

**EXTENDIENDO EL USO DE LA GENERACIÓN ELECTRICA USANDO TECNOLOGÍAS  
ENERGETICAS SOLARES Y EÓLICAS EN LAS AMERICAS**

Ing. Robert Foster  
Instituto de Desarrollo de Tecnología del Suroeste  
Universidad Estatal de Nuevo México  
Las Cruces, Nuevo México, EE.UU.

Ing. Ron Pate  
Laboratorios Nacional de Sandia  
Investigaciones de Sistemas Fotovoltaicos  
Albuquerque, Nuevo México, EE.UU.

**RESUMEN**

A más de dos mil millones de personas en el mundo les hace falta electricidad para necesidades básicas y crecimiento económico. Para la mayoría de esta gente existe poca probabilidad de recibir electricidad de fuentes energéticas de redes convencionales en un futuro próximo. Sin embargo, hay un interés creciente en el suministro de electricidad a regiones en vía de desarrollo a través del uso de fuentes energéticas solares y eólicas. El mercado fotovoltaico (FV) mundial está experimentando un crecimiento tremendo con ventas de módulos en 1991 de 55.3MW, 19% más que en el 1990. El programa FV de los Estados Unidos está cambiando su enfoque de esfuerzos de investigaciones y desarrollo a esfuerzos de comercialización mundial. El Departamento de Energía de los EE.UU., dentro su estrategia SOLAR 2000, ha iniciado algunos programas para acelerar la adopción de tecnología FV. Programas como FINESSE (por sus siglas en Inglés) y Américas Siglo 21, están tratando de romper barreras institucionales y financieras a través del condicionamiento del mercado, desarrollo de proyectos conjuntos, y formación de asociaciones, llevando a la expansión del mercado e institucionalización de tecnologías de recursos renovables. Bajo el programa Américas Siglo 21, esfuerzos cooperativos con México y Brasil han sido establecidos para apoyar el uso sustentable de tecnologías de energía renovable en zonas rurales. Los Laboratorios Nacionales de Sandia (SNL) están trabajando activamente en un esfuerzo cooperativo con México y también están apoyando actividades energéticas solares y eólicas con la Asociación Cooperativa Nacional de Electricidad Rural y la Agencia de Desarrollo Internacional de los EE.UU en Centroamerica y Bolivia. Además, SNL está cooperando con Enersol en la República Dominicana y Honduras, y está ayudando al desarrollo FV de sistemas de potabilización del agua con la Organización de Salud Pan-Americana y Voluntarios en Asistencia Técnica. Esta presentación detalla las actividades solares y eólicas del SNL y discute el estado de esfuerzos cooperativos entre los EE.UU. y países Latinoamericanos.

**INTRODUCCION**

A pesar de dos décadas de inversiones considerables por la parte de países en vía de desarrollo en proyectos de electrificación, los cuales a menudo llevan un gran costo ambiental y social, existen más de 2 billones de personas en regiones en vías de desarrollo que todavía no cuentan con electricidad para necesidades básicas y crecimiento económico. En América Latina, millones de familias dependen absolutamente de lámparas de querosén para luz, pilas para radios, y a veces, baterías de automóvil recargadas semanalmente en estaciones de gasolina para ver televisión. Para la mayoría de estas personas existen pocas posibilidades de recibir electricidad de redes conectadas a fuentes convencionales en un futuro próximo. Sin embargo, hay un interés creciente en el suministro de electricidad a regiones en vías de desarrollo en toda América a través del uso de fuentes energéticas solares y eólicas. Tanto la energía solar como la energía eólica, ofrecen independencia energética y desarrollo sustentable a través del uso de recursos renovables indígenas al área y de la creación de trabajos a largo plazo sin los problemas ambientales asociados con la propagación de combustible (petróleo) y redes nucleares e hidroeléctricas.

La tecnología de energía solar y eólica está empezando a jugar un papel importante en la provisión de energía a las regiones rurales en las Américas. En América Latina, la energía solar y eólica puede proveer niveles modestos de energía para luz, radio, televisión, ventilación, la recarga de baterías y otras pequeñas necesidades en residencias rurales, clínicas y escuelas, a un bajo costo, a la vez que ayuda a controlar la migración a las áreas metropolitanas. Para necesidades más grandes, la combinación de tecnologías fotovoltaicas y eólicas, con un generador diesel y almacenamiento de baterías en una configuración híbrida, brinda un sistema más confiable y seguro a un costo más razonable que con cualquier otra tecnología por sí sola. El bombeo de agua y su potabilización también son buenas aplicaciones de energía solar y eólica en América Latina.

Sistemas termales solares y eólicos a gran escala se están tornando atractivos a un costo de US\$.06-US\$.09/kWh para la generación de energía eléctrica en grandes cantidades. FV, aunque no es tan atractivo económicamente como la energía termal solar o eólica para la generación de energía en grandes cantidades, juega un papel aún más importante en América Latina como una fuente energética para aplicaciones remotas y distribuidas debido a su confiabilidad y modularidad. El costo de la energía FV ha disminuido de alrededor de US\$60/kWh en 1970 a US\$1/kWh para el año 1980 hasta alcanzar el costo US\$.25-.30/kWh en instalaciones a grande escala que tiene hoy en día. Los precios de módulos de silicio cristalino FV han bajado desde US\$500/W en 1972 a US\$4-4.50/W en 1992 para cantidades grandes. La eficiencia de módulos ha crecido, con módulos comercialmente disponibles, del 11% al 15%. Celdas de laboratorios de investigación muestran eficiencias sobre el 34%. Finalmente, la confiabilidad de los módulos comerciales FV ha mejorado hasta ser de 20 años o más (Jones, 1991).

### **Crecimiento del Mercado de Energía Solar/Eólica**

La necesidad para la electricidad crece mucho más rápido para naciones sub-desarrolladas que para las naciones que ya están industrializadas. En general, las tablas promedio de crecimiento anual en electricidad para países en vía de desarrollo fueron de alrededor del 10% durante los años 70 y del 7% durante los 80. El crecimiento promedio anual proyectado para la demanda de electricidad en los 90 es de 6.6% para países en vía de desarrollo y 1.2% para países desarrollados. Se espera que América Latina sola incremente 66GW en su capacidad de generación eléctrica adicional para el año 2000 (Schramm, 1990). Para un número de países Latino Americanos, tales como Bolivia, Guatemala, Haití, Honduras, y Nicaragua, más del 50% de la población está más allá del alcance de la red de electricidad.

El rápido crecimiento del mercado mundial para Fotovoltaicos se refleja en la demanda de electrificación rural en regiones en vía de desarrollo. La producción total mundial de FV en 1980 fue de solo 4MW. En 1991, la producción de módulos FV fue de 55.3MW, un incremento del 19% sobre 1990 (Tabla 1). En 1991 los EE.UU. produjo 17.1MW del total mundial, de lo cual 9MW fueron exportados (Rannels, 1992). La mayor parte de la producción mundial FV es de los EE.UU., Alemania, y Japón. La mayoría del producción FV en Japón es para mercancías electrónicas y no módulos FV. Brasil es el único país Latino Americano que produce sus propias celdas FV.

**Tabla 1: Ventas Fotovoltaicos Mundial (MW)**

|              | <b>1986</b> | <b>1987</b> | <b>1988</b> | <b>1989</b> | <b>1990</b> | <b>1991</b> |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| EE.UU.       | 7.1         | 8.7         | 11.3        | 14.1        | 14.8        | 17.1        |
| Japón        | 12.6        | 13.2        | 12.8        | 14.2        | 16.8        | 19.9        |
| Europa       | 4.0         | 4.5         | 6.7         | 7.9         | 10.2        | 13.4        |
| Otros        | 2.3         | 2.8         | 3.0         | 4.0         | 4.7         | 5.0         |
| <b>TOTAL</b> | <b>26.0</b> | <b>29.2</b> | <b>33.8</b> | <b>40.2</b> | <b>46.5</b> | <b>55.3</b> |

### **ESTRATEGIA DE COLABORACION SOLAR 2000**

La meta principal del programa fotovoltaico del Departamento de Energía de los EE.UU. (DOE-U.S. Department of Energy) es estimular una rebaja en el costo de FV y acelerar la aceptación y la adopción de la tecnología fotovoltaica por parte de los servicios públicos de electricidad y otros usuarios. El programa fotovoltaico de los EE.UU. está cambiado su enfoque de esfuerzos de investigación y desarrollo a esfuerzos para la expansión de la comercialización mundial. En 1990, DOE estableció su estrategia de colaboración SOLAR 2000 para amortiguar las barreras tecnológicas del mercado, que han limitado el crecimiento de la tecnología FV en el mercado, y por ende, acelerar la adopción de la tecnología FV. SOLAR 2000 enfatizan en la formación de asociaciones entre elementos claves en cada fase del ciclo de desarrollo de tecnología y comercialización.

La meta de SOLAR 2000 es el apoyar la propagación mundial de 1,400MW de sistemas FV hechos en los EE.UU., de los cuales aproximadamente 900MW están instalados en los EE.UU. (250MW de los cuales existen para aplicaciones de servicios públicos) y 500MW instalados fuera de los EE.UU. para el año 2000. Esto requerirá que la capacidad de producción de la industria crezca a casi el 40% anualmente hasta el final de la década (DOE, 1991). La estrategia SOLAR 2000 enfoca en tres áreas principales: desarrollo tecnológico y validación, acondicionamiento del mercado, y proyectos conjuntos.

El desarrollo tecnológico y la validación asegura que tecnología ya probada está disponible y que los datos técnicos de la línea de base necesarios están accesibles a la comunidad usuaria. DOE está interesado en asegurar la disponibilidad de tecnología que este al alcance de todos, desarrollando así, una industria saludable, identificando los mercados sustentables, y dirigiéndose a las necesidades de un consumidor bien informado e interesado.

Para poder lograr estos objetivos, el programa Estadounidense emplea una estrategia de iniciativas cooperativas en el desarrollo y la investigación de celdas FV y en el desarrollo de tecnología de manufactura tales como la Fabricación de Aparatos Fotovoltaicos de los Laboratorios Nacional de Sandia, los Laboratorios de Medida de Aparatos y la Iniciativa de Producción Fotovoltaica. DOE, a través de los Laboratorios Nacional de Sandia (SNL-Sandia National Laboratories), está involucrado activamente con la prueba de sistemas fotovoltaicos y eólicos, su evaluación y desarrollo. DOE también ofrece asistencia técnica y desarrollo de

mercadeo. La meta final de estas actividades es conseguir la aceptación de la tecnología de energía renovable y brindar energía estable a un costo mínimo para el usuario.

El condicionamiento del mercado está dirigido a la mejora del entendimiento de la serie de beneficios que ofrecen las opciones de energía renovable y a la identificación y amortiguación de factores discriminatorios en la estructura de las regulaciones y política existente. Se necesita que los beneficios ambientales, sociales, financieros y técnicos de la tecnología de energía renovable sean comunicados en una forma realista a los posibles usuarios futuros, a los que invierten, y al público. El programa Estadounidense está interesado en superar los prejuicios en contra de las energías renovables que son una parte inherente de las leyes, impuestos y subvenciones que se han desarrollado dentro de una economía e instituciones que favorecen el uso de combustibles no renovables (petróleo) y recursos nucleares. El programa está interesado en eliminar, a nivel internacional, impuestos y tarifas de importación en productos de energía renovable, los cuales desalientan su uso mientras incentivan mayor dependencia en combustibles no renovables.

Proyectos de asociaciones conjuntas intentan identificar oportunidades de proyecto y de las barreras relacionadas con el aspecto económico de los proyectos (fondos), influyendo a los recursos financieros existentes. Estas barreras existen en parte como el resultado de las tendencias que tienen las instituciones de préstamos a ser prevenidos al usar tecnologías las cuales no conocen bien, combinado con precios pocos atractivos. Reducciones de costo para sistemas de energía renovable solo se dan con el incremento en ventas en mercados nuevos. Las actividades del programa Estadounidense incluyen el proveer fondos para proyectos pilotos, y el trabajar con la industria y organismos reguladores para encontrar nuevas maneras de tumbar barreras económicas para el uso de sistemas de energías renovables. El enfoque de estas actividades es el encontrar proyectos pilotos que resulten en un crecimiento sostenido del mercado. La Asociación de Industrias de Energía Solar (SEIA-Solar Energy Industries Association) está trabajando con el apoyo del DOE, el cual ayuda a cuerpos regulatorios para que determinen métodos financieros que permitan la instalación de sistemas de energía renovable sin impactar el costo de los servicios públicos a largo plazo.

La estrategia de servicios públicos eléctricos que está siendo utilizada en la actualidad por el Programa Nacional Fotovoltaico de los EE.UU., a través de los Laboratorios Nacional de Sandia, está basada en la incorporación de fotovoltaicos a un proceso de planificación de recursos de servicios públicos, en el cual la selección de una opción de materiales está basada en el costo mínimo para enfrentar cada una de las cargas de servicios públicos para la electrificación rural y urbana en países desarrollados y sub-desarrollados. La estrategia de uso de FV en servicios públicos está dirigida a la demostración de los muchos usos en el área de servicios públicos a bajo costo que pueden ser llevados a cabo en poco tiempo.

Algunos de los componentes principales en la estrategia de desarrollo internacional de energía renovable de SOLAR 2000 incluyen el enfocar la atención en países con gobiernos comprometidos en proyectos de bajo costo de energía renovable junto con el apoyo industrial y de fuentes de financiamiento. El programa Estadounidense está interesado en formar

sociedades industriales que identifiquen y trabajen con agencias locales que estén motivadas y con instituciones que apoyen el desarrollo de las energías renovables. El programa Estadounidense puede informar a participantes potenciales de proyectos acerca de los beneficios, los obstáculos y la viabilidad de FV para necesidades específicas, así como ayudar a institucionalizar la consideración de sistemas de energía renovable en el desarrollo rural y la planificación de electrificación. Finalmente, la estrategia del programa Estadounidense está dirigida a la promoción de desarrollo sustentable a través del fortalecimiento de las industrias locales de energía renovable capaces del mercadeo, el suministro, el diseño, la instalación y el mantenimiento de sistemas de energía renovable utilizando entrenamiento y experiencia de proyectos.

### **ACTIVIDADES FOTOVOLTAICOS EN LOS EE.UU.**

#### **Sistemas Fuera de Red Perteneciente a los Servicios Públicos**

Los servicios públicos tienen muchos usos para fuentes pequeñas de energía, muchas veces en sitios remotos que son difíciles para proveer con energía convencional, como luz para torres de transmisión, protección catódica para estructuras, interruptores seccionalizantes, sistemas de monitoreo y enlaces de comunicación microonda. Aunque este mercado no es grande (menos de .5MW anualmente en los EE.UU.), estas aplicaciones tienen un costo bajo en la actualidad. Por ejemplo, Pacific Gas & Electric (PG&E por sus siglas en Inglés), ha estimado que un sistema de FV que brinde luz para una torre de 190 pies en la sección sur de la bahía de San Fransisco resultaría en un ahorro de más de 25 veces el costo inicial del sistema FV durante el transcurso de su vida comparado con los medios convencionales (Jones, 1992).

#### **Sistemas de Servicio al Consumidor, Fuera de Red, Pertenecientes a los Servicios Públicos**

Este tipo de aplicación existe en donde un servicio público llena la necesidad del consumidor con generación en el sitio en vez de una conexión de línea de extensión. La electrificación rural para consumidores pequeños puede ser de bajo costo para este tipo de aplicación. El bombeo de agua para ganado, letreros comerciales, y luz para hogares remotos, pueden utilizar energía solar o eólica como una opción de energía a un costo menor. Al rededor de 80 sistemas FV individuales para bombeo de agua han sido suministrados a ranchos en los EE.UU. por la Autoridad de Potencias en el Area Oeste (WAPA-Western Area Power Authority), en vez de líneas de extensión. El Instituto de Investigación de Energía Electrica (EPRI-Electric Power Reserach Institute) ha patrocinado alrededor de 15 instalaciones adicionales (Stokes, 1992).

La Autoridad de Energía de Alaska, con el apoyo del Centro de Diseño Fotovoltaico del SNL y el Instituto de Desarrollo de Tecnología del Suroeste (SWTDI-Southwest Technology Development Institute), están evaluando la factibilidad de introducir la generación de energía solar y eólica en más de 100 pueblos remotos en Alaska que

actualmente utilizan generadores diesel para electricidad a un costo de US\$1-1.50/kWh. Las cargas de necesidades y los recursos solares han sido estudiados en varios pueblos en Alaska desde 1989. DOE fue el pionero en centralizar la electrificación del pueblo en 1980 con el primer sistema fuera de red de 100kW usando módulos de "Block 2" en el Monumento Nacional de Puentes Naturales en el estado de Utah, EE.UU., para el Servicio Nacional de Parques de los EE.UU.

### **Generación Distribuida Conectada a la Red, Perteneciente a los Servicios Públicos**

Los servicios públicos han encontrado un uso para FV brindando generación de energía en un nivel de distribución. FV puede ayudar a resolver problemas como aliviar los estancamientos en cargas de potencia al nivel local lo cual resulta en la sobrecarga por corto tiempo en líneas y transformadores, fluctuación de voltaje debido a líneas largas y la baja calidad de potencia debido a cargas que tienen elementos de generación armónica.

El Sistema Eléctrico de Nueva Inglaterra (en el área noreste de los EE.UU.), ha puesto 30 sistemas FV de techo en casas en Gardner, en el estado de Massachusetts, para ver como la generación FV impactaría una área residencial con una línea de distribución larga. Hubo preocupación de que la variabilidad del recurso solar, combinado con la variabilidad de la carga residencial, causaría problemas de fluctuación en la calidad de energía y el voltaje en la línea. Sin embargo, los sistemas FV distribuidos mejoraron la calidad de energía y redujeron la fluctuación en el voltaje de línea. Este ejemplo demuestra como FV, además de brindar energía, puede ayudar a mejorar la calidad de la energía a nivel de distribución. Similarmente, PG&E ha analizado la posibilidad de utilizar FV en una subestación, con un punto cima de carga eléctrica en el día que podría causar que el transformador sea reemplazado temprano en el curso de vida de su diseño e inclusive podría resultar en una reconstrucción del sistema de distribución. PG&E encontró que al utilizar FV en el lado de distribución del consumidor de la subestación se podía reducir o eliminar la necesidad de reemplazar el transformador prematuramente y de la reconducción de líneas, lo cual incrementaría el valor total del sistema FV por un factor de tres sobre el valor de la energía por sí sola (Jones, 1992).

### **Generación Sobre Sitio, Conectada a la Red y Perteneciente al Consumidor**

Sistemas conectados a la red y pertenecientes al consumidor tienen el mismo impacto beneficioso para el servicio público eléctrico como el sistema de línea de realce mencionado anteriormente, resultando en un ahorro significativo en capital para el servicio público eléctrico. Estos sistemas podrían ahorrarle dinero a los consumidores compensando la carga de demanda y costo de energía bajo cuotas basadas en la hora del día. Estos ahorros dependerán de la estructura de costo y de si el servicio público eléctrico este dispuesto a compartir sus ahorros con el consumidor.

Varios servicios públicos eléctricos Estadounidenses están investigando el uso de sistemas FV como una opción de manejo del lado de demanda con asistencia técnica del

programa nacional. Por ejemplo, el Departamento Eléctrico de la Ciudad de Austin está evaluando el impacto de un sistema de 2.7kW localizado fuera de un hospedería en Austin, Texas. La Corporación de Energía Niagara Mohawk está evaluando un sistema de 15.4kW en Albany, Nueva York. Fuerza y Luz de Wisconsin está evaluando sistemas de 2kW en un parque, una residencia y en el edificio municipal en Barneveld, Wisconsin.

### **Aplicaciones de Servicio Público Eléctrico en Grande Escala**

El proyecto de Las Aplicaciones Fotovoltaicas Para la Escala de Servicio Público Eléctrico (PVUSA-Photovoltaics for Utility Scale Applications) iniciados en 1986, son un esfuerzo conjunto entre PG&E, DOE, EPRI, la Comisión de Energía de California, ocho empresas de servicio eléctrico y otras agencias. Estos proyectos enfocan en la evaluación de FV dentro del sector de servicios públicos de los EE.UU. y brindan información beneficiosa a los sectores de servicio público e industria, estableciendo una prueba de escala de servicio público con la cual conducir evaluaciones de desempeño comparativo de varias tecnologías FV. Estos proyectos consisten de dos tipos de demostraciones: arreglos de Tecnología de Módulo Emergente (EMT-Emerging Module Technology), los cuales no han sido probados pero son tecnologías modernas y prometedoras en arreglos de 20kW; y un sistema de escala de Servicio Público (US-Utility Scale), que representan tecnologías que tienen más tiempo en existencia de 200-500kW que vienen listos para usar. PVUSA tiene tres años y medio operando con EMT y tres años y medio previos de planificación, ingeniería, y experiencia de construcción. Los servicios públicos eléctricos participantes están aprendiendo a especificar y operar sistemas FV, mientras que los vendedores de FV están aprendiendo a suministrar sistemas siguiendo las pautas de los servicios públicos. Las oficinas principales de PVUSA están localizadas en Davis, California, en donde hay ocho arreglos EMT de 20kW y dos arreglos Estadounidenses de 200kW y uno de 400 kW instalados bajo la Fase 1 del proyecto (Ellyn, 1991). El Departamento de Electricidad de la Ciudad de Austin es un sitio anfitrión de PVUSA que instaló un arreglo EMT de 20 kW en 1992. También, la Autoridad Estatal de Investigaciones y Desarrollo de Energía de Nueva York (NYSERDA) y la Compañía Eléctrica de Maui en Kikei, Hawaii tienen un arreglo cada una de 20kW EMT bajo el programa de PVUSA.

Otros servicios públicos están investigando el potencial de fotovoltaicos y energía eólica para la generación de energía en gran escala. La ciudad de Austin ha construido un arreglo FV de 300kW en Texas. El Distrito Municipal de Servicio Público de Sacramento (SMUD), perteneciente a los consumidores, construyó y actualmente opera un arreglo FV de 2MW en California.

Una nueva iniciativa de servicios públicos en los EE.UU. empezó el 1 de octubre de 1992, con el Grupo Fotovoltaico de Servicio Público (UPVG-Utility Photovoltaic Group), el cual está compuesto por 14 empresas de servicio público, 3 asociaciones de comercio, y EPRI. El grupo tiene la intención de llevar a cabo 14 talleres y conferencias durante el transcurso de los próximos 16 meses para los miembros que utilizan aplicaciones FV. El UPVG está

interesado en promover las estrategias y programas que cree que pueden expandir el mercado para aplicaciones FV a bajo costo, e incentivar a la industria de servicio público hacia la uniformación para módulos FV y demás equipo. UPVG tiene un presupuesto de US\$1 millón para los primeros 18 meses, con US\$800,000 de apoyo adicional, que se esperan sean contribuidos al programa del DOE bajo el programa de iniciativa SOLAR 2000 (ISEIR, 10/19/92).

### **Generación Sobre Sitio, Conectado a la Red, Perteneciente al Consumidor**

Esta área representa el uso más extenso de FV en los EE.UU. Existen probablemente, alrededor de 20,000 residencias con energía FV en localidades remotas en los EE.UU. Los Indios Norte Americanos en los EE.UU. han estado introduciendo la generación eléctrica FV en las partes remotas en las reservaciones, especialmente las reservaciones Navajo y Hopi en Nuevo México y Arizona. SNL ha trabajado muy cercanamente con estos grupos para brindar asistencia técnica con sus programas de electrificación FV. El capítulo Klagetoh de la Nación Navajo electrificó 150 casas con FV en 1992. El DOE accedió recientemente a proveer fondos de \$300,000 a la Autoridad Tribal Navaho de Servicios Públicos (NTUA-Navajo Tribal Authority), para ejercer un programa de electrificación rural con fotovoltáicos en vez de la extensión de red existente en la reservación Navaho. SNL está brindando apoyo técnico a la NTUA y a la Autoridad de Potencias del Area Oeste con este programa.

Otra área que es testigo de gran crecimiento es el bombeo de agua utilizando FV, especialmente para el ganado en el árido oeste de los EE.UU. Existen aproximadamente 1500 sistemas privados remotos de bombeo de agua para el ganado que han sido instalados en los EE.UU. (Stokes, 1992).

### **ACTIVIDADES DE GENERACION SOLAR TERMAL ELECTRICA ESTADOUNIDENSES**

La generación solar termal eléctrica ha estado avanzando establemente en los EE.UU. Existen facilidades en donde se encuentra el Grupo Nacional de Prueba Solar Termal, el cual está operado por SNL para el DOE en Albuquerque, Nuevo México, EE.UU. Estas instalaciones de investigación son capaces de brindar altos flujos termales. Las investigaciones incluyen generación eléctrica y aplicaciones de calentamiento de proceso mediante energía solar. Estas instalaciones tienen un horno solar de 16kW, dos reflectores parabólicos de 75kW, 800kW de canales parabólicos, y un sistema de receptor central de 5MW. Adicionalmente, el DOE está patrocinando una investigación de eficacia, operación, y mantenimiento de sistema en la planta piloto central receptora de agua/vapor de 10MW cerca de Barstow, California. DOE está trabajando junto con la compañía de Cummins para promover la tecnología de reflectores parabólicos de 5kW a 20kW que usan un motor de Stirling.

La Oficina de Redamación de los EE.UU. (U.S. Bureau of Reclamation) ha trabajado con la Universidad de Texas-El Paso y ha apoyado esfuerzos en un pozo solar en El Paso,

Texas. El pozo solar de 3355m<sup>2</sup> emplea una Máquina de Ciclo Orgánico Rankine, la cual típicamente produce alrededor de 60kW, día y noche durante todo el año, y también le entrega calor del proceso a una fábrica de conservas cercana (Cook, 1992).

Luz Internacional, la cual es la compañía eléctrica solar más grande del mundo, fue fundada en 1980 y trabaja más que nada como una empresa privada de servicio público en el sur de California para la compañía eléctrica Southern California Edison. Luz construyó y coordinó el financiamiento para 9 plantas de producción de electricidad mediante energía solar termal que tienen una capacidad de 354MW. Las dos plantas finales fueron construidas en 1989 y produjeron electricidad a un costo de US\$.08/kWh facturando en las estructuras de costo basadas en la hora del día utilizadas por las empresas de servicio público. Desafortunadamente, hace un año, la compañía cayó en bancarrota cuando los prestamistas cambiaron de opinión debido a preocupaciones de que no se renovarían los créditos de impuestos de propiedad en California para la energía solar y el crédito de impuesto de energía solar Estadounidense, el cual es renovado anualmente. El fracaso de Luz Internacional no fue debido a problemas técnicos, sino a fracasos por la parte de cuerpos gubernamentales y regulatorios de reconocer los beneficios económicos y ambientales de las plantas de generación eléctrica solar termal (Becker, 1992).

### **ACTIVIDADES DE GENERACION EOLICAS ESTADOUNIDENSES**

La industria de energía eólica ha madurado establemente durante el transcurso de la última década hasta tornarse en una tecnología confiable y de bajo costo. En los Estados Unidos hay más de 18,000 turbinas eólicas de escala de servicio público, las cuales tienen un tamaño promedio de 100kW cada una. El 80% de estos 1800MW de capacidad están instalados en California debido a incentivos en las regulaciones de impuestos estatales. También existen unas 5,500 turbinas pequeñas adicionales en los EE.UU. de 19kW o menos, el 80% de las cuales están conectadas a la red. El desempeño de las turbinas eólicas y su costo está relacionado a su localización y usualmente cuesta de US\$.06-.09 en sitios favorables (Swisher, 1991). EPRI también encontró que la operación y mantenimiento de las mejores máquinas eólicas pueden ser tan poco como US\$0.05/kWh, lo cual es comparable a las tecnologías convencionales de producción de energía (Brown, 1990). Los costos de la energía eólica deberían disminuir del 40% a 60% durante el transcurso de la próxima década debido a mejoras tecnológicas continuas (Swisher, 1991).

PG&E ha trabajado arduamente para la adopción de tecnologías de energía eólicas dentro de su sistema de distribución. Bajo condiciones óptimas, su finca eólica Altamont Pass ha suministrado hasta el 8% de la carga eléctrica de PG&E. PG&E no ha visto ningún problema de estabilidad de sistema de sus plantas de energía eólica, y ha encontrado que la energía suministrada a través de la energía eólica concuerda bien con las cargas eléctricas estacionales (Swisher, 1991).

Otros sitios eólicos que se han desarrollado significativamente en los EE.UU. incluyen los pases de Tehachapi y San Gorgonio, los cuales suministran energía a las compañías eléctricas de Southern California Edison, y Sistemas Eléctricos Renovables Hawaiianos en Kahuku, Hawaii, a través de productores de energía independiente.

El Programa Federal de Energía Eólica Estadounidense está encabezado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL-National Renewable Energy Laboratory), SNL, y el Laboratorio del Pacífico Noroeste bajo la guía del DOE. El programa de investigación de los EE.UU. está diseñado para mejorar el entendimiento de las fuentes fundamentales de variabilidad de viento, incrementar el conocimiento de la interacción entre el viento y las respuestas estructurales de las turbinas eólicas, e investigar el potencial para mejorar su desempeño utilizando componentes y subsistemas avanzados.

### **ACTIVIDADES ESTADOUNIDENSES INTERNACIONALES GUBERNAMENTALES EN AMERICA LATINA**

El DOE está involucrado con varios proyectos en el área internacional para desarrollar el uso de tecnologías de energía renovable. El proyecto de Financiamiento de Servicios de Energía para Usuarios de Energía en una Pequeña Escala (FINESSE-Financing Energy Services for Small-Scale Energy Users), el cual se inició con un enfoque en Asia y será extendido para incluir América Latina, y el programa de Américas Siglo 21, promueven la adopción acelerada de tecnologías de recursos renovables en países en vía de desarrollo. Estos programas están diseñados para facilitar el uso de FV dentro de la corriente principal de la selección de tecnología energética mundial.

Los esfuerzos de electrificación rural en América Latina pueden beneficiarse de un enfoque de costo mínimo. El costo de traer energía para servicios públicos usando líneas de transmisión y distribución a pueblos no-electrificados puede ser grande, especialmente tomando en cuenta las cargas pequeñas típicas de pueblos chicos y que usualmente, los pueblos no-electrificados están situados a largas distancias sobre terreno de difícil acceso para el sistema de red existente. Para la mayoría de hogares rurales en América Latina, la energía será utilizada para luz y radios. Clínicas comunitarias pueden necesitar energía para la refrigeración de vacunas. Se podría necesitar energía para mejorar los suministros comunitarios de agua. Utilizando un modelo de costo mínimo, varios gobiernos Latino Americanos y servicios públicos nacionales, como en Brasil y en México, han empezado a usar sistemas FV en un enfoque integrado a la planificación de electrificación como sistemas centralizados o distribuidos. México ha instalado alrededor de 7,000 sistemas residenciales distribuidos (Huacuz, 1992) y ocho sistemas híbridos centralizados pueblerinos.

#### **FINESSE**

El proyecto FINESSE empezó en 1989 gracias al Programa de Asistencia del Sector de Manejo de Energía del Banco Mundial en asociación con el DOE y el Ministerio Holandés de Desarrollo de Cooperación. El proyecto intenta acrecentar las oportunidades para la

aplicación de tecnologías de energía renovables en países en vía de desarrollo trabajando en conjunto con instituciones de financiamiento internacional y países anfitriones. FINESSE ha sido el pionero en utilizar el "modelo de agrupamiento" para superar prejuicios contra el desarrollo de proyectos de energía a gran escala. Este modelo identifica y recoge varios proyectos de energía renovable dentro de un grupo para ser financiado como una sola unidad. Más de US\$800 millones en proyectos potenciales de energía renovable han sido identificados y están siendo utilizados en Asia; estos esfuerzos también han conducido a la formación de la Unidad de Energía Alternativa de Asia dentro del Banco Mundial. Actualmente existen esfuerzos para identificar y desarrollar esfuerzos similares en América Latina y establecer una oficina de FINESSE Latino Americana en el Banco Mundial (Rannels, 1992).

Es importante notar que el Banco Mundial anunció en su Reporte de Desarrollo Mundial que se convertirá en una agencia ambiental al tratarse de fondos para proyectos de energía eléctrica alrededor del mundo utilizando una política de fondos diseñada para dirigirse primeramente a las preocupaciones ambientales mundiales y después llenar otras necesidades, tales como energía eléctrica. Este cambio en el Banco Mundial, junto con los Fondos Ambientales Globales de las Naciones Unidas, son pasos significativos en para superar barreras tradicionales para financiar proyectos de desarrollo de energía renovable.

### **Américas Siglo 21**

El programa Américas Siglo 21 (America's 21st Century) centraliza los esfuerzos del DOE, el Comité de Tráfico y Comercio de Energía Renovable (CORECT-Committee on Renewable Energy Commerce and Trade), los Laboratorios Nacionales Estadounidenses (SNL y NREL), y la industria Estadounidense bajo un programa para realzar la coordinación y la cooperación. Este programa de asociación enfatizan la energía renovable, el desarrollo sustentable y la eficiencia de energía en América Latina. Bajo Américas Siglo 21, varios programas están siendo apoyados o planificados por el DOE actualmente, en cooperación con gobiernos Latino Americanos.

SNL está involucrado en las áreas de transferencia de tecnología internacional y desarrollo del mercado de energía renovable a través de su Centro de Asistencia de Diseño (DAC-Design Assistance Center). El centro brinda a los usuarios y grupos de usuarios acceso a asistencia técnica y de personal, así como de materiales educativos y talleres para ayudar a informar a los usuarios y acelerar el desarrollo de proyectos sustentables de energía renovable. SNL, trabajando conjuntamente con el Instituto de Desarrollo de Tecnología del Suroeste (SWTDI), tiene datos extensos de capacidades adquisitivas. SNL tiene la capacidad de monitorear en tiempo real, así como de hacer pruebas de aceptación y monitorear instalaciones de energía renovable. SNL coopera con agencias internacionales en el desarrollo de proyectos de energía renovable, asesoramientos de factibilidad, pautas y especificaciones.

### **México**

México, el país de habla-hispana de mayor población en las Américas con cerca de 81 millones de habitantes, ha provisto de energía a cerca del 90% de su población con el sistema de red nacional. Sin embargo, aún quedan más de 85,000 comunidades rurales pequeñas con poblaciones promedio de 500 personas o menos que no tienen electricidad (Huacuz, 1991). El gobierno Mexicano ha incluido a los sistemas de energía renovable fuera de la red como un componente importante de su Programa Nacional de Solidaridad (PRONASOL), el cual enfatizan el alivio de la pobreza y el desarrollo rural. PRONASOL es administrado por la Secretaría de Programación y Presupuesto, la cual es una de las agencias ejecutivas más poderosas en México, con entradas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). El gobierno Mexicano, a través de fondos combinados de PRONASOL y de agencias estatales, ha realizado inversiones considerables en el uso de energía renovable para la electrificación rural. Alrededor de US\$20 millones o más se han gastado anualmente durante los últimos años en proyectos de energía renovable en áreas rurales, y se espera que los fondos para el programa continúen creciendo. Estos fondos son principalmente para sistemas eólicos, fotovoltaicos solares, y micro-hidroeléctricos.

Los proyectos bajo PRONASOL están ayudando a acelerar la expansión del mercado en México para sistemas fuera de red en una pequeña escala. México está muy avanzado en la implementación de su programa de energía renovable, como parte del esfuerzo de desarrollo rural. Varias asociaciones industriales estadounidenses, el DOE y la Agencia Estadounidense de Desarrollo Internacional (AID-U.S. Agency for International Development), también han empezado a brindar apoyo cooperativo para ayudar a la expansión del uso sustentable de energía renovable. El Programa de Cooperación en Energía Renovable entre México y los EE.UU. (PROCER), fue establecido en 1991 bajo fondos del DOE y la AID, para trabajar cooperativamente con México en asuntos técnicos, financieros e institucionales que tienen que ver con el uso de energía renovable.

PROCER es un programa informal cooperativo a nivel de trabajo en el cual el DOE está poniendo el apoyo técnico y de entrenamiento, la información, asistencia de proyectos, y educación a la disposición de sus contrapartes en el lado Mexicano. Los esfuerzos incluyen asesoramiento de recursos y cargas de pueblos, monitoreo y evaluación de sistemas, asesoramientos de factibilidad, y el incremento de la cooperación entre las industrias Mexicanas y Estadounidenses.

En 1992, SNL y SWTDI iniciaron el monitoreo de los recursos solares y eólicos en el pequeño pueblo de Boquillas del Carmen en el norte de Coahuila, y han conducido una asesoría de carga de energía renovable del pueblo. Planes futuros incluyen la instrumentación y el monitoreo del desempeño, en cooperación con el Instituto de Investigaciones Eléctricas de México, de un sistema híbrido eólico/FV/diesel instalado por México y perteneciente al estado de Quintana Roo. Este sistema comenzó a trabajar en agosto de este año y usa principalmente equipo de generación eléctrica Estadounidense. Planes futuros de PROCER incluyen la evaluación y el monitoreo de un sistema de generación

eléctrica solar termal de Ciclo Rankine, bajo el patrocinio de PRONASOL, para un pueblo pesquero localizado en Sonora.

En mayo, PROCER patrocinó un taller de tres días en el Distrito Federal de México sobre el bombeo de agua con energía solar y eólica, el cual fue coordinado por SNL y SWTDI y patrocinó por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y otras agencias Mexicanas. Alrededor de 120 personas atendieron el evento, con exhibiciones por 18 fabricantes Mexicanos y Estadounidenses y representantes de equipo de energía solar y eólica. Un taller similar está planificado para el año que viene sobre aplicaciones pueblerinos de energía renovable con opciones de sistemas de potencia híbridas. PROCER continuará brindando asistencia técnica a las actividades Mexicanas en donde estas sean apropiadas.

### **Brasil**

El Proyecto Brasileño de Electrificación Rural nació de reuniones que se llevaron a cabo simultáneamente con la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en Río de Janeiro en junio de 1992. El programa está ligado a planes de desarrollo económico a largo plazo para Brasil. El gobierno Brasileño espera controlar la migración a las ciudades a través de las mejoras en la calidad de la vida electrificando las áreas rurales. Más de 35 millones de personas están sin electricidad en Brasil hoy en día.

Líderes Brasileños desean brindar más experiencia en energía solar y eólica a sus servicios públicos y están proponiendo un esfuerzo multi-anual para integrar la eficiencia de energía y la energía renovable a su país. La meta principal del gobierno Brasileño es influir el financiamiento del Banco Mundial para utilizar diferentes tipos de sistemas de energía renovable para brindarle servicio a más de 500,000 casas, escuelas y clínicas en todos los 26 estados Brasileños. La primera fase del proyecto de tres partes es brindarle electricidad a 1,000 casas en el estado de Pernambuco y 1,000 casas a un pueblo modelo en el estado de Ceara. El DOE ha prometido US\$800,000 en asistencia técnica y económica al proyecto con un costo de US\$2.35 millones. Los planes del gobierno Brasileño son el recortar su tarifa del 40% en productos importados con celdas FV al 25% en dos etapas para incentivar un mercado más competitivo (ISEIR, 10/92).

### **República Dominicana**

La República Dominicana marca el principio de esfuerzos significativos para aplicar fotovoltaicos en la electrificación rural de América Latina. Alrededor del 70% de la población rural (más de dos millones de personas), viven sin acceso a la red nacional de energía (Hansen, 1987). Enersol Asociados empezaron a trabajar en este país en 1984, ofreciendo asistencia técnica y entrenamiento a negocios Dominicanos y a organizaciones sin fines de lucro para desarrollar un mercado para la comercialización de la tecnología FV. Enersol ha trabajado cercanamente con el Cuerpo de Paz y ha utilizado \$10,000 en dinero de semilla del AID, para establecer fondos rotativos, ofreciendo prestamos de bajo interés a los campesinos para comprar sistemas pequeños de FV, típicamente de US\$250-500. El país cuenta ahora

con casi 4,000 sistemas privados de FV, de los cuales la mitad pueden ser atribuidos a Enersol (Hansen, 1992). SNL está brindando fondos de apoyo a Enersol en la actualidad, para expandir su Concepto de Electrificación Basado en el Sol (SO-BASEC), a Honduras y Guatemala, como uno de los enfoques a la electrificación rural sustentable y al desarrollo de las pequeñas empresas.

### **América Central**

El DOE está cooperando con el Programa de Apoyo Centroamericano de Cooperación Rural de la Asociación Cooperativa Nacional de Electricidad Rural de los EE.UU. (NRECA-National Rural Electric Cooperative Association), la cual cuenta con fondos del AID. Areas de apoyo del proyecto incluyen alcance, entrenamiento, y actividades de asistencia técnica.

SNL y NRECA patrocinaron un taller de dos días sobre el bombeo de agua con la energía solar y eólica en mayo de este año en la Ciudad de Guatemala con más de 150 participantes de toda América Central. Esto abrió el camino para otro proyecto cooperativo entre SNL y NRECA en la provisión de un programa introductorio de entrenamiento FV en agosto de este año para 11 ingenieros Costarricenses, Guatemaltecos, Hondureños, Mexicanos y Nicaraguenses sobre instrumentación FV, adquisición de datos, sistemas de luz y bombeo de agua en predios del SWTDI en Nuevo México. El curso estuvo a cargo de miembros del personal SNL, SWTDI, y el Instituto de Energía Solar basado en el estado de Colorado, EE.UU., el cual ha enseñado muchos cursos de luz y ha hecho trabajo inovativo en Colombia con la refrigeración de la vacuna FV. NRECA también ha investigado la factibilidad de usar un sistema FV o uno micro-hidroeléctrico para un pequeño pueblo cerca del Lago de Izabal en Guatemala.

En Honduras, SNL ha establecido una demostración revolucionaria de un sistema de potabilización de agua, el cual utiliza energía FV, en el pueblo de El Volcán junto con la Organización Pan Americana de Salud y Voluntarios en Asistencia Técnica (VITA). SNL también está brindando asistencia técnica a un proyecto de bombeo de agua para la isla de Roatán en la costa norte de Honduras con VITA. Enersol y Asociados han extendido su trabajo de la República Dominicana a Honduras hace unos meses. Ellos estan trabajando con SNL brindando entrenamiento técnico a varias organizaciones no-gubernamentales. Enersol ha puesto alrededor de 30 sistemas hasta ahora en Honduras y ha llevado a cabo varios talleres (Hansen, 1992).

### **Bolivia**

DOE está cooperando con NRECA en Bolivia para el desarrollo de un programa de energía renovable. Va a llevar a cabo un taller de energía eólica y bombeo de agua similar a los que se llevaron a cabo en México y Guatemala, en 1993 en La Paz, Bolivia. NRECA instalará 2,500 sistemas FV independientes residenciales en 1994.

### **CONCLUSIONES**

Regiones rurales en las Americas se beneficiarán grandemente de la electrificación solar y eólica en años a venir. Programas significativos patrocinados por el gobierno ya están transformando la cara de la electrificación en México y Brasil. El gobierno de los EE.UU., trabajando prinipalmente a través del Departamento de Energía de los EE.UU. (DOE), la Agencia Para el Desarrollo Internacional (AID), y la Asociación Cooperativa Nacional de

Electricidad Rural (NRECA), está promocionando activamente las estrategias cooperativas para la electrificación rural a través de tecnologías de energía renovable en América Latina.

La dirección futura de los esfuerzos del DOE serán de acelerar la adopción de tecnologías solares y eólicas nacional e internacionalmente. El DOE proyecta que para el año 2000 habrán 900MW de sistemas FV fabricados en los EE.UU. instalados en los EE.UU., y unos 500MW instalados internacionalmente. Programas tales como FINESSE y Américas Siglo 21 están creciendo y permitiendo la coordinación de varios esfuerzos de electrificación de energía renovable en el exterior. Los Laboratorios Nacionales del DOE habrán incrementado su involucramiento en estos programas internacionales. El DOE está especialmente interesado en el desarrollo de asociaciones con elementos claves que dirijan al desarrollo de mercados sustentables para mercados de tecnologías solares y eólicas.

Existe un futuro brillante para las tecnologías de energías renovables en América. Estas tecnologías llenan un vacío considerable para el suministro de energía, para la creación de trabajos a nivel local y para la promoción del desarrollo económico a la vez que evitan los costos ambientales externos asociados con las tecnologías de generación eléctrica tradicionales. Los gobiernos, los servicios públicos y las agencias que escogan el seguir el futuro de la opción de energía renovable/sustentable serán los que podrán ofrecer experiencia, conocimiento y liderazgo en el siglo por venir.

## REFERENCIAS

- Becker, Newton D., "The Demise of Luz: A Case Study," *Solar Today*, Vol. 6, No. 1, The American Solar Energy Association, Boulder, Colorado, January/February, 1992.
- Cook, Steve, University of Texas at El Paso Energy Center, comunicación personal, octubre, 1992.
- Ellyn, Wendy, y Christina Jennings, eds., "1991 PVUSA Progress Report," Report Number 007.5-92.6, PVUSA Project Team, California, 1991.
- Jones, Gary, Ron Pate y Roger Hill, "Photovoltaics as a Worldwide Energy Option: A Case Study in Development Strategy," ASIA Energy 91 Conference, Bangkok, Tailandia, octubre, 1991.
- Jones, Gary, "Photovoltaics as a Worldwide Energy Source," 6th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-6), New Delhi, India, 10-14 de febrero, 1992.
- Hansen, Richard D. y José G. Martín, "Photovoltaics for Rural Electrification in the Dominican Republic," para el U.S. Department of Energy, Albuquerque Operations Office, Albuquerque, New Mexico, August, 1987.
- Hansen, Richard, Enersol Associates, comunicación personal, octubre, 1992.
- Huacuz, Jorge M. y Ana María Martínez Leal, "Rural Electrification with Renewable Energies in Mexico: Financial, Technical, Social and Institutional Challenges," SADCC Annual Technical Seminar, Swaziland, 26-28 de noviembre, 1991.
- Huacuz, Jorge M., Ana María Martínez Leal, y Carlos González Navarro, "Electrificación Rural con Fuentes Renovables de Energía," *La Revista Solar*, Numero 19, La Asociación Nacional de Energía Solar, México, D. F., Primavera, 1992.
- International Solar Energy Intelligence Report, "Brazilian Politics Adds New Note to PV Market Battle," Vol. 18, No. 20, Silver Spring, Maryland, October 5, 1992, p. 159-160.
- International Solar Energy Intelligence Report, "New Utility Group Formed to Accelerate the PV Industry," Vol. 18, No. 21, Silver Spring, Maryland, October 19, 1992, p. 166-167.
- Rannels, James E., "Photovoltaics in the Developing World," Geneva, Switzerland, October, 1992.

Séptimo Seminario Nacional de Energía Solar y Eólica (SENESE VII)  
Valparaíso, Chile, 25 de 27 de noviembre, 1992

Schramm, Gunter, "Electric Power in Developing Countries: Status, Problems, Prospects," Annual Review in Energy, Volume 15, desde el Industry and Energy Department, World Bank Group, Washington, D.C., 1990.

Stokes, Kirk, NEOS Corporation, comunicación personal, octubre, 1992.

Swisher, Randall, "Wind Energy Comes of Age," *Solar Today*, Vol. 5, No. 3, The American Solar Energy Association, Boulder, Colorado, May/June, 1991.

U.S. Department of Energy, Office of Solar Energy, SOLAR 2000: Office of Solar Energy Conversion Strategy, 1991.