidad a la tecnología.

MASA CRÍTICA Y TECNOLOGIA COMERCIAL: Módulo Solar, gracias a la moderna dirección de Daniel García Valladares ha establecido más de 150 puntos especializados de ventas, se tiene una alianza estratégica con AQUATHERM, el mayor fabricante de absorbedores de polímero en EUA así como convenios con el mayor fabricante en Méxicode calentadores convencionales de agua. Igual se tienen alianzas con la mayor productora de CPC´s y con la empresa más profesional de tubos evacuados y controles.

En nuestra expansión hacia América del Sur, ganamos el concurso más importante que haya lanzado un gobierno de allá: 10,625 calentadores planos a termosifón para entregarse instalados en 6 meses. La política es similar en todos lados: se reconcursó y usando "energía sucia" nos descalificaron.
Desde 1975 se han instalado más de 550,000 metros cuadrados de colectores solares, casi una tercera parte de todos los calentadores solares en México.

"HOMERO, MORO Y GALEANO, ÉPICA, UTOPÍA Y REALIDAD"

Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable y Eficiencia Energética

El Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable y Eficiencia Energética (CGCEREE) inició sus trabajos en octubre del 2012, con un voto de confianza de 16 instituciones convencidas de que uno de los factores necesarios para detonar el mercado de la energía renovable y eficiencia energética era contar con personal nacional calificado.

...3 años impulsando el talento mexicano en el sector

Tres años después, esta iniciativa impulsada por la Secretaría de Energía con el acompañamiento de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ), se ha consolidado como punto de encuentro de 40 de las instituciones más representativas el sector, con la participación de gobierno, empresas privadas, asociaciones, cámaras, instituciones académicas y organismos internacionales, desde el cual se puede responder al reto de las nuevas demandas de formación profesional.

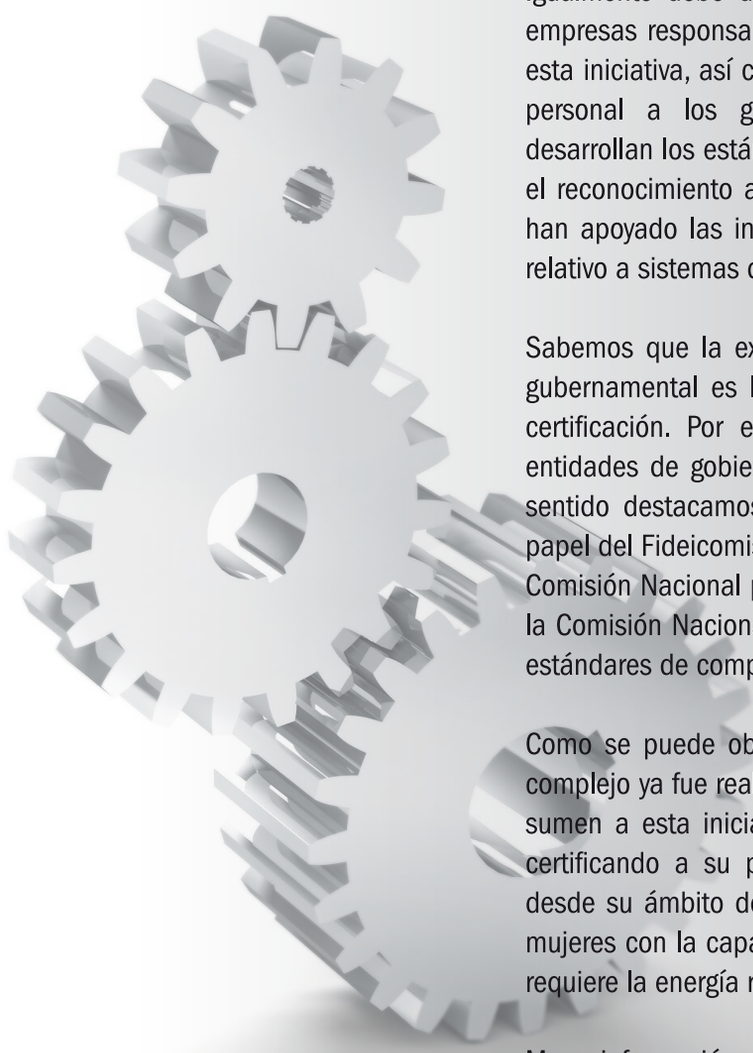
El objetivo es generar capital humano calificado en energía renovable y eficiencia energética mediante el desarrollo de Estándares de Competencia (EC) y la certificación del personal técnico bajo dichos estándares. Esta certificación supone una profesionalización del sector pues permite a mujeres y hombres obtener un reconocimiento oficial a su experiencia y capacidades.

SENER (Titular)	GENERTEK
ACCIONA	GIZ
AMDEE	GRUPO DRAGÓN
AMESCO	IEI
AMFEF	IER/UNAM
ANCE	IIE
ANES	ITC
BOSCH	MÓDULO SOLAR
CAMEXA	NORMEX
CCIDTES	PNUD
CENCER	PROCOBRE
CGUTyP/SEP	PTB
COL. ING. TABASCO	SHF
CONAVI	SIEMENS
CONUEE	SOTECSOL
ECOVES	UACM
ECOVO SOLAR	UADEC
ERGON PLUS	U-ERRE
FAMERAC	UL
FIDE	UNAD
GAMESA	UTT

Los estándares responden a las necesidades y exigencias del sector, fueron elaborados por grupos técnicos de expertos(as) y cuentan con validez de CONOCER, entidad de la Secretaría de Educación Pública. A la fecha se han publicado en el Diario Oficial de la Federación 9 estándares de competencia, los cuales responden a políticas públicas y programas del gobierno ya establecidos y además generan talento en el sector:

- **EC0431** Promoción del ahorro en el desempeño integral de los sistemas energéticos de la vivienda *
- **EC0414** Instalación de sistemas de iluminación eficientes
- **EC0412** Gestión de eficiencia energética en la organización
- **EC0416** Operación del mantenimiento al sistema energético de inmuebles
- **EC0413** Gestión del mantenimiento al sistema energético de inmuebles
- **EC0325** Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termosifónico en vivienda sustentable *
- **EC0473** Instalación del sistema de calentamiento solar de agua de circulación forzada con termotanque
- **EC0530** Mantenimiento al aerogenerador
- **EC0586** Instalación de sistemas fotovoltaicos en residencia, comercio e industria *

Las primeras 300 personas certificadas ya están ejerciendo la función y el número va en aumento.



Para ello se ha trabajado en desarrollar la estructura suficiente para operar los estándares, haciendo énfasis en mantener la calidad en cada proceso. Asimismo, se ha detonado la oferta en diversas entidades federativas a través de centros de capacitación, entidades de certificación y evaluación, algunos expresamente creados para estos estándares de competencia.

Cabe hacer un reconocimiento al valor de la academia en este Comité donde están presentes instituciones de educación públicas y privadas, de nivel superior y medio superior, así como institutos de investigación que están comprometidos con ofrecer a sus alumnos(as) las mejores herramientas para insertarse en el mercado laboral, razón por la que han visto en los estándares de competencia la oportunidad de que sus estudiantes puedan destacar en el vibrante campo de las energías limpias.

Igualmente debe destacarse la participación del sector privado, empresas responsables de gran trayectoria que se han sumado a esta iniciativa, así como las cámaras y asociaciones que destinan personal a los grupos técnicos de expertos(as) donde se desarrollan los estándares de competencia. Igualmente se expresa el reconocimiento a los diversos organismos de cooperación que han apoyado las iniciativas de este Comité, especialmente en lo relativo a sistemas de calentamiento solar de agua.

Sabemos que la exigibilidad de los estándares desde el ámbito gubernamental es la forma en que se detonará la demanda de certificación. Por ello son fundamentales los esfuerzos de las entidades de gobierno para generar este círculo virtuoso; en ese sentido destacamos de forma enunciativa, más no limitativa, el papel del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) que demandan ya los estándares de competencia en algunos de sus proyectos.

Como se puede observar, ha sido un camino largo pero lo más complejo ya fue realizado, el siguiente paso es que más actores se sumen a esta iniciativa, ya sea participando de la capacitación, certificando a su personal o haciendo exigibles los estándares desde su ámbito de competencia a fin de contar con hombres y mujeres con la capacidad, preparación, talento y compromiso que requiere la energía renovable y la eficiencia energética en México.

Mayor información:
sandra.caballero@giz.de

VIVIENDA SOLAR-HIDRÓGENO

PARA EL SUMINISTRO SUSTENTABLE DE ELECTRICIDAD Y AGUA

Rosa de Guadalupe González Huerta1*, Miguel Tufiño Velázquez2*, Gerardo Contreras Puente2, Armando Yunez Cano1,3

1ESIQIE-IPN, Lab. Electroquímica y Corrosión, UPALM, CP 07738 México, D.F.

2ESFM-IPN, Laboratorio de Física Avanzada, UPALM, CP 07738 México, D.F.

3CIITEC-IPN, Cda. Cecati s/n, Col. Sta. Catarina, Azcapotzalco, CP 02250 México, D.F.

***Mail:**
rosgonzalez_h@yahoo.com.mx,
mitufinovel@gmail.com,
www.viviendasustentable.com.mx

El crecimiento poblacional, así como el alto consumo de energía en las grandes ciudades, se ha convertido en un factor determinante para el agotamiento de los hidrocarburos aunado al deterioro del medio ambiente que genera el uso desmedido de estos recursos naturales y finitos. Los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), entre los que se encuentran Alemania, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, España, Francia y Estados Unidos, entre otros, están empezando a utilizar masivamente las energías renovables a través de diferentes aplicaciones, entre ellas, generar y suministrar energía eléctrica a la industria y en aplicaciones residenciales utilizando paneles fotovoltaicos. Por las características propias de la energía solar (intermitente e irregular dependiendo del área geográfica y la estación del año en que se utilice), se requiere conformar sistemas híbridos que incluyan la energía renovable y un vector energético para poder hacer práctica su aplicación.

Una opción que puede utilizarse como puente entre el uso de las energías renovables y los hidrocarburos es el hidrógeno; éste se puede usar como complemento en la generación de energía eléctrica y como sistemas de respaldo en una primera etapa y ya con más experiencia en su manejo, el hidrógeno puede cubrir áreas específicas, como su uso en automóviles o aplicaciones residenciales en conjunto con las fuentes de energías renovables. Al igual que la energía eléctrica, el hidrógeno es una fuente de energía secundaria (no se encuentra como un recurso natural) y versátil, ya que se puede producir de una gran variedad de fuentes primarias de energía, renovables (energía solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa, etc.) y no renovables (petróleo, gas natural y carbón), Figura 1. Si el hidrógeno se obtiene de la descarbonización de algún combustible fósil, el CO_2 que se produce podría ser capturado y almacenado de forma segura para no contaminar. El hidrógeno puede ser combustible en un motor de combustión interna con una alta eficiencia de conversión, o transformarse electroquímicamente en una celda de combustible. La segunda opción es la que más llama la atención para una aplicación masiva del hidrógeno, ya que las celdas de combustible ofrecen limpieza, versatilidad, capacidad modular y altas eficiencias en la transformación de la energía química de un combustible a energía eléctrica.

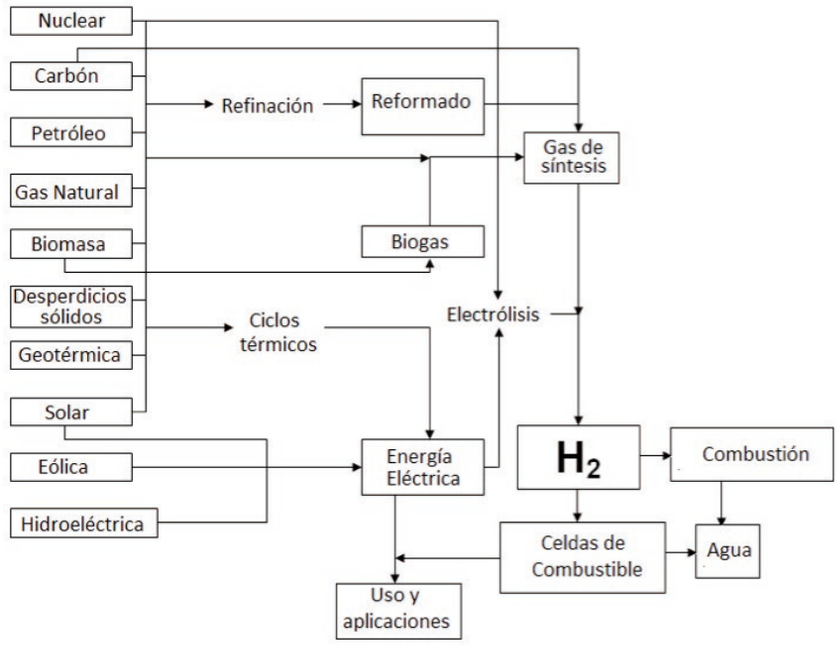


Figura 1. Producción de hidrógeno y aplicaciones

Para aprovechar adecuadamente la energía solar, el hidrógeno se puede producir utilizando los excedentes de esta energía, almacenarla en forma química y utilizarlo para producir nuevamente electricidad en el tiempo que se requiera; por ejemplo, para producir energía eléctrica utilizando celdas de combustible en alguna situación de contingencia o por simple necesidad.

Actualmente, de la electricidad producida el 17% se consume en los hogares, con la respectiva emisión de gases de efecto invernadero ya que la mayor parte de esta electricidad se produce en centrales termoeléctricas, Figura 2. Es por lo anterior que surge la necesidad de proponer un sistema para el abastecimiento de los servicios básicos en viviendas o construcciones, mediante eco-tecnologías, basado en la generación de electricidad mediante un sistema fotovoltaico para alimentar los electrodomésticos durante el día y además, aprovechar los excedentes de energía para la producción de hidrógeno limpio a través de la electrólisis del agua, para posteriormente emplearlo en la generación de electricidad utilizando celdas de combustible. Para complementar los servicios de esta vivienda, se cuenta con un sistema para la recolección de agua de lluvia, la cual es alimentada a un calentador solar, proporcionando dos de los servicios principales requerido en una casa habitación, que sus huéspedes tengan confort, electricidad y agua tanto caliente como fría.

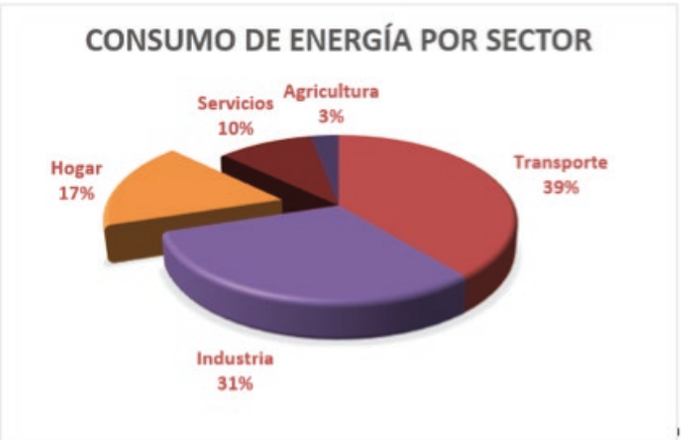


Figura 2. Consumo de energía por sector

En el IPN se está desarrollando una vivienda sustentable que integra un sistema hibrido solar-hidrógeno, se considera un sistema bioclimático y ecológico para el abastecimiento de agua y energía en una vivienda móvil. Este sistema es bioclimático ya que aprovecha las condiciones naturales y ambientales para su funcionamiento. La Figura 3 muestra un esquema de los subsistemas que conforman la vivienda sustentable para una mejor distribución y manejo de la energía y el agua.

Figura 3. Esquema de los subsistemas que conforman la vivienda sustentable

Primeramente hay un subsistema solar el cual está conformado por paneles fotovoltaicos, un subsistema de control para la distribución de potencia, un subsistema para recolección de agua de lluvia interconectado a un calentador solar, un subsistema de respaldo con tecnologías del hidrógeno y finalmente un subsistema de monitoreo ambiental donde se pueden apreciar los paneles fotovoltaicos y el sistema de recuperación de agua de lluvia incluyendo el tanque de almacenamiento de agua.

La figura 4 muestra el subsistema fotovoltaico (FV) y el subsistema de distribución de potencia, el cual está conformado por dos conjuntos de paneles, el primero es de paneles rígidos (PR) y el segundo de paneles flexibles (PF); los cuales van conectados a dos controladores de carga. El controlador de los PR regula la energía que éstos generan y se interconecta a un bus de 48 VCD, el cual distribuye la energía al banco de baterías de descarga profunda de Pb-ácido, de donde se envía la corriente eléctrica generada a un inversor para conectarse a un bus a 110 VCA; de este bus de corriente alterna se alimentan los electrodomésticos de la vivienda.

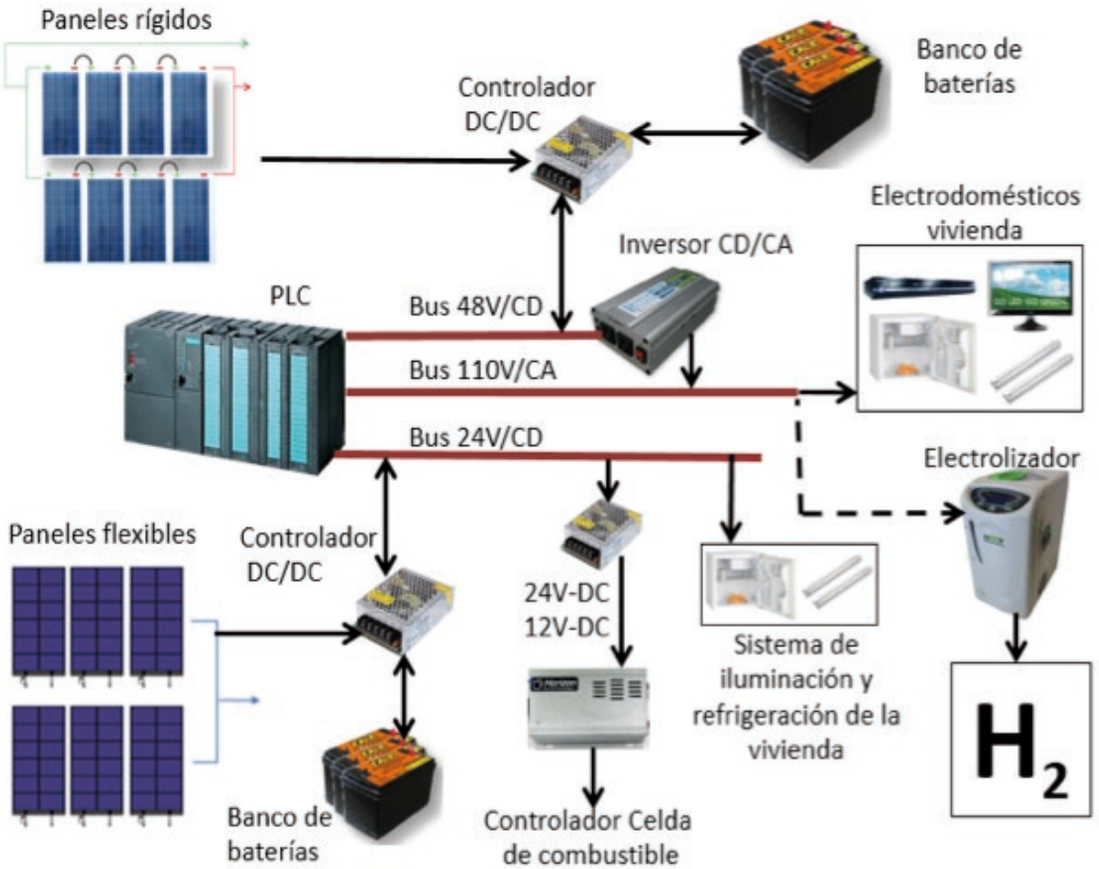


Figura 4. Esquema del subsistema de paneles fotovoltaicos y sistema de distribución de potencia

El controlador de los PF va conectado a un bus de 24 VCD interconectado al otro banco de baterías de gel Pb-ácido, que suministrará la energía requerida a los controladores de las celdas de combustible y a un sistema de luminarias que funciona con corriente directa. Para hacer la distribución de potencia del sistema se utiliza un controlador lógico programable (PLC), el cual funciona con un algoritmo que permite el funcionamiento de todo el sistema de producción y consumo de energía, que se encarga de procesar las señales analógicas provenientes de los transductores de corriente y las entradas digitales para poder activar y/o desactivar las salidas de cada componente dependiendo de la configuración que se requiera, lo cual hace mediante unos relevadores.

La recolección de agua de lluvia se lleva a cabo a través de una canaleta de acero inoxidable colocada en la parte frontal de la vivienda, esta tiene una malla del mismo material para evitar la contaminación de partículas grandes; en la parte lateral se encuentra un filtro que actúa por gravedad el cual está constituido por varias capas de materiales, entre ellas: arena, grava, gravilla, piedra de río (material no adsorbente) y carbón activado (material adsorbente) para producir agua con suficiente calidad para el uso humano, en este caso no es potable, pero sirve para baños y lavabos. El agua se almacena en un tanque de acero inoxidable grado alimenticio de 150 L. Para la distribución de agua se utiliza una bomba, el agua se envía a dos líneas, una de agua fría que va directo a la

vivienda y otra que va al calentador solar, cuyo principio de funcionamiento es calentamiento pasivo por convección; está integrado por un colector solar tipo plano con una cubierta de vidrio templado conformado en su interior por un conjunto de tubos interconectados de cobre, el termo-tanque es de acero porcelanizado con ánodo de sacrificio para aumentar su tiempo de vida útil; de este termo-tanque se deriva la línea de agua caliente que alimenta la vivienda, Figura 5.

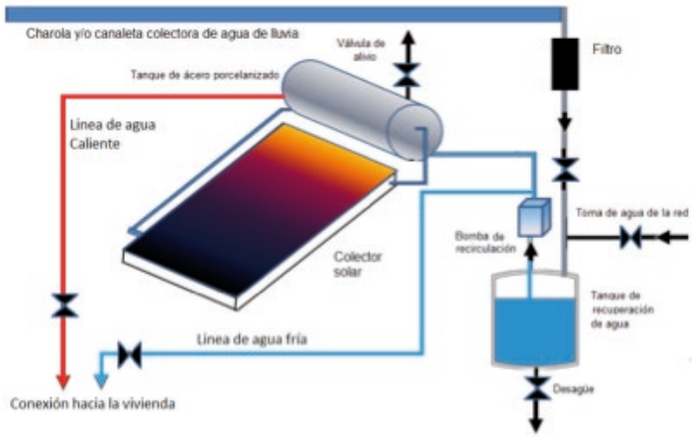


Figura 5. Esquema del subsistema de recuperación de agua de lluvia y calentador solar de agua

Los excedentes de energía que producen los PR y no son utilizados por los electrodomésticos de la vivienda se aprovechan para producir hidrógeno. El inversor alimenta con corriente alterna (CA) al electrolizador de membrana de intercambio protónico a través de un tablero de control donde se regulan la presión y los flujos; el hidrógeno de alta pureza (99.999%) es enviado a dos tanques de almacenamiento a base de hidruros, uno con capacidad de almacenamiento de 900 LH2, el cual ocupa un volumen físico de 1.5 L; el otro tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 3000 LH2 el cual ocupa un espacio físico de 5 L. El tiempo de llenado es largo, desde 1 semana hasta 1 mes, ya que se utilizan los excedentes de energía, las condiciones de llenado son moderadas, requiriendo una temperatura entre 10 °C y 15 °C. El tiempo que dura almacenado el hidrógeno puede ser desde 1 mes hasta 6 meses. Cuando la energía es requerida, ya sea por una contingencia o emergencia, el hidrógeno almacenado se libera de los tanques a una temperatura de 40 °C y una presión de 0.5 bar. Desde un tablero de control, se alimenta el hidrógeno almacenado hacia las celdas de combustible de membrana de intercambio protónico que generan máximo 500 W cada una; éstas son de cátodo abierto por lo que toman el oxígeno del aire. Las celdas de combustible pueden funcionar de manera independiente alimentando un sistema de luminarias de emergencia o de manera conjunta para interconectarse al bus de 24 VCD, Figura 6.

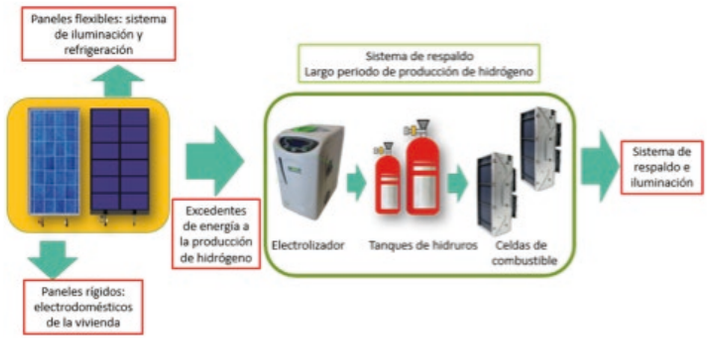


Figura 6. Esquema del subsistema de tecnologías del hidrógeno

El subsistema de monitoreo ambiental se utiliza para determinar la velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa, precipitación, radiación solar, radiación UV y presión; está integrado por tres módulos, el primer módulo incluye 10 sensores de temperatura de termopar, un radiómetro infrarrojo y dos sensores de radiación solar; el segundo módulo consiste de un sensor para monitorear agua de lluvia y humedad relativa; el módulo tres es el software WinVerter™, que es una herramienta que permite monitorear la energía que producen los PR y cómo es el consumo de la energía en la vivienda reportando distintas gráficas, ayudando a determinar un clima local para hacer el sistema más eficiente y de esta manera ajustar los sistemas renovables, Figura 7.

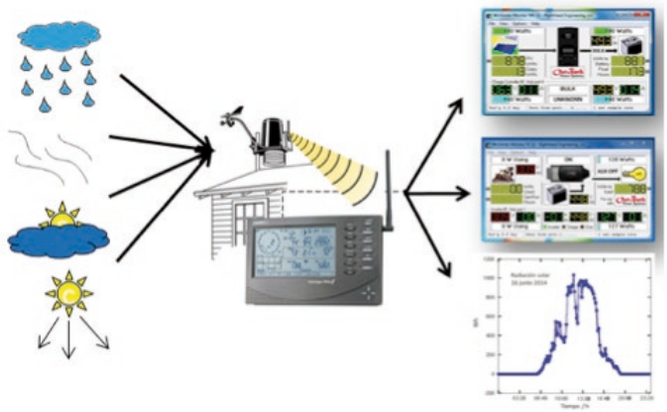


Figura 7. Esquema del subsistema de monitoreo de parámetros ambientales

El término **"Economía del hidrógeno"** se maneja con el fin de describir un panorama diferente, donde los problemas de contaminación serán resueltos y nuestras necesidades energéticas serán cubiertas en forma permanente y segura, sin dañar el medio ambiente. El paso a la economía del hidrógeno puede poner fin a la dependencia del petróleo. Es importante independizar al mundo de la economía energética de los combustibles fósiles para limitar las emisiones de CO_2 y mitigar así los efectos del calentamiento global sobre la ya castigada biósfera de la tierra. La creación de redes energéticas descentralizadas de hidrógeno entre usuarios finales hará posible el establecimiento de asentamientos humanos más dispersos y más sostenibles en relación con los recursos medioambientales y regionales existentes.

El desarrollo de las tecnologías del hidrógeno se encuentra en dos facetas de naturaleza opuesta, por un lado está el impresionante desarrollo que están teniendo las celda de combustible a nivel tecnológico con grandes inversiones y varios prototipos de prueba de automóviles y autobuses, y por el otro lado están las barreras que limitan su desarrollo comercial, como es la disponibilidad de combustible y su aplicación práctica con la infraestructura existente. Existe mucha investigación y un gran interés, tanto científico como tecnológico, en el desarrollo de las diferentes tecnologías del hidrógeno, producción, almacenamiento y aplicaciones. Para cada caso existen ventajas y desventajas, muchas metas que alcanzar y retos que desafiar, afortunadamente el interés en esta tecnología sigue abriendo muchas puertas, no sólo a nivel laboratorio sino a nivel demostrativo, lo que ha motivado al desarrollo de esta vivienda sustentable en el Instituto Politécnico Nacional, Figura 8.

El proyecto de la vivienda sustentable ha recibido financiamiento por parte del IPN en el proyecto de la Red de Energía, del CONACYT en el programa de Redes Temáticas (RTH2) proyecto 252003 y de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación del Distrito Federal

Figura 8. Vivienda sustentable solar-hidrógeno

Referencias

[1] Mehmed Eroglu, Erkan Dursun, Suat Sevencan, Junseok Song, Suha Yazici, Osman Kilic, "A mobile renewable house using PV/wind/fuel cell hybrid power system", IJHE 36 (2011) 7985-7992.

[2] Massimo Santarelli, Michele Cal, Sara Macagno "Design and analysis of stand-alone hydrogen energy systems with different renewable sources" IJHE 29 (2004) 1571-1586.

[3] Armando Yunez Cano, (Acta de examen 17740) "Modelado 3D e integración de una casa sustentable solar-hidrógeno", Tesis de Licenciatura ESIQIE, 7 de febrero de 2013.

Concluyó el proyecto Solar con tecnología CIGS en el Parque Industrial FINSA en San Nicolás de los Garza Nuevo León, la cual es la mayor instalación fotovoltaica en la entidad utilizando una azotea.

BRIAN KRISTOFFERSEN
Gerente Country Manager

Monterrey, N.L., 3 de Septiembre de 2015. GreenGo Energy A/S es uno de los proveedores líderes en los países Nórdicos de soluciones fotovoltaicos, y con su nueva sucursal en México, asistió a la empresa FINSA en la planificación e instalación del sistema fotovoltaico en su sede en Nuevo León. En junio 2015, se entregó la instalación con una capacidad de 140kWp de tecnología CIGS.

FINSA es proveedor de soluciones inmobiliarias integrales a través de desarrollos localizados estratégicamente en México, Estados Unidos y Argentina. FINSA tiene casi 40 años experiencia y desarrollaron y administraron uno de los portafolios de bienes inmuebles más grandes de México.

Junto con AMP Contratistas Eléctrica se completó el proyecto fotovoltaico usando módulos solares de Solar Frontier, tecnología CIGS de Japón para una propiedad de FINSA. El edificio se está usando como corporativo de la empresa Yazaki, proveedor automotriz en Monterrey, México.

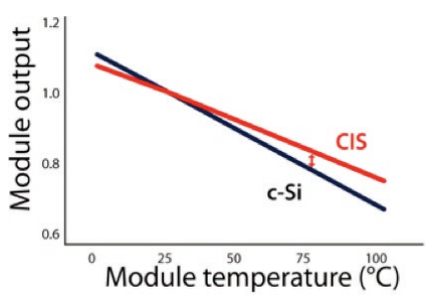
El término CIS se deriva de los elementos en los que se compone dicha tecnología: Cobre, Indio y Selenio.

A diferencia de otros proveedores de CIS, SolarFrontier también adiciona los elementos Galio y Azufre en la capa del semiconductor. CIGS es una tecnología de capa delgada (Thin-film) de tan solo 2-3 µm de espesor en comparación con capas de 200 µm en celdas de silicio cristalino (c-Si).

Los paneles solares CIGS de Solar Frontier cuentan con un marco de aluminio anticorrosivo de larga duración formando un módulo con dimensiones de 1x1.2m. Esto no solo conduce a una mayor flexibilidad en sitio, sino también a una mayor resistencia del producto. Los paneles solares CIGS se componen de una celda en la cual se tienen únicamente 4 juntas de soldadura conectadas por robots. Esto disminuye significativamente el riesgo de baja calidad e incendios en comparación de los módulos de silicio cristalino que cuentan con alrededor de 300 juntas de soldaduras.

Otra ventaja de CIGS es el rendimiento en condiciones de alta temperatura en México. En climas cálidos la temperatura de la celda puede ser mucho mayor que la temperatura ambiente, sin embargo, los módulos CIGS de Solar Frontier cuentan con un coeficiente de temperatura más baja que los módulos c-Si.

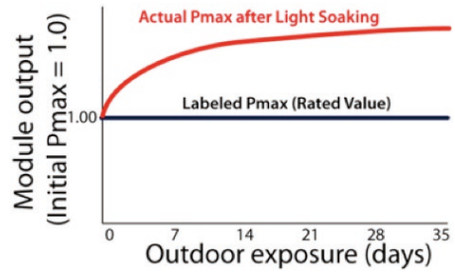
En condiciones STC (condiciones de prueba estándar/ pruebas de laboratorio), donde la temperatura de la celda es de solamente 25 °C, los dos paneles tienen el mismo rendimiento, y en algunos casos para los paneles de c-Si es aún un mayor. Pero al mirar el comportamiento en condiciones NOCT (temperatura normal de las celdas en condiciones de operación), donde la celda tiene una temperatura de 47 °C, la tecnología CIGS es más eficiente y genera más energía debido a su bajo coeficiente de temperatura.



Efecto "Light-Soaking"

Cuando los módulos de capa delgada CIGS de Solar Frontier se exponen por primera vez a la luz solar, sufren el conocido efecto "light-soaking". Esto hace que la potencia de salida del módulo se eleve por encima de su valor nominal.

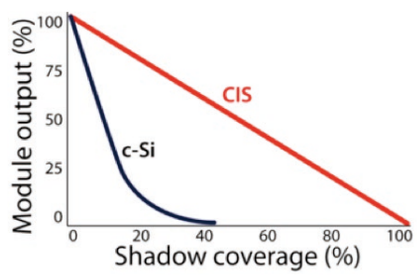
En simulaciones se utiliza el efecto "light-soaking" como un aumento del 4% de la eficiencia del módulo cuando este se expone a la luz del sol.



Tolerancia a la sombra

Gracias al innovador diseño del circuito interno de los módulos CIGS de Solar Frontier la influencia de las sombras sobre el módulo se ve minimizada. Para condiciones de sombras parciales sobre los módulos, en donde los paneles de silicio cristalino típicos disminuirían su generación de electricidad, los módulos CIGS siguen proporcionando energía.

Los módulos C-Si fallan cuando un área pequeña o una celda está cubierta por la sombra, mientras que el módulo CIGS continúa teniendo respuesta fotovoltaica, ya que sólo la parte cubierta por la sombra se ve afectada.



En el proyecto en Nuevo León se instalaron inversores de la marca Fronius. La planta solar producirá anualmente 245,000 kWh, lo cual representa una cobertura en el consumo anual del cliente de alrededor del 20%.La planta de energía solar representará una reducción de CO2 anual de 127 toneladas, lo que equivale a retirar de forma permanente 127 coches de las carreteras, o a la siembra de 113 hectáreas de árboles.

Aplicaciones de la electroquímica en fuentes de energía sustentables Parte I

Bernardo A. Frontana-Uribe1,3* y José-Alfredo Del-Oso1,2,4**

1. Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM, Km 14.5 Carretera Toluca-Atlacomulco, 50200 Toluca, Estado de México, México. *bafrontu@unam.mx

2. Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Prolongación San Isidro No. 151, Col. San Lorenzo Tezonco, Del. Ixtapalapa, C.P. 09790, México D.F., México. **alfredo.deloso@uacm.mx

3. Investigador Titular del Instituto de Química UNAM

4. Profesor-Investigador de T.C. UACM

Debido a la enorme problemática que genera la dependencia a nivel mundial de los hidrocarburos (en especial del petróleo, recurso no renovable) como principal fuente de energía, así como al surgimiento de políticas internacionales de protección al medio ambiente, es necesario recurrir a otras fuentes de energía. Actualmente se consume alrededor de 10 terawatts (TW) de energía por año alrededor del mundo y se estima que se requerirá de un aumento de aproximadamente 35 TW para el año 2050. Esta demanda deberá ser cubierta con fuentes de energías que generen un mínimo de emisión de gases que provoquen el efecto invernadero, y que permitan enriquecer el portafolio de energías disponibles en el país.

La química y en particular la electroquímica pueden contribuir a satisfacer este requerimiento, ya que uno de sus muchos ámbitos de estudio es la transformación entre la energía eléctrica y la energía química. Por ello, este campo de estudio tiene un potencial enorme en la generación de energía renovable, limpia y barata, así como su almacenamiento en caso de excedentes. Esta contribución se enfoca en la aplicación de la electroquímica en estos aspectos de las energías renovables, mostrando en esta primera parte los principios de elaboración y funcionamiento de celdas de combustión de hidrógeno y celdas microbianas o biológicas, así como de celdas orgánicas fotovoltaicas emergentes o de cuarta generación (orgánicas, sensibilizadas con pigmentos y de perovskitas).

Electroquímica y celdas electroquímicas

La electroquímica es la rama de la ciencias químicas que estudia las reacciones de óxido reducción (redox donde hay transferencia de electrones) que ocurren en una interfase polarizada eléctricamente y que generan cambios en el estado de oxidación de especies en disolución. Este proceso ocurre por una diferencia de potencial externa en una celda electroquímica electrolítica o interna en una celda electroquímica galvánica. Las primeras no son espontaneas y requieren energía eléctrica externa para hacerlas, mientras que las segundas, al cerrar el circuito eléctrico donde se conectan, las reacciones ocurren espontáneamente (Figura 1). Uno de sus muchos ámbitos de estudio es la transformación entre la energía eléctrica y la energía química y viceversa, por lo que la electroquímica tiene un potencial enorme de aplicación en la generación de energía renovable, limpia y barata así como su almacenamiento. Toda celda electroquímica está formada por un electrodo donde ocurren las oxidaciones denominado ánodo y otro donde ocurren las reducciones llamado cátodo. Estas reacciones tienen que ocurrir simultáneamente para mantener el equilibrio del sistema. El circuito eléctrico lo cierra un electrolito que permite el paso de una corriente iónica, pudiendo este ser sólido (membrana de intercambio iónico) o líquido (disolución electrolítica).

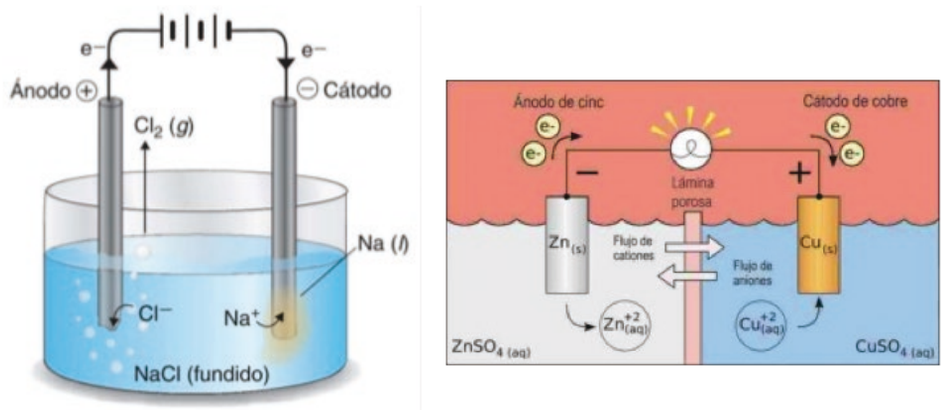


Figura 1. Celda electrolítica (izquierda) y celda galvánica (derecha).

Fuentes electroquímicas de energía

· Celdas de combustible

Una celda de combustible es un dispositivo electroquímico galvánico que convierte la energía química de un combustible en electricidad, a través de una reacción electroquímica de oxidación liberando los electrones contenidos en él. A diferencia de las baterías tradicionales, estas son continuamente alimentadas con combustible y generan electricidad mientras el flujo no se detenga. Las celdas más conocidas por trabajar eficientemente a temperatura ambiente, así como por la simplicidad de su operación y construcción, son las celdas de combustible con membrana de intercambio de protones (PEMFC, por sus siglas en inglés). Esta membrana es el electrolito que separa los electrodos pero al mismo tiempo, permite transportar eficientemente protones del ánodo donde se producen al cátodo donde se consumen para formar agua, producto final del proceso (Figura 2 parte superior). Este dispositivo usa como combustible hidrógeno o un alcohol ligero (metanol o etanol) y a diferencia de un equipo de combustión interna, cuya eficiencia está limitada por el ciclo termodinámico de Carnot (máximo 30%), estas pueden alcanzar eficiencias de transformación de H_2 en electricidad superiores al 60% en una celda y entre 40-50% en una serie (stack) de estas.3 Por otro lado, no contienen partes móviles por lo que su operación es muy silenciosa y se alarga el tiempo de vida. Tanto el ánodo como el cátodo necesitan materiales catalíticos para transformar electroquímicamente las materias primas, H_2 y O_2 respectivamente. Estos materiales, en su mayoría metales nobles (Ru, Pt, Pd, Ir), son caros, sin embargo la aplicación de la nanotecnología y la búsqueda de alternativas a estos metales, ha permitido abatir este costo y estas celdas se han propuesto para generar electricidad en dispositivos móviles como autos. Mucha de la investigación básica que está actualmente desarrollándose es precisamente para poder sustituir estos materiales y las membranas actuales (Nafion) por otros más baratos, abundantes y compatibles con en medio ambiente, lo que permitirá generar una fuente renovable y limpia de energía eléctrica, a partir de reacciones electroquímicas en una celda de combustible. Además, se requiere que se tenga una producción eficiente, barata y segura del hidrógeno. La explosividad y dificultad del manejo del hidrógeno ha retrasado mucho la aplicación de esta tecnología y otros medios para almacenar el hidrógeno están siendo desarrollados para evitar el manejo de este gas a altas presiones. Aunque el voltaje de operación teórico es de 1.23 V en la práctica se obtiene un promedio de 0.8 a 0.9 V por celda, por lo que para alcanzar los valores de voltaje necesarios se apilan múltiples celdas (Figura 2 parte inferior), hasta alcanzar el voltaje de operación necesario. Con el área y el flujo de los gases de entrada se controla la potencia del sistema encontrándose comúnmente en un rango de 1mW-100kW. Otras familias de celdas de combustible cubren las necesidades de producción eléctrica en diferentes niveles.[3]

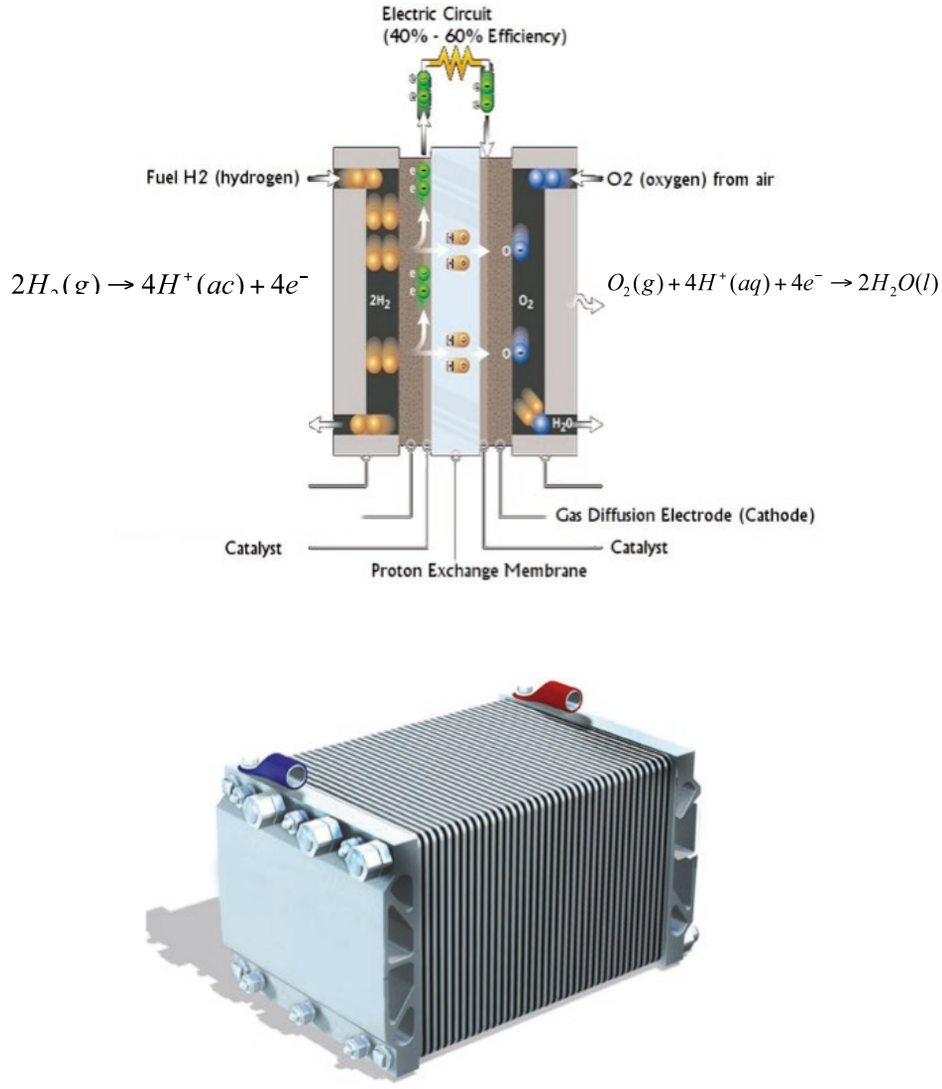


Figura 2. Esquema del funcionamiento de una celda de combustible con membrana de intercambio protónico (parte superior) y batería construida con apilamientos de celdas de combustible (parte inferior). Tomado de la Ref [ ].

· Celdas de combustible microbianas o biológicas

Otro tipo de celdas de combustible son las conocidas como microbianas o biológicas (MFC, por sus siglas en inglés). Este tipo de celdas son consideradas como sistemas bio-electroquímicos, los cuales generan una corriente mediante el uso de bacterias, esto es, que convierten la energía química en energía eléctrica por la reacción catalítica de microorganismos.[8] Una MFC típica está integrada de dos compartimientos, uno anódico y otro catódico, los cuales están separados por una membrana de transporte de protones (PEM). En el compartimiento del ánodo, el combustible tal como glucosa, es oxidado por los microorganismos provocando que se genere CO_2, electrones y protones. Los electrones se transfieren al compartimiento catódico a través de un circuito eléctrico externo, mientras que los protones se transfieren al compartimiento del cátodo a través de la membrana. Los electrones y protones se consumen en el compartimiento catódico, que al combinarse con oxígeno, dan lugar a la formación de agua (Figura 3). [10]

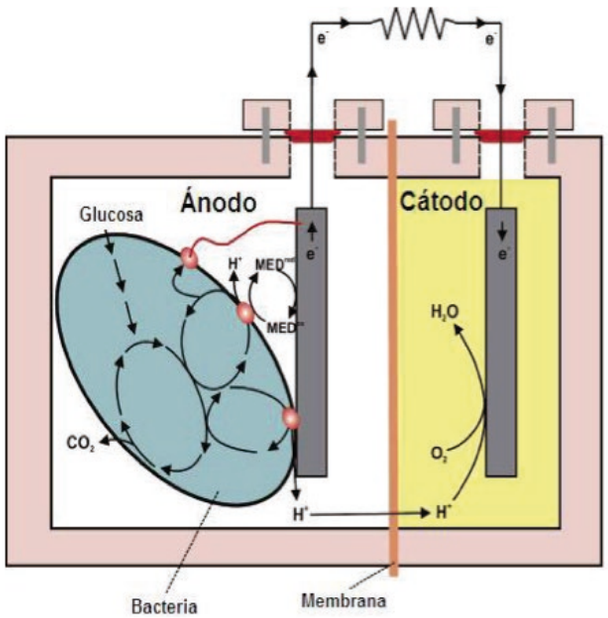


Figura 3. Celda de combustible microbiana (MFC) propuesta por K. Rabaey, et. al. Tomado de la Ref [10].

Esta reacción estequiométrica del metabolismo microbiológico está representada como sigue:

6 12 6+6 2 6 2 + 6 2

Las MFC que contienen la membrana de intercambio protónico (PEM, por sus siglas en inglés), se clasifican en tres configuraciones principales (Figura 4). i) Bioreactor desacoplado de la MFC: los microorganismos generan H2 que se emplea como combustible en una celda de combustible. ii) Bioreactor integrado a la MFC: los microorganismos generan H2 que se convierte a electricidad en una única celda. iii) MFC con transferencia directa de electrones: hay generación eléctrica microbiológica y transferencia directa al ánodo.

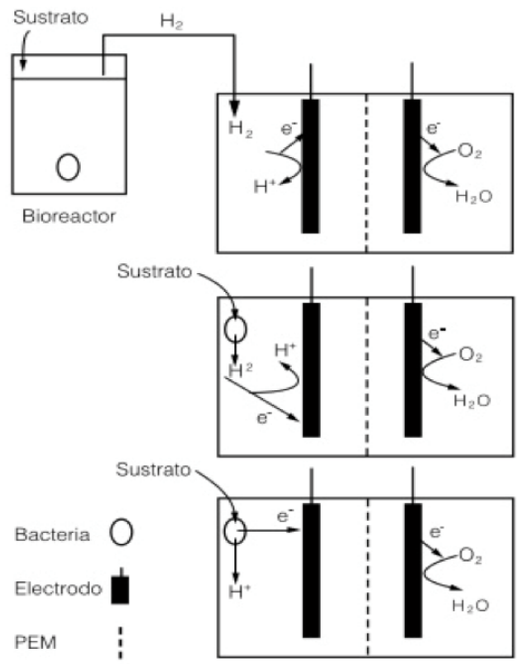


Figura 4. Principales configuraciones de MFC con membrana de intercambio protónico (PEM). Tomado de la Ref [11].

La idea de utilizar celdas microbianas fue inicialmente concebida por un profesor de botánica de la universidad de Durham, Inglaterra, M. Potter en 1911. Este profesor de botánica logró generar electricidad a partir de E. coli, pero sin mucho éxito dentro de la comunidad científica. No sería hasta 1931 cuando Barnet Cohen creó una serie de celdas microbianas, las cuales utilizaban un cierto combustible (para que fuera oxidado por las bacterias), que este tipo de celdas fueron capaces producir aproximadamente 2 mA y más de 35 voltios.

El diseño actual de una MFC nació en 1977 por Suzuki et al., pero no se entendía del todo cómo funcionaban las MFC, sin embargo, la idea fue retomada posteriormente por MJ Allen y más tarde por H. Peter Bennetto. Finalmente, cabe mencionar que en mayo de 2007, la Universidad de Queensland, Australia, completó un prototipo de MFC, el cuál convierte las aguas residuales de una compañía cervecera en dióxido de carbono, agua potable y electricidad.

· Celdas solares emergentes

El aprovechamiento de la radiación solar que llega a la Tierra para generar electricidad, se logra a través un dispositivo llamado celda fotovoltaica, la cual transforma dicha radiación en corriente eléctrica. Las primeras celdas fotovoltaicas a base de silicio fueron elaboradas y patentadas por Russell Ohl, las cuales aprovechan el efecto fotoeléctrico. Este efecto fue explicado por Einstein en 1905, quien recibió el premio nobel de física en 1921. Estas primeras celdas son conocidas como inorgánicas, debido a que los materiales involucrados para su elaboración no cuentan con los elementos carbón e hidrógeno. En la actualidad, se están desarrollando experimentalmente otros tipos de celdas fotovoltaicas emergentes, las llamadas orgánicas, las sensibilizadas con colorantes o pigmentos y las de Perovskita. Estas celdas solares son denominadas también de cuarta generación.

· Celdas solares fotovoltaicas orgánicas

Las celdas fotovoltaicas orgánicas (OPVs, por sus siglas en inglés), aprovechan otro mecanismo para transformar la energía de la radiación solar, en corriente eléctrica. Estas celdas se basan por lo general, en una mezcla de heterounión de bulto (BHJ, por sus siglas en inglés), la cual se obtiene al mezclar en un disolvente orgánico, un polímero semiconductor orgánico rico en electrones (como por ejemplo el poli-[3-hexyltiofeno], P3HT) con un fullereno, que es fácilmente reducible (como por ejemplo el éster metílico del ácido fenil-C61-butirico,PC61BM). Las estructuras químicas tanto del polímero como del fullereno, son mostradas en la Figura 5. Esta mezcla de donador-aceptor de electrones ya colocada en la celda solar es fotoactiva, al recibir la radiación solar genera un estado excitado conocido como excitón, el cual está formado por un par hueco-electrón. Este en presencia del campo eléctrico generado por los electrodos se separa en el electrón y el hueco generando la corriente eléctrica. Las OPVs, fueron evolucionando bajo diferentes tipos de estructuras de la capa activa, entre estas se encuentran la de capa simple, la heterounión de capa (o bicapa), la de heterounión de bulto (BHJ) y hasta la conocida como tándem. Existen varios tipos de arquitecturas en las OPVs, las consideradas de arquitectura directa, las de arquitectura invertida y las tandem. Una OPV de arquitectura directa, está compuesta primero por un sustrato o vidrio recubierto con una capa conductora transparente a la radiación en el visible e NIR como el óxido de indio-estaño (ITO por sus siglas en inglés) que funge como uno de los electrodos de la OPV (el ánodo, que es el recolector de huecos).

Después le sigue un depósito polimérico (por lo general el poli-[3,4-etilenedioxitiofeno]:poli-[estiren-sulfonato],PEDOT:PSS (Figura 5). A continuación se coloca la capa activa con arquitectura de heterounión en el bulto y al final, el dispositivo se "cierra" mediante el depósito del otro electrodo (metálico), conocido como cátodo (que es el recolector de electrones), como se puede ver en la Figura 6. Por el contrario, en una celda de arquitectura invertida, el ITO seguido de una capa de óxido de zinc (ZnO), funge el papel de recolector de electrones, mientras que el otro electrodo (anteponiendo una capa de PEDOT:PSS) hará ahora, la labor de recolector de huecos.

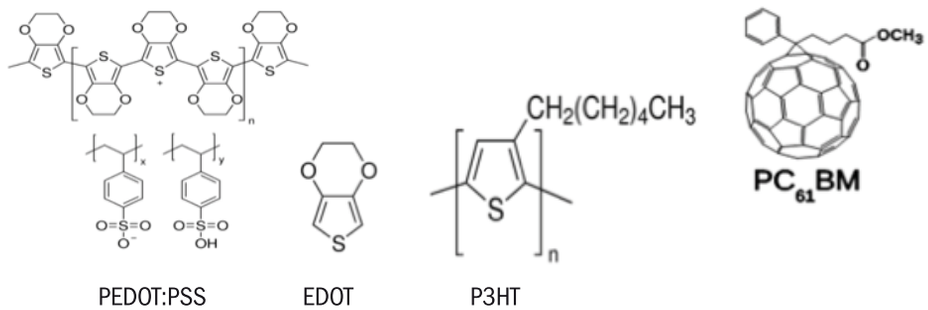


Figura 5. Polímeros, monómero y fullereno comúnmente utilizados en OPVs. Tomado de la Ref [19].

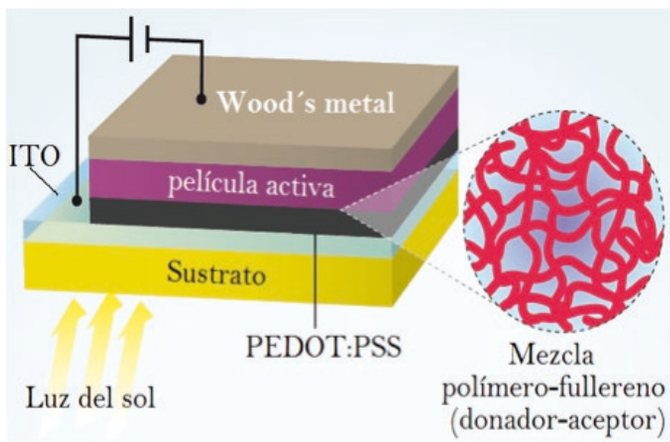


Figura 6. OPV con arquitectura directa. Tomado de la Ref [21].

La explicación del mecanismo para la generación de la corriente eléctrica en la OPV, es la siguiente: El sustrato y el ITO dejan pasar la mayor parte de la radiación solar hacia la capa activa, ésta, está constituida por un material electro-donador (el polímero orgánico semiconductor) y un material electro-aceptor (derivado del fullereno C-60, PCBM). Cuando un fotón con la energía adecuada incide sobre uno de los electrones del electro-donador en su estado orbital de más alta energía (HOMO), lo excita hasta llevarlo a su estado de orbital desocupado de más baja energía (LUMO), formando así un par hueco-electrón, conocido como excitón. Para separar este estado, se requiere la interacción del electro-aceptor, lo cual se produce en la interface, debido a la interacción del campo eléctrico que se forma por la diferencia de los niveles energéticos entre el electro-donador y el electro-aceptor. El electrón trata de migrar a través del fullereno, hasta el cátodo, mientras que el hueco de difunde a través del PEDOT, hasta alcanzar el ánodo, obteniendo así la generación de corriente eléctrica (Figura 7).

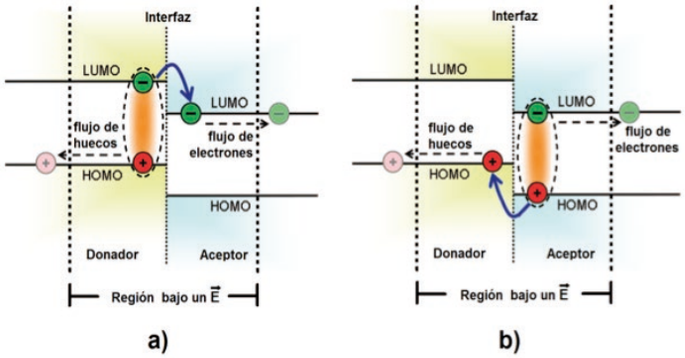


Figura 7. Esquema que muestra la generación del excitón, en el a) electro-donador y b) electro-aceptor. Tomada de la Ref [22].

Por otro lado, una parte importante en la elaboración de una OPV, es que sus componentes orgánicos no se degraden y sean lo más estables posibles ante la interacción del medio ambiente (esto es, ante la radiación misma y al medio ambiente). Uno de estos componentes orgánicos, es la capa de PEDOT, la cual tiene la función de modificar el ánodo (el ITO) para mejorar la extracción y recolección de los huecos. Por lo general, la técnica para obtener esta capa es mediante rotación o centrifugado (spin-coating), ya que en su presentación acuosa, esto es, el PEDOT:PSS, así lo permite. El problema de obtener esta capa por este método, es que requiere después de la deposición, un recocido para quitar la humedad y poder obtener una mejor morfología, o sea, un mejor entrelazamiento entre las moléculas de PEDOT, pero la presencia del otro polímero el PSS (que es un aislante y muy afín a la humedad), provoca que disminuya su conductividad. Para solucionar este problema, la electroquímica puede ser empleada para generación la película polimérica de PEDOT (sin la presencia del PSS) mediante la electropolimerización (Figura 8) anódica del monómero EDOT en una celda electroquímica de tres electrodos, ya sea por voltamperometría cíclica (CV) o cronoamperometría (CA). Estas técnicas tiene varías ventajas, ya que la electropolimerización se puede realizar directamente sobre el ITO (que fungiría como el electrodo de trabajo). Así mismo, se hace uso de disolventes orgánico anhidros (como el acetronitrilo) y se puede controlar el espesor, la morfología, el grado de oxidación (nivel de dopado) y hasta su conductancia, características todas ellas de suma importancia que debe tener la capa de PEDOT, para mejorar la extracción de huecos.

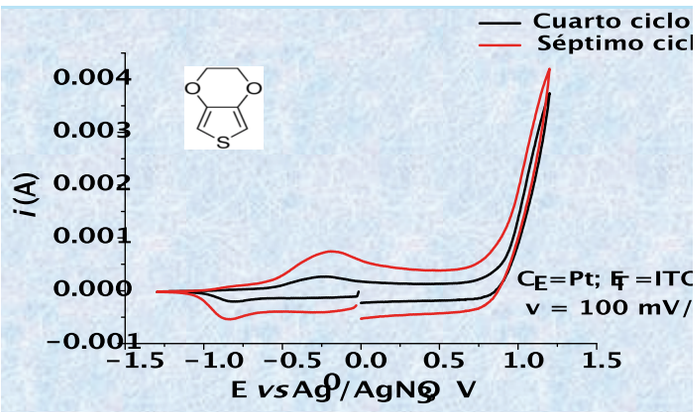


Figura 8. Electropolimerización por CV, del sistema EDOT 0.001 M / perclorato de tetrabutilamonio (TBAP) 0.1M en acetonitrilo (ACN). Tomado de la Ref [23].

· Celdas solares sensibilizadas con colorantes ó pigmentos(Celdas Graetzel)

Este tipo de celda solar sensibilizada por colorantes (DSSC, por sus siglas en inglés Dye Sensitized Solar Cell) o celda solar Graetzel, nuevamente utiliza los principios básicos de la electroquímica, ya que produce electricidad por el proceso foto-electroquímico. Estas celdas fueron desarrolladas porBrian O'Regan y Michael Grätzel (profesor de la Escuela Politécnica Federal de Lausana, Suiza) en 1988, cuya producción en masa inició en octubre de 2009. La arquitectura de una DSSC (Figura 9), consiste de dos electrodos uno de ellos es un fotoelectrodo compuesto, mientras que el otro es una placa metálica en presencia de una solución electrolítica que cierra el circuito. El electrodo compuesto está construido con nanocristales de dióxido de titanio (TiO2) depositados en un vidrio conductor (por ejemplo el óxido de estaño dopado con flúor, SnO2:F), sobre el cual se impregna un colorante fotoactivo.

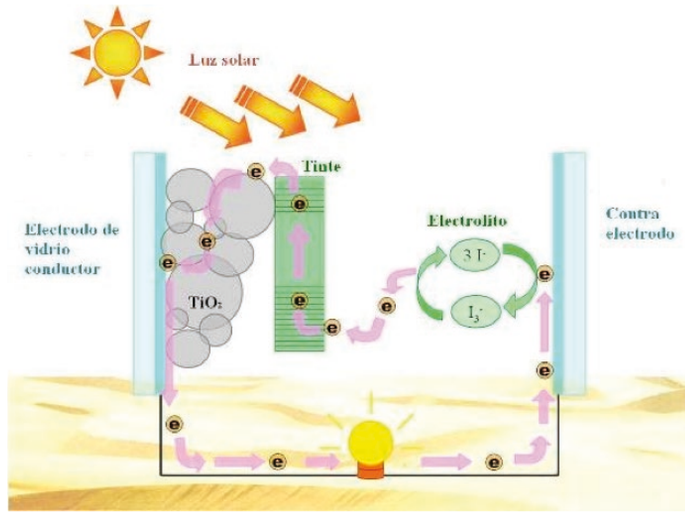


Figura 9. Arquitectura de una celda sensibilizada por colorante (DSSC). Tomado de la Ref [25].

El principio básico de una DSSC, utiliza el proceso foto-electroquímico siguiente: cuando la radiación del sol pasa por el electrodo compuesto, el colorante absorbe la energía de los fotones y parte de los electrones de este pasan a un estado excitado, mismos que pueden pasar a la banda de conducción del TiO2. Al ocurrir esto el colorante se oxida y recupera su estado inicial (reducido) al interaccionar con un par redox disuelto en el electrolito. El circuito se cierra con un proceso electroquímico donde un par redox (I-/I3- es el más comúnmente usado) recibe los electrones que han circulado por el dispositivo generando una reacción de reducción de la especie oxidada y la especie reducida, generada en el contraelectrodo, transporta los electrones hasta el pigmento. Cuando este proceso es cíclico, da origen a la energía eléctrica. A este proceso suele llamársele también fotosíntesis artificial, dado que se pueden utilizar algunos colorantes naturales encontrados como en las fresas y moras, que contienen pigmentos púrpura o rojo, conocidos como antocianinas. Hasta el momento, los colorantes o pigmentos sensibles a la luz se han fabricado usando nanopartículas, pero se están estudiando los nanotubos para reemplazar las capas de

partículas en el pigmento sensible de las DSSC, ya que está limita la difusión para el transporte de los electrones, lo que limita la eficiencia, especialmente en longitudes de ondas largas. Esto se debe a que existen muchos defectos en las fronteras de contacto entre las nanopartículas que actúan como trampas para los electrones, limitando así su desplazamiento.

· Celdas solares de Perovskita

Unas de las más recientes celdas solares y con mucho interés en la comunidad científica internacional por sus altos valores de eficiencias de conversión eléctrica (20.1% en septiembre 2015), son las celdas de perovskita. Estas contienen como capa activa un compuesto inorgánico-orgánico fotoactivo con estructura de perovskita. La composición química de estos compuestos tiene la fórmula CH3NH3PbI3, CH3NH3PbI3−xClx y CH3NH3PbI3−xBrx. Los materiales con estructura de perovskita han sido bien conocido durante muchos años, pero la primera incorporación en una celda solar fue reportado por Miyasaka et al. En el 2009, donde la arquitectura estaba basada en una la celda solar sensibilizada por colorante.

Las celdas de perovskita funcionan eficientemente en diferentes arquitecturas dependiendo de rol que juegue el material de perovskita en el dispositivo o de la naturaleza del electrodo superior e inferior. Los dispositivos en los que las cargas positivas se extraen por el electrodo transparente (ánodo), se pueden dividir en 'sensibilizados', donde las funciones de la perovskita principalmente son la de un absorbente de luz y el transporte de carga se produce en otros materiales; o también puede hacer el rol 'de película delgada', donde la mayor parte del transporte de electrones o agujero se produce principalmente en la propia perovskita. Para el caso de la celda solar sensibilizada con perovskita (Figura 10), la capa activa consiste en una película de TiO2 mesoporoso que es recubierto con la perovskita, que es el absorbedor de la luz y así, cuando la capa activa se pone en contacto con un material de tipo n para la extracción de electrones fotogenerados y un material de tipo p para la extracción agujero, es cuando se genera la energía eléctrica.

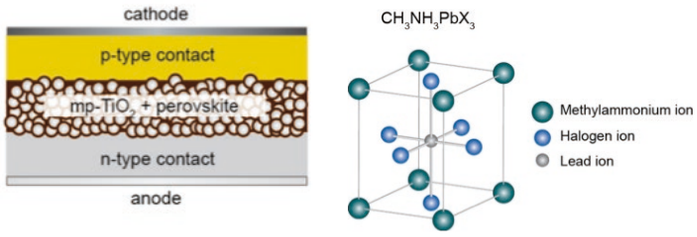


Figura 10. Arquitectura de una celda solar sensibilizada con perovskita (izquierda). Estructura cristalina de la perovskita CH3NH3PbI3 usada como elemento fotoactivo en la capa activa (derecha). Tomado de la Ref [30].

Las celdas solares con perovskita están en una etapa de intensa investigación, ya que se busca que en el futuro los paneles solares del futuro serán transparentes, ligero, flexible y ultra-eficiente, y que serán tan baratos como la colocación de papel tapiz. Pero hasta julio de 2015, los principales obstáculos han sido que la más grande de área activa de una celda solar sensibilizada con perovskita ha sido tan sólo del tamaño de una uña, la cual se degradan rápidamente en ambientes húmedos. En este aspecto, la electroquímica podría jugar un rol importante para solucionar este problema, ya que los electrodos de TiO2, se podrían obtener mediante el uso de algunas de las técnicas electroquímicas.

· Conclusión

En esta contribución se han discutido algunas de las fuentes de energía sustentables donde la electroquímica tiene fuerte impacto. En toda ellas están involucrados procesos de óxido-reducción que pueden ser controlados y llevados a cabo de manera eficiente y rápida por métodos electroquímicos. Una fuerte interacción entre las distintas áreas involucradas en el estudio de las fuentes renovables y sustentables de energía, que incluya a especialistas del área electroquímica, deberá de permitir mayor impacto de las investigaciones en este tema.

Bibliografía

1 Se agradece el apoyo de los proyectos CONACYT 179356 y SECITI-UACM PI2014-34.
2 John O'Mara Bockris, Amulya K.N. Reddy, Electroquímica moderna, Reverté, Volumen 1, 2003, España.
3 S. Supramaniam, Fuel CellsFrom Fundametals to Aplications, Spriger, 2006.
4 Wang, Yun; Chen, Ken; Mishler, Jeffrey; Chan Cho, Sung; and Cordobes Adroher, Xavier, "A review of polymer electrolyte membrane fuel cells: Technology, applications, and needs on fundamental research" Applied Energy, 88, 981–1007, 2011.
5 http://www.nytimes.com/2015/04/17/automobiles/hydrogen-fuel-cell-cars-return-for-another-run.html?_r=0. Consultada19/09/2015
6 I. P. Jain, P. Jain, A. Jain, "Novel hydrogen storage materials: A review of lightweight complex hydrides", Journal of Alloys and Compounds, 503, 303–339, 2010.
7 http://www.brimosduurzameenergie.nl/en/products
8 Allen, R. M.; Bennetto, H.P., "Microbial fuel cells: Electricity production from carbohydrates". Applied Biochemistry and Biotechnology. 39-40: 27–40, 1993. doi:10.1007/bf02918975.
9 K Rabaey, G Lissens, SD Siciliano, W Verstraete - Biotechnology letters, 2003 - Springer
10 http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/316/A5.pdf?sequence=5
11 L. Alzate-Gaviria, C. Fuentes-Albarrán, A. Álvarez-Gallegos y P. J. Sebastian., "Generación de electricidad a partir de una celda de combustible microbiana tipo PEM", Interciencia, 33 (7), 503-509, 2008.
12 Potter, M.C. Potter, "Electrical effects accompanying the decomposition of organic compounds. Royal Society" (Formerly Proceedings of the Royal Society) B, 84, 260-276, 1911.
13 Cohen, B., The Bacterial Culture as an Electrical Half-Cell, Journal of Bacteriology, 21, 18–19, 1931.
14 Karube, Isao; Matsunaga, Tadashi; Tsuru, Shinya; Suzuki, Shuichi., "Biochemical cells utilizing immobilized cells of Clostridium butyricum"., Biotechnology and Bioengineering 19 (11): 1727–1733, 1977. doi:10.1002/bit.260191112.
15 "Brewing a sustainable energy solution". The University of Queensland Australia. Retrieved 26 August 2014.
16 http://ethw.org/Oral-History:Russel_S._Ohl#About_Russel_S._Ohl
17 Michail J. Beliatis et al., "Hybrid Graphene-Metal Oxide Solution Processed Electron Transport Layers for Large Area High-Performance Organic Photovoltaics", Adv. Mater., 26, 2078–2083, 2014.
18 P.W.M. Blom, "Device physics of polymer: fullerene bulk heterojunction solar cell", Adv. Mater. 19, 1551 -1566, 2007.
19 http://www.sigmaaldrich.com/mexico.html
20 http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/viewFile/330/pdf
21 Proporcionada por el grupo GPOM del CIO (http://www.cio.mx/invest_13/gpom/sobregpom.html)
22 Esquema basado en el reportado por: Tracey M. Clarke and James R. Durrant, "Charge Photogeneration in Organic Solar Cells", Chem. Rev., 110, 6736–6767, 2010.
23 J. A. Del-Oso, B. A. Frontana-Uribe, J. L. Maldonado, G. Roa-Morales and M. Rivera-Hernández., "Control of the morphology, thickness, conductance and band gap of film polymer poly[ethylenedioxythiophene] (PEDOT), by means of electrochemical deposition", en preparación.
24 http://lpi.epfl.ch/graetzel
25 http://celeq.ucr.ac.cr/investigacion/proyectos-vigentes/35-celdas-solares

Módulo Solar mr

40 AÑOS EN LO MÁS ALTO

Líderazgo sustentable en soluciones tecnológicas para el aprovechamiento de la energía solar térmica desde 1975

Más de 300,000 calentadores solares instalados desde 1975

- Productos Certificados internacionalmente.
- Exportadores a Centro, Sudamérica y Europa.
- Más de 200 distribuidores en México.
- Primeros en México con un centro privado para Investigación, Desarrollo e Innovación.
- **La planta de producción más grande en Norteamérica.**

Módulo Solar, S.A. de C.V.
Calle 23 este no. 3, col. CIVAC
Jiutepec, Mor. 62578
Tels (777) 312 8017, 318 0104
01 800 999 5500
www.modulosolar.com.mx

ISO 9001:2008

SOLAR KEYMARK

FLORIDA SOLAR ENERGY CENTER
A Research Institute of the University of Central Florida