

Recursos de capacitación en energía renovable: estudio y evaluación

Energía, Tecnología y Educación, SC (EnTE SC),
en asociación con Marbek Resource Consultants
Ltd. y la Universidad Estatal de Nuevo México



El presente documento de antecedentes fue preparado por Energía, Tecnología y Educación SC (EnTE SC) en asociación con Marbek Resource Consultants Ltd. y la Universidad Estatal de Nuevo México, por encargo del Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA).

La información contenida es responsabilidad del autor y no necesariamente refleja las opiniones de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México. Se permite la reproducción de este material sin permiso previo, a condición de que se haga con absoluta precisión, su uso no tenga fines comerciales y se dé el correspondiente crédito a la Comisión para la Cooperación Ambiental.

Excepto cuando se indique otra cosa, el presente trabajo está protegido mediante licencia abierta comunitaria con reconocimiento, no comercial y sin obras derivadas (Creative Commons Attribution-Noncommercial-No Derivative Works License).



Comisión para la Cooperación Ambiental, 2010

Detalles de la publicación

Tipo: *documento de trabajo*

Fecha: *junio de 2009*

Idioma original: *inglés*

Procedimientos de revisión y garantía de calidad:

Revisión final de las partes: *septiembre de 2009*

QA08.13

Available in English – Disponible en français

Mayor información:

Comisión para la Cooperación Ambiental

393 rue St-Jacques ouest, bureau 200

Montreal (Quebec), Canadá, H2Y 1N9

t 514.350.4300 f 514.350.4372

info@cec.org / www.cec.org



Prólogo

El presente informe describe los resultados de un proceso de evaluación llevado a cabo para identificar, documentar y analizar las capacidades en materia de enseñanza y capacitación en energía renovable de quienes participan en la elaboración, adquisición, instalación, inspección y operación y mantenimiento de sistemas eólicos, fotovoltaicos y de calentamiento solar de agua —tanto pequeños como de gran escala—, en América del Norte.

El documento se divide en cuatro partes. El capítulo 1 presenta los resultados del proceso de evaluación, expresándolos en función de diferentes parámetros, así como ciertos hallazgos importantes. El capítulo 2 responde a diversas preguntas relativas a las dificultades, retos, oportunidades de mejoramiento y recomendaciones, con una perspectiva trilateral. El capítulo 3 evalúa las tres tecnologías objeto de este estudio: fotovoltaica, eólica y térmica solar. El capítulo 4 describe los conocimientos que deben tener y el contexto institucional de quienes se dedican de manera profesional a actividades relacionadas con las tres tecnologías en cuestión.

La lista de cursos identificados como parte de este proceso de evaluación puede consultarse en el sitio web de la CCA: www.cec.org/cursosenergia.

Reconocimientos

La elaboración de este documento fue coordinada por Odón de Buen, de EnTE SC, quien además es responsable del apartado sobre energía térmica solar. El apartado de tecnología fotovoltaica fue preparado por Mark Pasini, de Marbek Consultants, en tanto que el de energía eólica fue preparado por Martín Gómez, de la Universidad Estatal de Nuevo México. Los tres colaboraron, además en la identificación de capacidades de entrenamiento en sus respectivos países, así como en la revisión general del documento y el directorio. La integración de las bases de datos corrió a cargo de Paola González; Eduardo Lang concibió y armó el directorio, y Sergio Segura realizó el montaje final del informe y el directorio.

Índice

Resumen ejecutivo	5
Introducción	7
1. Análisis de las capacidades de entrenamiento establecidas	12
1.1 El proceso de análisis	12
1.2 Resultados generales del proceso de evaluación.....	12
1.3 Otros hallazgos importantes	18
1.3.1 Grado de escolaridad.....	18
1.3.2 Capacitación práctica	18
1.3.3 Certificación	19
1.3.4 Consejo Estadounidense de Profesionales de la Energía Certificados.....	19
1.3.5 Norma técnica de competencia laboral para instaladores de sistemas de calentamiento solar de agua en México	20
1.3.6 Acreditación	20
1.3.7 Criterios para los programas de capacitación	20
1.3.8 Empleos verdes	21
1.3.9 Grupo de Trabajo para la Educación de AWEA	21
2. Dificultades, retos, oportunidades de mejoramiento y recomendaciones, desde la perspectiva trilateral	22
3. Evaluación tecnológica	26
3.1 Sistemas fotovoltaicos solares	26
3.1.1 Componentes	26
3.1.2 Integración de los principales componentes	27
3.1.3 Aspectos particulares de diseño, instalación y operación y mantenimiento .	28
3.2 Sistemas eólicos	30
3.2.1 Componentes	30
3.2.2 Integración de los principales componentes	32
3.2.3 Aspectos particulares de diseño, instalación, operación y mantenimiento ...	33
3.3 Calentadores solares de agua	35
3.3.1 Componentes	36
3.3.2 Integración de los principales componentes	38
3.3.3 Aspectos particulares de diseño, instalación, operación y mantenimiento ...	39
4. Conocimientos requeridos y contexto institucional	41
4.1 Sistemas fotovoltaicos	41
4.1.1 Investigación y producción FV	41
4.1.2 Diseño y adquisición de sistemas	42
4.1.3 Instaladores, inspectores y personal de mantenimiento	42
4.2 Sistemas eólicos	43
4.3 Sistemas de calentamiento solar de agua	45
4.3.1 Diseño y adquisición de sistemas	45
4.3.2 Instaladores, inspectores y personal de mantenimiento	45
4.3.3 Especialistas técnicos en ventas.....	45
Referencias	47

Resumen ejecutivo

Como fiel reflejo de la creciente importancia del mercado de la energía renovable (ER) en América del Norte, cada vez se registran mayores interés y participación en los cursos y programas de capacitación en energía renovable que ofrecen preparatorias, universidades, escuelas técnicas, escuelas de oficios y organizaciones no gubernamentales locales y nacionales.

En el proceso de evaluación se encontraron 235 cursos diferentes de capacitación en ER en los tres países. La información disponible sobre cada curso resultó muy variable, en algunos casos con apenas mención del nombre de la organización y algunos temas generales.

- 83 por ciento de los cursos se imparten en Estados Unidos, 14 por ciento en Canadá y sólo 3 por ciento en México.
- Un porcentaje importante de los cursos (47 por ciento) está orientado a la tecnología fotovoltaica en particular, en tanto que la cuarta parte es para la ER en general.
- Cerca de 40 por ciento de los cursos encontrados no indican en su literatura la duración del proceso de capacitación. En los casos en que sí se especifica la duración, 45 por ciento la expresa en horas (de dos a 20), 25 por ciento en años (de uno a 10), 17 por ciento en días, 8 por ciento en semanas y 5 por ciento en meses.
- La mayoría de los cursos (65 por ciento) se imparten en instituciones de estudios superiores o universidades. Un alto porcentaje (20) es ofrecido por empresas privadas que trabajan con las tecnologías relevantes y cerca de 10 por ciento es ofrecido por asociaciones relacionadas con la energía renovable o con sindicatos.
- Más de 60 por ciento de los cursos no establecen cuáles son los requisitos de admisión, aunque sí exigen cierta experiencia práctica (en aquellos dirigidos a técnicos e instaladores) o matemáticas básicas, ciencias y conocimientos de inglés (en aquellos que son parte de los requisitos para cursar estudios de ingeniería en Canadá y Estados Unidos).
- Casi la mitad de los cursos menciona algún tipo de certificación.

Sin embargo, mientras más grande es la oferta de programas de los diversos prestadores de servicios educativos, mayor también es el número de cuestiones que deben atenderse para que los cursos sean útiles para el mercado de trabajo en el sector de la energía renovable, en particular, y para las estrategias regionales de promoción de la ER, en general.

La expansión del soporte de instalación y mantenimiento por medio de los programas de capacitación y educativos vigentes presenta dificultades y retos, entre los que figuran:

- El mercado aún no está lo suficientemente establecido para que instituciones académicas y posibles estudiantes se den cuenta de que éste es un campo de trabajo viable. Para muchas instituciones esto significa que la inversión de recursos a fin de establecerse como proveedores de capacitación en el campo de la energía renovable puede resultar muy riesgosa.

- Si el crecimiento del sector continúa a paso acelerado, sin una estrategia de reclutamiento definida, la posible falta de disponibilidad de mano de obra especializada puede llegar a obstaculizar la expansión de la industria.
- Muchos de los cursos ofrecidos en la región por instituciones sin relación directa con la industria de la ER (sobre todo fabricantes e instaladores) son de carácter muy general y no necesariamente responden a las necesidades específicas del mercado.
- La falta de instructores calificados es una barrera tanto actual como futura para el desarrollo de la capacidad de entrenamiento, en particular si la industria va a crecer a un ritmo más acelerado que en los últimos años.

Diversas áreas ofrecen oportunidades para que la industria, los gobiernos y las instituciones de enseñanza emprendan acciones como las siguientes a fin de lograr mejoras:

- promulgar o fortalecer políticas de ER para incrementar la confianza en la industria y, en consecuencia, las inversiones en capacidad de entrenamiento;
- aprovechar la capacidad y las mejores prácticas que ya existen;
- implementar nuevos cursos o ampliar los existentes;
- exigir certificación de ER en contratos y programas;
- fortalecer la acreditación;
- fortalecer la capacidad de entrenamiento en línea.

Como acciones específicas para lograr un mecanismo de colaboración trilateral cabe mencionar las siguientes:

- facilitar el acceso a la información sobre capacidad de entrenamiento;
- promover y compartir certificación y acreditación comunes, y
- promover la capacitación de técnicos e ingenieros mexicanos.

Con respecto a los posibles mecanismos financieros para facilitar las oportunidades de capacitación en energía renovable para estudiantes y expertos de los tres países, las recomendaciones son, entre otras:

- utilizar acuerdos gubernamentales trilaterales ya existentes, y
- promover acuerdos con la industria.

Cabe mencionar que el estudio no cuantifica la posible demanda ni la capacidad de los cursos de capacitación en ER en la región, por lo que se recomiendan otros análisis.

Asimismo, en el informe se mencionan los lugares en donde se imparten los cursos, pero no se les relaciona con los lugares en donde hay oportunidades de trabajo en ER ni tampoco con las políticas establecidas por los estados (en México y Estados Unidos) o las provincias (en Canadá), cuestión ésta que podría ameritar cierto análisis.

Introducción

La era de la energía renovable —otrora una fantasía— está en vías de convertirse en realidad. El suministro de energía de fuentes renovables —el viento, el sol e incluso la biomasa— es ya una opción viable en el mundo y en toda América del Norte.

Según el informe de 2007 de la iniciativa Red de Política de Energías Renovables para el Siglo 21 (*Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21*), ese año la energía renovable representó 5 por ciento de la capacidad energética mundial y 3.4 por ciento de la generación mundial de electricidad [1].

Sin incluir a las grandes hidroeléctricas (que en sí mismas representaron 15 por ciento de la generación mundial de energía), la potencia instalada de generación eléctrica renovable alcanzó en 2007 aproximadamente 240 gigavatios (GW) en todo el mundo, un incremento de 50 por ciento en comparación con 2004.

La tecnología energética de mayor crecimiento en el mundo es la energía fotovoltaica solar (FV) conectada a redes, con incrementos anuales de 50 por ciento en la capacidad instalada acumulada en 2006 y 2007, hasta alcanzar aproximadamente 7.7 GW a finales de 2007. Esto se traduce en 1.5 millones de hogares en todo el mundo con techos solares que generan energía fotovoltaica para alimentar la red de distribución [1].

La energía eólica es actualmente la fuente de energía alterna de más rápido crecimiento en el país. La Administración de Información sobre Energía (*Energy Information Administration, EIA*) del Departamento de Energía de Estados Unidos estima que en 2007 la generación neta fue de 32,100 millones de kilovatios/hora (kWh), un incremento de 21 por ciento con respecto al año anterior y de casi cinco veces desde el inicio de la década [2].

Por su parte, los colectores de energía solar térmica en techos producen agua caliente para aproximadamente 50 millones de hogares en todo el mundo y calefacción de interiores para un número de hogares cada vez mayor. La capacidad de aprovechamiento solar directo para calentamiento de agua y calefacción de interiores aumentó 19 por ciento en 2006 hasta alcanzar 105 gigavatios-térmicos (GWt) en todo el mundo [1].

En términos de participación de mercado mundial, la tasa de crecimiento de la energía eólica y la solar es de 49 y 29 por ciento al año, respectivamente [3].

En poco tiempo estas tecnologías han pasado de ser sistemas y equipos relativamente pequeños y casi artesanales a integrar toda una industria de miles de millones de dólares.

En 2007 se invirtieron aproximadamente 71,000 millones de dólares estadounidenses (\$EU) en nuevos sistemas de energía renovable y capacidad térmica en todo el mundo, 47 por ciento de los cuales se destinaron a energía eólica y 30 por ciento a energía FV solar [1].

La inversión en energía renovable ha experimentado un crecimiento enorme, que le ha permitido pasar de \$EU10,000 millones en 1998 a cuando menos \$EU66,000 millones en 2007, el equivalente a 18 por ciento de toda la inversión en energía. Se prevé que tal inversión alcanzará un total de \$EU343,000 millones en 2020 y que se volverá a casi duplicar de nuevo para 2030, con una inversión de \$EU630,000 millones [4].

Ahora bien, estos avances se han logrado gracias a políticas públicas firmes y sistemáticas, y éstas tienen que permanecer vigentes durante varios años a fin de producir los resultados deseados.

Los mercados han prosperado y la transformación ha avanzado sobre todo cuando se ha contado con un apoyo político firme y sistemático [4].

Políticas inestables y la falta de incentivos a largo plazo son factores que han perjudicado el clima de la inversión en estas tecnologías (ER), evitando que su crecimiento sea aún mayor. Con incentivos fiscales federales y subsidios al crédito suficientemente generosos, el flujo de inversiones nuevas e importantes del sector privado llegaría de manera natural y rápida a estos tres campos de la energía renovable [5].

Por fortuna, varias iniciativas gubernamentales de los tres países de América del Norte contienen elementos de energía renovable que impulsarán de manera significativa el mercado de ER en la región.

En Estados Unidos, el Congreso aprobó y el presidente firmó la Ley Estadounidense de Recuperación y Reinversión (*American Recovery and Reinvestment Act*) de 2009. Se trata de una ley para la erogación masiva de \$EU800,000 millones que impulsarán nuevas estrategias nacionales en energía renovable, redes de distribución inteligentes, transmisión, vehículos avanzados, eficiencia energética y muchos otros aspectos relacionados con la energía, el medio ambiente, el clima y la sustentabilidad [6]. Entre sus estipulaciones fiscales y de asignación cabe mencionar las siguientes:

Incentivos fiscales. La nueva ley extiende hasta el 31 de diciembre de 2012 el Crédito Fiscal a la Producción (*Production Tax Credit*, PTC) para electricidad obtenida de instalaciones eólicas, y hasta el 31 de diciembre de 2013 para aquella obtenida de instalaciones de ER; otorga a desarrolladores de tecnología para proyectos de ER que califican para el PTC la opción de utilizar en su lugar el Crédito Fiscal a la Inversión (*Investment Tax Credit*, ITC) de 30 por ciento que antes sólo se aplicaba a proyectos de tecnología solar y otras tecnologías limpias; deroga la Limitación de Financiamiento sobre ITC a la energía subsidiada, incluso si la propiedad está financiada con bonos de desarrollo industrial u otro financiamiento a la energía subsidiada, y permite a los desarrolladores de proyectos solicitar al Departamento del Tesoro una subvención en lugar del Crédito Fiscal a la Inversión.

Asignación directa. La nueva ley prevé \$EU16,800 millones en asignación directa de fondos para energía renovable y programas de eficiencia energética durante los próximos diez años.

Programas de bonos y préstamos. La nueva ley también establece \$EU1,600 millones de nuevos bonos renovables de energía limpia para financiar instalaciones de ER y \$EU6,000 millones para un programa de garantía de préstamos temporales para proyectos de generación y transmisión de energía de fuentes renovables.

En México, el gobierno presentó hace poco para consulta pública su Programa Especial de Cambio Climático (PECC), que incluye diversos indicadores y metas relacionadas con la energía renovable, en particular las siguientes:

Sector residencial. En casas habitación nuevas construidas con el apoyo del gobierno federal, la meta es contar con 375,000 nuevas viviendas en 2012 que incorporen características de ER, sobre todo sistemas de calentamiento solar de agua.

Hoteles. El gobierno federal promoverá el uso de ER en hoteles.

Por su parte, el Gobierno de Canadá está invirtiendo 2,000 millones de dólares canadienses (\$C) en iniciativas de eficiencia energética (*ecoEnergy Initiatives*) para ayudar a los canadienses a hacer un uso más eficiente de la energía, impulsar el suministro de la energía renovable y desarrollar tecnologías energéticas más limpias. Entre el conjunto de iniciativas destacan las siguientes:

La iniciativa sobre energía renovable "ecoEnergy Renewable Initiative" entraña una inversión de más de \$C1,500 millones para impulsar la energía renovable de Canadá, la que se hará a través de dos programas.

- El programa "ecoEnergy for Renewable Power" elevará en 4,000 megavatios (MW) el suministro de electricidad limpia de Canadá y ofrecerá un incentivo basado en la producción.
- El programa "ecoEnergy for Renewable Heat" ofrece incentivos para fomentar el uso de tecnologías renovables limpias para el calentamiento de agua y la calefacción y acondicionamiento del aire en casas habitación y edificios.

La iniciativa sobre eficiencia "ecoEnergy Efficiency Initiative" destina alrededor de \$C300 millones a promover el uso inteligente de la energía e incluye el programa "ecoEnergy Retrofit Program", que apoya mejoras de eficiencia energética y tecnologías seleccionadas de energía renovable, como calentamiento solar del agua y bombas de calor de fuentes subterráneas, en viviendas, edificios pequeños e industrias.

La iniciativa sobre tecnología "ecoEnergy Technology Initiative" representa una inversión de \$C230 millones en ciencia y tecnología energética, mediante el financiamiento de investigación, desarrollo y prueba de tecnologías de energía limpia.

En Ontario, Canadá, la Ley de Energía y Economía Sustentables (*Green Energy and Green Economy, GEA*) de 2009 adoptó un enfoque doble para crear una economía sustentable que incluya la introducción de más fuentes renovables a la provincia. Esta ley también contiene medidas para promover una nueva economía verde en Ontario al dar a organizaciones y comunidades locales (por ejemplo, Primeras Naciones y comunidades métiis) más oportunidades para desarrollar proyectos de generación de energía renovable distribuida. Entre dichas medidas destacan las siguientes [7]:

Tarifas de introducción. El Programa de Tarifas de Introducción (*Feed-in Tariff Program, FIT*) creado por la GEA estableció una estructura de precios integral y garantizada para la producción de ER, que se espera genere más inversión en energía renovable, ya que brinda a los inversionistas mayor confianza en la rentabilidad de los proyectos e incrementa su acceso al financiamiento.

Simplificación de procesos para nuevos proyectos. La GEA simplifica el proceso de aprobación de los proyectos de energía renovable y les brinda garantías de servicio. También establece el "derecho de conexión" a la red eléctrica para proyectos de energía renovable y una "ventanilla única" de asistencia y soporte a desarrolladores de proyectos, a efecto de facilitar la aprobación de los proyectos.

Incentivos para propietarios de vivienda. Los propietarios de vivienda tendrán acceso a incentivos para el desarrollo de renovables a pequeña escala, incluidos préstamos con intereses bajos o sin intereses para financiar el costo de capital de instalaciones de generación de energía renovable, como módulos solares.

Como resultado, la expansión del uso de la energía renovable impactará positiva y significativamente la generación de empleos:

- En campos muy diversos, el sector de energía renovable genera más empleos por megavatio de electricidad instalada, por unidad de energía producida y por dólar invertido, que el sector de energía producida con combustibles fósiles [8].
- En promedio, por cada mil millones de dólares invertidos, nuestros escenarios de recuperación sustentables crean 30,100 empleos y ahorran a la economía \$450 millones al año en costos de energía [9].

- La industria de ER emplea profesionales provenientes de los más diversos campos y con gran variedad de conocimientos y habilidades; por ejemplo, aquellos que participan en investigación de materiales, partes, sistemas y evaluación de recursos, así como en la fabricación, diseño, instalación, venta y operación y mantenimiento de los sistemas y sus componentes.
- La industria también precisa de diversas habilidades asociadas a los aspectos generales de una empresa, como ventas, financiamiento, procesamiento de datos y manejo de recursos humanos.

Ciertos hechos adicionales muestran el impacto del desarrollo de la energía renovable en la generación de empleos:

- En los últimos años se han creado más de 2.3 millones de empleos verdes en el sector de la ER [4].
- La industria de la energía eólica da empleo a unas 300,000 personas, el de la energía solar fotovoltaica a unas 170,000 y el de la energía térmica solar a más de 600,000, muchas de ellas en China [4].
- De acuerdo con la Sociedad Estadounidense de Energía Solar (*American Solar Energy Society*, ASES), la industria de la energía renovable representó más de 504,000 empleos en 2007 únicamente. Suponiendo que este crecimiento continúe al mismo ritmo, esta industria podría generar hasta \$EU560,000 millones en ingresos y crear más de siete millones de empleos en Estados Unidos para el año 2030 [10].
- La principal fuente de energía alterna y la de más rápido crecimiento es la eólica, con más de 300,000 empleos en todo el mundo. En el caso de Estados Unidos y de acuerdo con la Asociación Estadounidense de Energía Eólica (*American Wind Energy Association*, AWEA), a la fecha de recopilación de este informe la industria ocupa unas 50,000 personas y agregó 10,000 nuevos empleos en 2007 [11]. En Canadá se estima que el sector de la energía eólica podría demandar una fuerza laboral nacional equivalente a más de 13,000 empleos para 2012 [3].
- La fabricación e instalación de sistemas de energía solar ya emplea a alrededor de 770,000 personas en todo el mundo. Las oportunidades de trabajo en este campo están abiertas en todo el planeta y a la fecha más de 3,400 compañías en el sector de energía solar emplean entre 25,000 y 35,000 trabajadores en Estados Unidos. La Asociación de Industrias de la Energía Solar (*Solar Energy Industries Association*, SEIA) de Estados Unidos predice un incremento a más de 110,000 empleos en 2016 [11].

Por lo anterior, crece la necesidad de satisfacer la demanda de recursos humanos capacitados en la región, ya que la falta de disponibilidad de mano de obra de esta clase puede ser un obstáculo para la industria de la energía renovable de América del Norte si el crecimiento continúa a este ritmo acelerado y no se cuenta con una estrategia definida de capacitación y reclutamiento.

Las diferencias y deficiencias en materia de capacitación se han convertido en un obstáculo decisivo para las economías en los países industriales y en desarrollo [4].

Mientras que la atención se centra generalmente en la tecnología, la experiencia demuestra que el vínculo más débil en la cadena de producción es el que determinará el nivel de desempeño que se puede conseguir [4].

En respuesta a esta demanda, en América del Norte crece el interés y la participación en cursos de energía renovable y en programas de capacitación para contratistas ofrecidos por instituciones que van desde preparatorias hasta universidades y desde escuelas técnicas hasta gremios de la construcción.

Sin embargo, a la par que aumenta la oferta de programas de los diversos prestadores de servicios educativos, surgen preguntas como éstas: ¿Cómo pueden saber los posibles estudiantes si se les enseñarán las habilidades y los conocimientos que necesitan para hacer un buen trabajo? ¿Las instalaciones cuentan con el equipo y las herramientas apropiadas para la capacitación? ¿Existen procedimientos que garanticen la seguridad y prácticas seguras? ¿Los programas son administrados en forma fiscalmente responsable? ¿Los maestros están calificados? [12].

Con este informe se busca contribuir, mediante su análisis y la descripción general de lo que está disponible, al desarrollo de capacidades de entrenamiento en América del Norte.

1. Análisis de las capacidades de entrenamiento establecidas

El presente informe se centra en la capacidad de toda América del Norte para entrenar a las personas para el trabajo en diseño, adquisición, instalación, inspección y operación y mantenimiento de sistemas de generación de electricidad fotovoltaicos (FV) y eólicos y sistemas de calentamiento solar de agua (CSA) tanto grandes como pequeños.

1.1 El proceso de análisis

Para determinar la extensión de la capacidad de entrenamiento para el empleo en energía renovable (ER) de toda América del Norte, el equipo que labora en el proyecto hizo una búsqueda minuciosa en la red, utilizando su conocimiento del campo de ER y de los principales participantes en la región.

El alcance de la investigación abarcó un amplio rango de opciones de capacitación, desde cursos cortos hasta cursos y carreras universitarias.

Por cada uno de los cursos identificados se recopiló un conjunto de datos:

- Lugar (Canadá, Estados Unidos o México)
- Tema (sistemas FV, sistemas CSA, generación eólica o energía renovable en general)
- Tipo de curso (escolarizado o en línea)
- Duración (desde horas hasta años)
- Tipo de participante para quien está estructurado el curso
- Requisitos de admisión (conocimientos)
- Costo
- Certificación ofrecida, o ninguna
- Nombre de la institución
- Ubicación
- Descripción general
- Persona a contactar
- Sitio en Internet

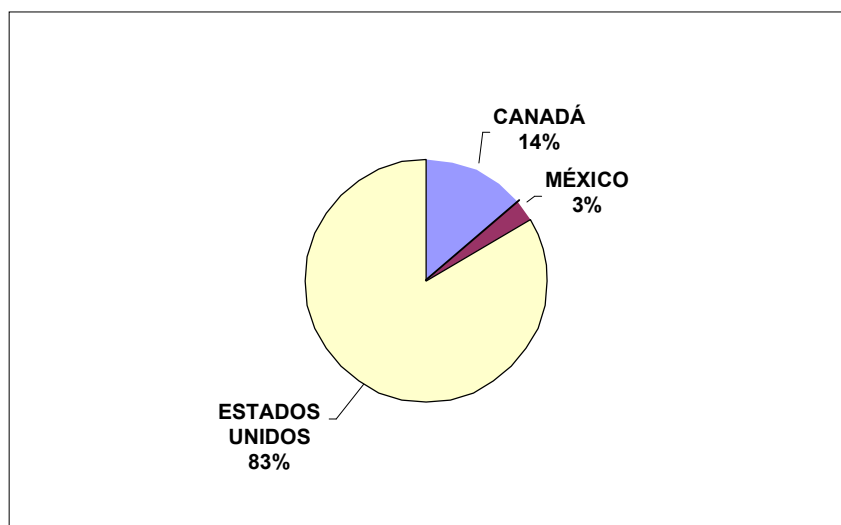
Se elaboró una base de datos para recopilar y organizar la información. Dicha base se integró a un directorio y a un sitio en Internet.

1.2 Resultados generales del proceso de evaluación

El proceso de evaluación encontró 235 cursos diferentes en los tres países. Los datos disponibles de cada uno de los cursos eran muy variables y en algunos casos sólo se proporcionaba la identidad del organizador y algunos temas generales.

- **Por país y estado o provincia.** Por país, Estados Unidos es el país predominante, con 83 por ciento de los cursos, seguido por Canadá con 14 por ciento y México con sólo 3 por ciento (véase la gráfica 1).

Gráfica 1. Cursos de capacitación en ER, por país



En Canadá, más de 50 por ciento de los cursos de capacitación en ER identificados se imparten en Ontario (véase el cuadro 1).

Cuadro 1. Cursos de capacitación en ER, por provincia, Canadá

PROVINCIA	Número de cursos
Ontario	14
Alberta	4
Columbia Británica	4
Quebec	4
Nueva Brunswick	3
Nueva Escocia	1
Isla del Príncipe Eduardo	1
NACIONAL	1
TOTAL	32

En México, la capacitación en ER identificada sólo se ofrece en la capital del país y en tres estados (véase el cuadro 2).

Cuadro 2. Cursos de capacitación en ER, por estado, México

ESTADO	Número de cursos
Distrito Federal	1
Michoacán	1
Morelos	2
Puebla	2
TOTAL	6

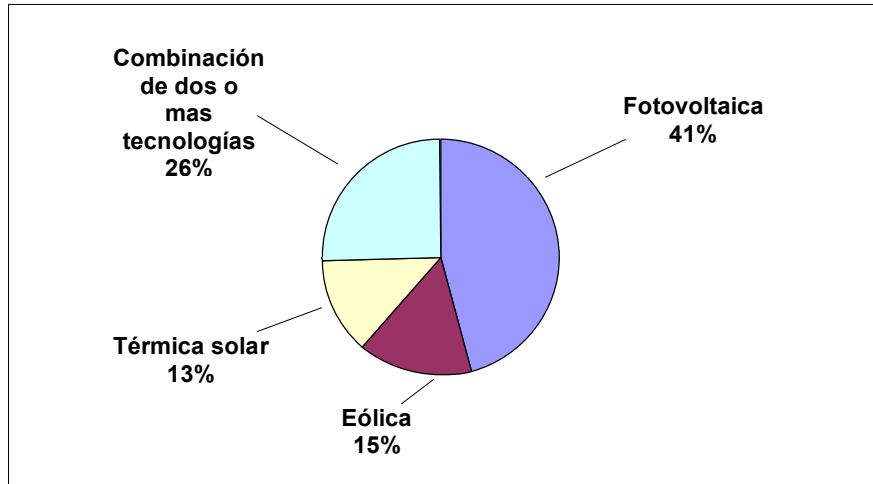
En Estados Unidos se identificaron cursos de capacitación en ER en 38 estados: 29 impartidos por empresas privadas (con alcance nacional), siete por organizaciones de educación a distancia y uno por una organización nacional (véase el cuadro 3). Por estado, California domina en cursos de capacitación en ER identificados, con 27, seguido por Nueva York (12), Wisconsin (11) y Nuevo México (10).

Cuadro 3. Cursos de capacitación en ER, por estado, EU

ESTADO	Número de cursos
California	27
Nueva York	12
Wisconsin	11
Nuevo México	10
Massachusetts	8
Minnesota	7
Arizona	6
Ohio	6
Oregón	6
Texas	6
Colorado	5
Florida	5
Michigan	5
Iowa	4
Maine	4
Maryland	4
Carolina del Norte	3
Nevada	3
Washington	3
Idaho, Illinois, Kansas, Oklahoma y Pensilvania, cada uno	2
Connecticut , Dakota del Norte, Delaware, Georgia, Hawai, Indiana, Luisiana, Missouri, Nebraska, Nueva Hampshire, Puerto Rico, Tennessee, Utah y Virginia, cada uno	1
Empresa privada	29
Educación a distancia	7
Organización nacional	1
TOTAL	196

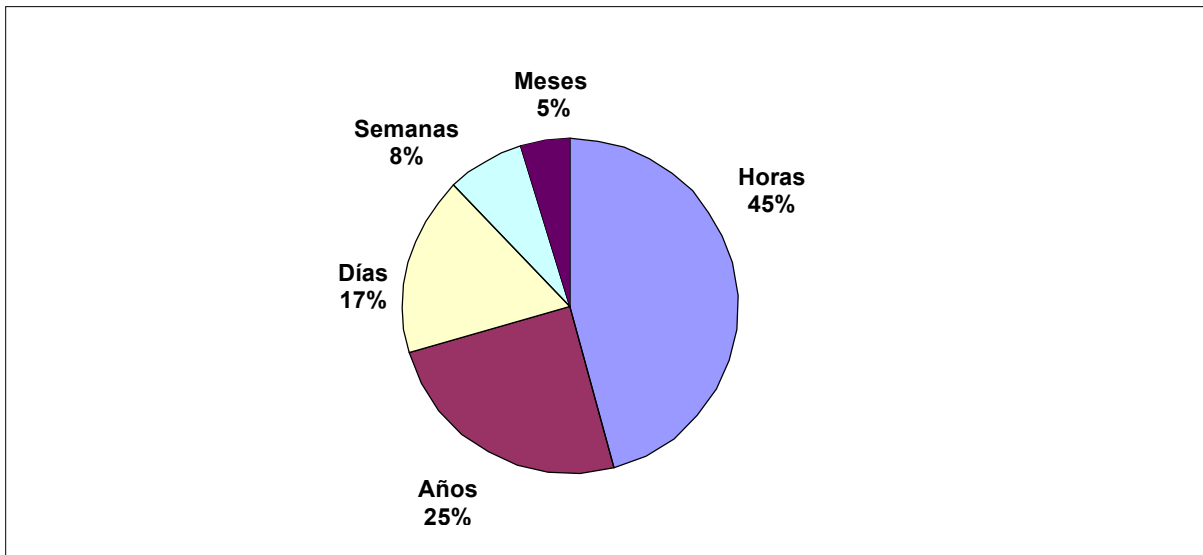
- **Por tema.** En los tres países, un número significativo (46 por ciento) comprende cursos orientados específicamente a la tecnología fotovoltaica, 15 por ciento a la eólica y 13 por ciento a la térmica solar, mientras que la cuarta parte corresponde a ER en general (véase la gráfica 2).

Gráfica 2. Cursos de capacitación en ER. por tema



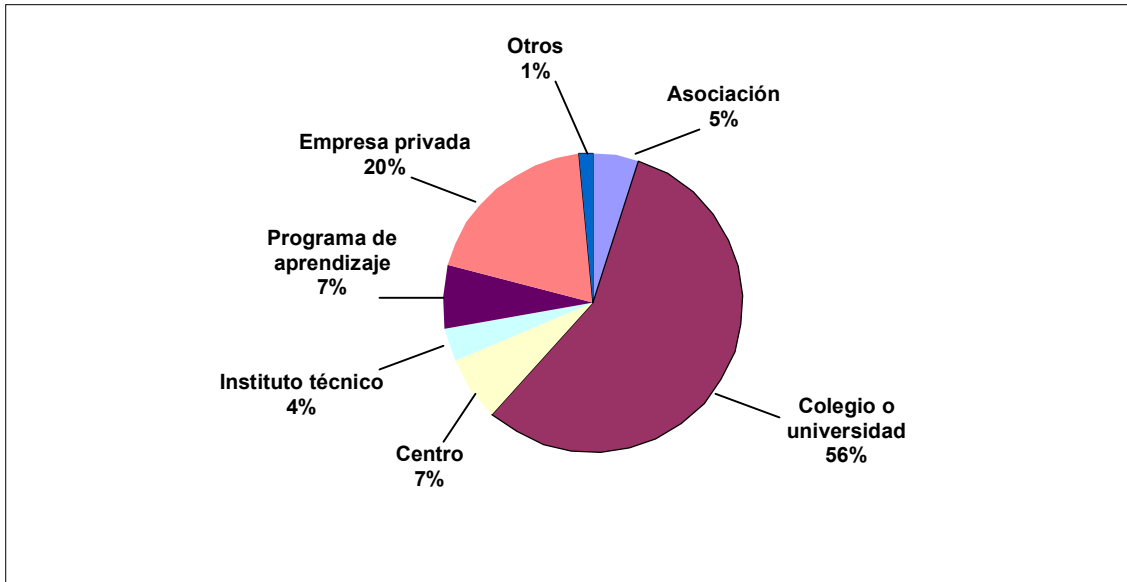
- **Por duración.** Cerca de 40 por ciento de los cursos identificados en los tres países no indicaban en su literatura la duración del proceso de capacitación. Cuando sí se especificaba, en 45 por ciento de los casos la duración estaba expresada en horas (de dos a 20), en 25 por ciento en años (de uno a 10), en 17 por ciento en días, en 8 por ciento en semanas y en 5 por ciento en meses (véase la gráfica 3).

Gráfica 3. Cursos de capacitación en RE, por duración



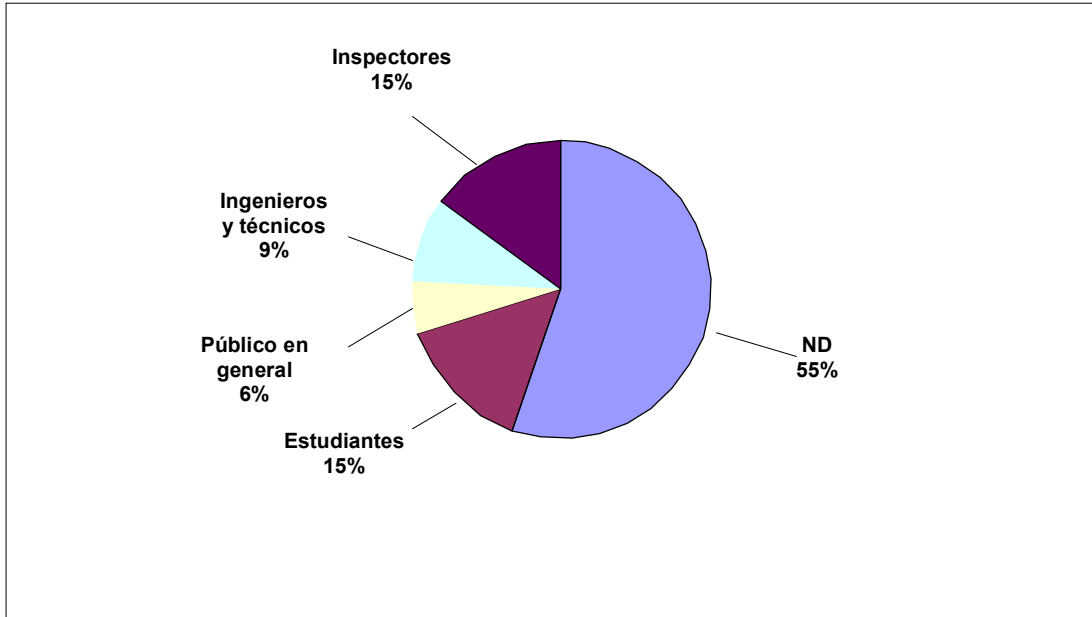
- **Por tipo de institución.** La mayor parte de los cursos en los tres países son impartidos ya sea por instituciones tecnológicas o universidades (65 por ciento). Un alto porcentaje es ofrecido por empresas privadas relacionadas con las tecnologías (20 por ciento) y cerca de 10 por ciento es ofrecido por asociaciones relacionadas con la energía renovable o con sindicatos (véase la gráfica 4).

Gráfica 4. Cursos de capacitación en ER, por tipo de institución



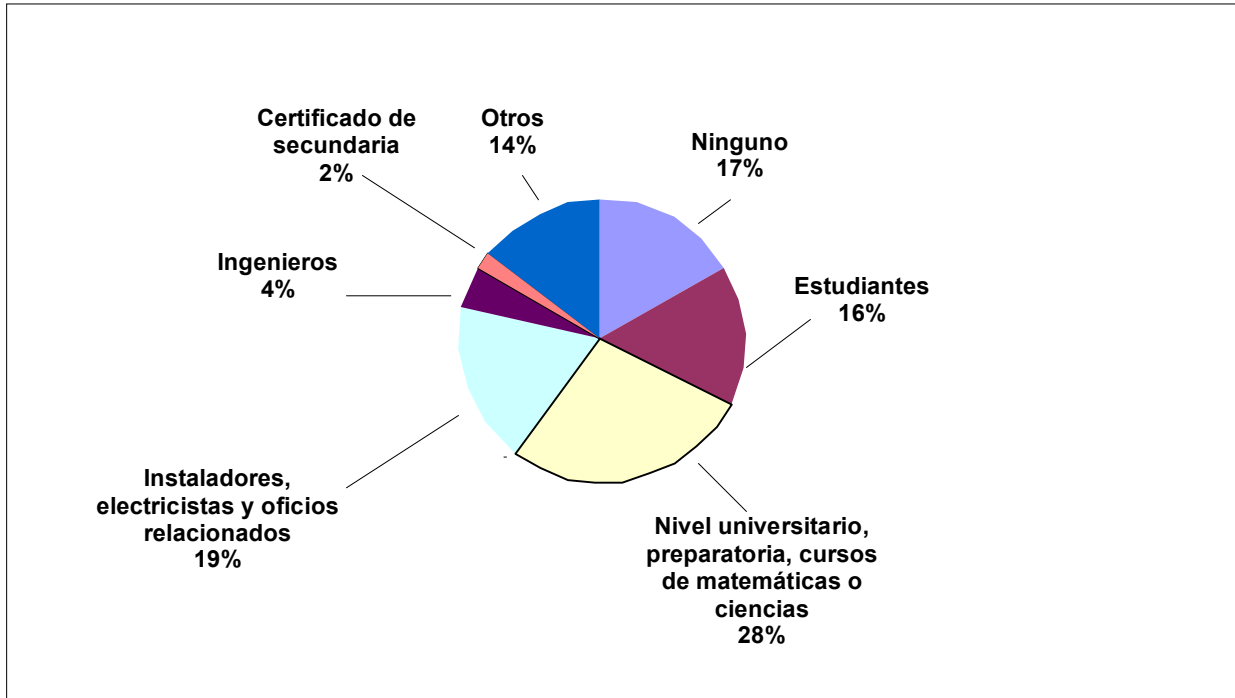
- **Por tipo de participante para quien está estructurado el curso.** En los tres países los cursos están dirigidos a una amplia gama de participantes, desde el público en general hasta ingenieros (véase la gráfica 5).

Gráfica 5. Cursos de capacitación en ER, por tipo de participante a quien van dirigidos



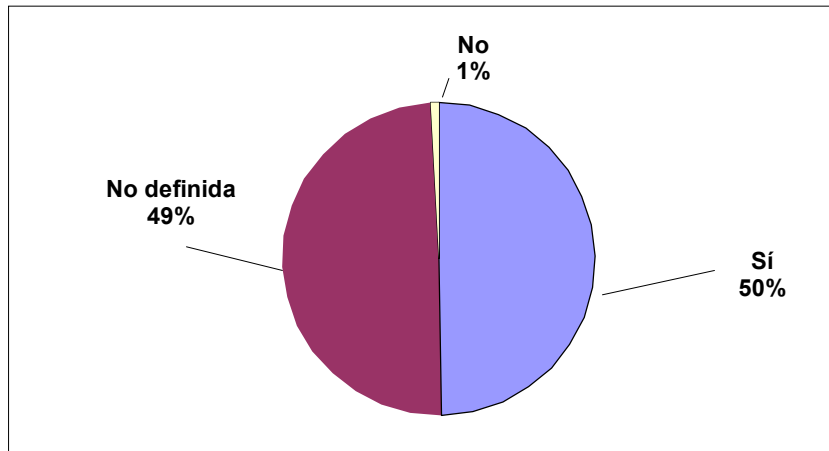
- **Conocimientos requeridos.** Más de 60 por ciento de los cursos en los tres países no especifican requisitos (interpretándose entonces que están dirigidos al "público en general"), pero exigen cierta experiencia práctica (para los cursos dirigidos a técnicos e instaladores) o conocimientos en matemáticas básicas y ciencias (para los establecidos como parte del programa de estudios de una carrera de ingeniería) (véase la gráfica 6).

Gráfica 6. Cursos de capacitación en ER, por conocimientos requeridos



- **Certificación.** Casi la mitad de los cursos en los tres países mencionan algún tipo de certificación (véase la gráfica 7).

Gráfica 7. Cursos de capacitación en ER, con y sin certificación



1.3 Otros hallazgos importantes

En el proceso de investigación para el proyecto, más allá de buscar lo que ofrece el mercado, se hicieron otros hallazgos relacionados con el propósito del proyecto.

1.3.1 Grado de escolaridad

Según el estudio *Situational Analysis of the Canadian Renewable Energy Sector with a Focus on Human Resource Issues* [Análisis situacional del sector de la energía renovable, con énfasis en cuestiones de recursos humanos] realizado por The Delphi Group, la escolaridad promedio de quienes trabajan en el diseño o en la instalación y fabricación de sistemas FV corresponde a una carrera en una escuela de oficios o facultad de ingeniería [3].

El mismo estudio indica que las empresas especializadas en dar servicio y mantenimiento a grandes granjas eólicas buscan oficiales con varios años de experiencia en el ramo, así como con menos experiencia, recién egresados de escuelas de oficios. Para mano de obra más experimentada buscan electricistas con experiencia en la generación y transmisión de electricidad, y si requieren mano de obra menos experimentada buscan egresados de escuelas de oficios con certificados en electricidad y mecánica [3].

1.3.2 Capacitación práctica

Un aspecto muy importante que la investigación no sacó a la luz es el hecho de que muchos miembros de las industrias eólica y solar ofrecen su propia capacitación práctica.

Según un estudio elaborado por The Delphi Group, la mayoría de las empresas imparten capacitación interna o en la práctica para desarrollar las habilidades que requieren [3].

- En el campo de la tecnología térmica solar, la razón primordial y aparente de que las empresas tengan que impartir su propia capacitación es la falta absoluta de entrenamiento disponible en los niveles superior y universitario.
- En el caso de la generación de energía FV, la mayoría de las empresas contratan egresados de escuelas técnicas (eléctricos o mecánicos) o ingenieros que posean los conocimientos fundamentales y después los entrenan en áreas específicas de esta tecnología.
- En el caso de la energía eólica, los principales participantes de la industria de servicios, como GE y Vestas, imparten su propia capacitación interna estructurada para dar servicio a su equipo.
- Asimismo, algunas empresas dedicadas a actividades de diseño e instalación envían personal a cursos de certificación en energía solar, en tanto que algunos fabricantes envían personal para que reciban otro tipo de capacitación, como en software y diseño.

Además, sobre todo tratándose de grandes instalaciones eólicas, el Centro para el Avance de Estados Unidos (*Center for American Progress*) informa que diversas compañías eléctricas ya cuentan con excelentes programas de capacitación y relaciones con su fuerza de trabajo y que muchas asociaciones de oficios ofrecen programas de aprendizaje muy efectivos que son una excelente vía para el desarrollo de habilidades y la certificación [13].

1.3.3 Certificación

La certificación es un aspecto importante en el caso de las industrias solar y eólica de América del Norte.

En Estados Unidos, ciertos estados (Arizona, California, Connecticut, Florida, Hawai, Michigan, Nevada, Oregón, Utah y Wisconsin) y Puerto Rico solicitan a los contratistas contar con licencias tratándose de calentamiento solar del agua, calefacción solar de interiores activa y pasiva, calor solar para procesos industriales, electricidad solar térmica y sistemas FV. El propósito de este requisito es asegurarse de que los contratistas cuenten con la experiencia y los conocimientos necesarios para la instalación apropiada de los sistemas [14].

Certificación de una profesión se refiere a un proceso por lo general voluntario en el que la organización que certifica otorga un reconocimiento formal a quienes satisfacen ciertas normas o requisitos predeterminados, y normalmente incluye algún tipo de examen para evaluar las aptitudes de los candidatos. En Estados Unidos existen más de mil programas de certificación que califican a profesionales que van desde operadores de grúas hasta expertos en eficiencia energética, y desde planeadores financieros hasta técnicos automotrices [15].

Los programas de certificación voluntaria logran tres importantes metas [15]:

1. Brindan una medida de protección al público al expedir a los profesionales una credencial para juzgar su competencia.
2. Dan a dichos profesionales un medio para distinguirse de sus competidores.
3. Con el mejoramiento potencial de la calidad, mejoran la percepción pública de la ocupación de que se trate, ayudando a incrementar la prominencia y el prestigio de la industria.

1.3.4 Consejo Estadounidense de Profesionales de la Energía Certificados

El Consejo Estadounidense de Profesionales de la Energía Certificados (*North American Board of Certified Energy Practitioners*, NABCEP) es un elemento clave en la región, ya que ofrece certificaciones y programas de certificación a profesionales de la energía renovable en toda América del Norte [15].

El NABCEP es un consejo voluntario de partes interesadas en la energía renovable formado por representantes de la industria solar, titulares de certificados del NABCEP, organizaciones de energía renovable, responsables de la elaboración de políticas estatales, instituciones educativas y los diversos gremios. La misión del NABCEP (apoyar y trabajar con industrias, profesionales e interesados en la energía renovable y la eficiencia energética) es desarrollar y poner en marcha programas de otorgamiento de credenciales de calidad y de certificación para profesionales [15].

La labor del NABCEP inició con la creación de un programa de certificación para instaladores de tecnología eléctrica solar (conocido como Certificación FV Solar del NABCEP). A octubre de 2008, un total de 587 personas había aprobado el examen para obtener dicha certificación y a la fecha 85 instaladores de sistemas de energía solar térmica cuentan con ella [15].

Actualmente, el nuevo grupo de Análisis de Tarea de Sistemas Eólicos Pequeños del NABCEP (integrado por instructores, instaladores y otros líderes experimentados en energía eólica a pequeña escala) trabaja en la determinación del material que abarcará el examen para la Certificación NABCEP en Sistemas Eólicos Pequeños, que quizá esté listo para marzo de 2010 [16].

1.3.5 Norma técnica de competencia laboral para instaladores de sistemas de calentamiento solar de agua en México

En México se acaba de formalizar una norma técnica de competencia laboral para instaladores de sistemas de calentamiento solar de agua, que ayudará a certificar la calidad de los instaladores en el sector vivienda [17].

1.3.6 Acreditación

El Consejo Interestatal de Energía Renovable (*Interstate Renewable Energy Council, IREC*) trabaja en la implementación del marco de trabajo de normas e indicadores del Instituto de Calidad de la Energía Sustentable (*Institute for Sustainable Power Quality, ISPQ*) a fin de proporcionar un medio para comparar contenido, calidad y recursos en una amplia gama de programas de capacitación que abarcan energía renovable, eficiencia energética y tecnologías de generación distribuida. Este marco de trabajo internacional garantiza la legitimidad de lo que se enseña y de quien lo enseña [18].

IREC es una organización sin fines de lucro que presta apoyo a servicios dirigidos al mercado con propósitos de educación, coordinación, adquisición, adopción y puesta en marcha de directrices y normas uniformes, desarrollo de la fuerza de trabajo y protección al consumidor. IREC cuenta entre sus miembros a oficinas de energía de estados y ciudades, otras dependencias municipales y estatales, laboratorios nacionales, compañías y organizaciones de fuentes de energía renovable y solar y personas físicas. Además, trabaja con numerosos aliados, incluido el gobierno federal, organizaciones nacionales ambientales y municipales, comisiones reguladoras, representantes de los consumidores designados por los estados, prestadores de servicios de energía, grupos de compañías de servicios públicos, universidades e institutos de investigación [19].

1.3.7 Criterios para los programas de capacitación

El Consejo Interestatal de Energía Renovable (IREC) ha trabajado en la evaluación de la calidad para garantizar que los cursos de capacitación a profesionales estén hechos para impartir enseñanzas que generen conocimientos y aptitudes propias del lugar de trabajo y atiendan debidamente temas de seguridad y códigos.

En colaboración con el Instituto para la Energía Sustentable (*Institute for Sustainable Power, ISP*), la Alianza para la Educación Tecnológica Ambiental (*Partnership for Environmental Technology Education, PETE*) y otros expertos en educación y certificación, IREC creó seis criterios recomendados para la capacitación de profesionales [12]:

1. Los cursos de capacitación para profesionales deben brindar experiencias educativas, de entrenamiento y de desarrollo de aptitudes que generen conocimientos, capacidades y habilidades propias del lugar de trabajo.
2. La capacitación debe abordar apropiadamente cuestiones de seguridad, códigos y competencias fundamentales determinadas mediante un análisis del trabajo o las tareas aprobado por la industria.
3. La capacitación debe impartirse en un ambiente que cuente con las instalaciones, herramientas y prácticas seguras apropiadas.
4. La capacitación debe ofrecer una estructura de aprendizaje formal y planeada en la que el educando reciba algún tipo de retroalimentación y se dé seguimiento a su avance.
5. La capacitación debe impartirse bajo la administración de una entidad con registro legal.

6. La capacitación debe ser impartida por una entidad de probada calidad administrativa verificada por un tercero mediante acreditación convencional, aprobación del gobierno o del ramo o la acreditación del ISPO o evaluación de calidad similar.

1.3.8 Empleos verdes

La búsqueda de “empleos verdes” produjo dos importantes iniciativas que también deben tomarse en cuenta: a) La Ley de Empleos Verdes de 2007 y b) sistemas de búsqueda de este tipo de empleos en Internet.

- **Ley de Empleos Verdes de 2007.** De acuerdo con la Ley de Independencia y Seguridad Energética, el Departamento de Energía (DOE) de Estados Unidos establecería un programa de capacitación en eficiencia energética y energía renovable para los trabajadores el 16 de junio de 2008 [20]. Además, el DOE otorgaría Subvenciones a Alianzas Nacionales de Capacitación en Energía a las entidades que mejor cumplieran con los requisitos pertinentes, para que pudieran impartir capacitación y lograr la autosuficiencia económica y desarrollaran fuerza de trabajo calificada en eficiencia energética y energía renovable [21].
- **Greenjobs.** El sitio Greenjobs es ejemplo de un recurso en línea que cuenta con servicios e información de ofertas de empleo en energía renovable. El sitio, lanzado en 2004, se concentra en todos los aspectos del trabajo en la energía renovable en todo el mundo, desde simples listados de ofertas de empleo hasta servicios de reclutamiento total, además de analizar la situación laboral en las diversas industrias de la ER [22].

1.3.9 Grupo de Trabajo para la Educación de AWEA

La iniciativa del Grupo de Trabajo para la Educación de la Asociación Eólica Estadounidense (*American Wind Association, AWEA*) es una referencia importante, ya que sirve de foro a los miembros de la industria eólica y de la comunidad educativa. En particular, dicho grupo promueve programas de capacitación para el empleo y de carrera para instituciones técnicas y tecnológicas, programas de desarrollo académico y de carrera en instituciones de licenciatura y posgrado y oportunidades de becas a través del Programa de Becas Educativas de la AWEA [23].

2. Dificultades, retos, oportunidades de mejoramiento y recomendaciones, desde la perspectiva trilateral

En este apartado se examinan tres preguntas básicas:

- ¿Cuáles son los retos y dificultades actuales para que el soporte de instalación y mantenimiento logre desarrollarse por medio de los programas de capacitación y educativos disponibles?
- ¿De qué oportunidades de mejoramiento se dispone?
- ¿Qué papel podría desempeñar un mecanismo de colaboración trilateral?

a. ¿Cuáles son los retos y dificultades actuales para que el soporte de instalación y mantenimiento logre desarrollarse por medio de los programas de capacitación y educativos disponibles?

Como fiel reflejo de la creciente importancia del mercado de la energía renovable en América del Norte, aumenta el interés y la participación en programas de capacitación para profesionales y en cursos en energía renovable, como ya se vio líneas arriba, que ofrecen preparatorias, universidades, escuelas técnicas, escuelas de oficios y organizaciones no gubernamentales locales y nacionales.

Sin embargo, mientras más grande es la oferta de programas de los diversos prestadores de servicios educativos, más grande es también el número de cuestiones que se deben atender para que los programas sean útiles para el mercado de trabajo de la energía renovable en particular, y para las estrategias regionales de promoción de la ER en general.

i. El mercado aún no está lo suficientemente establecido para apoyar el mayor desarrollo de programas de capacitación

Una de las cuestiones más importantes, en particular en los casos de México y Canadá, es que el mercado no está lo suficientemente establecido para que las instituciones académicas y los posibles estudiantes se den cuenta de que éste es un campo de trabajo viable [3]. Lo anterior significa que, para muchas instituciones, la inversión de recursos para establecerse como proveedores de capacitación en el campo de la energía renovable quizá sea un riesgo que no vale la pena correr. Esa situación también se refleja en el hecho de que la oferta consta en su mayor parte de cursos cortos que sólo brindan los elementos generales de la tecnología, pero no las aptitudes y los conocimientos necesarios para el mercado.

ii. Crecimiento acelerado de la industria de ER

En Canadá es cada vez más preocupante que la falta de disponibilidad de mano de obra especializada represente un obstáculo para la industria si ésta sigue creciendo al mismo ritmo acelerado sin que se tenga una estrategia de reclutamiento definida [3].

iii. Falta de capacitación en energía térmica solar tanto en instituciones tecnológicas como en universidades

De acuerdo con un estudio realizado por The Delphi Group para el ministerio de Industria canadiense, es difícil encontrar personas con experiencia en diseño y sistemas de energía solar; al parecer, actualmente no hay programas de capacitación en identificación de sitios,

diseño de granjas eólicas o planeación de proyectos, y hay muy pocos programas de capacitación relacionados con sistemas FV, quizá porque hasta hace poco escaseaban las personas que consideraban la generación fotovoltaica como una opción de carrera viable [3].

iv. Incompatibilidad entre la oferta y las necesidades reales de la industria

En Canadá (y es probable que en toda la región) pareciera no haber relación entre el material de los cursos que se ofrecen fuera de la industria y las necesidades reales de ésta. Según el estudio realizado por The Delphi Group, los miembros de la industria eólica que respondieron a sus preguntas no se veían interesados en los egresados de los programas existentes y subrayaron que las aptitudes de los recién egresados podrían mejorarse agregando a los programas de escuelas de oficios y facultades de ingeniería unos cuantos cursos o créditos sobre sistemas de turbinas eólicas [3].

v. Falta de recursos (instructores calificados) para el avance adecuado de los programas de capacitación

También, la falta de instructores calificados se identificó como un obstáculo presente y futuro para el desarrollo de la capacidad de entrenamiento en particular, pero también de la industria de la energía renovable en general, sobre todo si ésta crecerá a un ritmo más acelerado que el actual.

vi. Políticas inciertas

Una de las principales barreras para el desarrollo de los programas de capacitación es que las políticas no ofrezcan certeza suficiente para dar confianza a quienes invierten en la creación de capacidades de entrenamiento específicas de la ER. Esta situación es de particular importancia en el contexto de México.

vii. Falta de códigos o normas en México

La falta de códigos o normas en México puede afectar la capacitación, ya que no existen referencias específicas que se puedan utilizar en el proceso.

b. ¿Qué oportunidades de mejoramiento se tienen?

Para garantizar el éxito de los esfuerzos de desarrollo de la fuerza de trabajo, existen varias estipulaciones laborales importantes que se pueden aplicar a la contratación con apoyo federal a medida que construyamos una red nacional. Se necesitan criterios claros para garantizar la integridad del mercado laboral y de los contratistas que ofrecen este trabajo y la calidad de los empleos que generan [13].

i. Establecer o fortalecer políticas que den certidumbre a las inversiones en capacidad de entrenamiento

Uno de los principales obstáculos es que el mercado no está lo suficientemente establecido para apoyar el mayor desarrollo de los programas de capacitación; por lo tanto, deben aplicarse políticas que den seguridad a quienes invierten en crear esta capacidad. En algunas regiones específicas de Estados Unidos y Canadá dichas políticas ya se aplican correctamente en formas tan diversas como incentivos, exenciones fiscales, subvenciones y niveles obligatorios de energía renovable en la red; sin embargo, deben integrarse en una política común para la región de América del Norte.

ii. Aprovechar capacidades y mejores prácticas existentes

En principio toda la atención debe centrarse en la participación en los programas de capacitación existentes y en seguir las mejores prácticas. Una vez que el mercado comience a mostrar un crecimiento significativo, el siguiente paso podrían ser nuevas capacidades basadas en los programas y prácticas ya existentes.

iii. Implementar nuevos cursos y complementar los existentes

Tratándose de áreas en donde se identificó falta de capacidad (como cursos o créditos relativos a sistemas de turbinas eólicas y calentamiento solar de agua), deben planearse y aplicarse nuevos cursos y agregarse, por ejemplo, a cursos estándar de plomería o de capacitación en calefacción, ventilación y aire acondicionado. Esto sería suficiente para cubrir los requisitos de capacitación en instalación en el cercano plazo [3].

iv. Exigir certificación en ER en contratos

Una política de transparencia que ya se aplica en algunas entidades de Estados Unidos y debe ponerse en marcha en todo el mundo es la certificación de los instaladores que trabajen en proyectos con financiamiento o apoyo público, lo que también ayudaría a evitar la percepción negativa en el mercado que generen las malas instalaciones y a garantizar que las inversiones públicas creen valor duradero, desarrollo económico de calidad y buenos salarios y prestaciones.

v. Fortalecer la acreditación

Junto con la certificación obligatoria es imperativo fortalecer y extender la acreditación de las instituciones que ofrecen la capacitación, a fin de garantizar uniformidad y calidad en la impartición de la enseñanza. Dicha acreditación podría modelarse a partir del proceso utilizado por instituciones de mejores prácticas existentes, como el que el Consejo Interestatal de Energía Renovable (IREC) está poniendo en marcha por medio del Instituto de Calidad de la Energía Sustentable (ISPQ) [18].

vi. Obtener el compromiso de la industria de ER

Para que los nuevos programas de capacitación sean de utilidad y tengan éxito deben contar con la participación de los interesados. Así, es fundamental que la industria de ER se comprometa en el desarrollo o expansión de estos programas participando en la elaboración de programas de estudio y proporcionando acceso a equipo de capacitación apropiado. Como alternativa se ha sugerido la creación de alianzas con organizaciones comunitarias para la capacitación de la fuerza de trabajo pública y privada [3].

vii. Fortalecer la capacidad de entrenamiento en línea

La capacidad de entrenamiento en línea, sobre todo en español, podría ser de mucha utilidad para arrancar el mercado de la capacitación en ER en México.

c. ¿Qué papel podría desempeñar un mecanismo de colaboración trilateral?

i. Facilitar el acceso a información sobre capacidad de entrenamiento

Un sistema de información común basado en la red que integre datos de instituciones y capacidad regional de capacitación podría ayudar a vincular la oferta y la demanda al respecto, pero también podría impulsar la colaboración entre dichas instituciones.

ii. Promover y compartir certificación y acreditación comunes

Aplicando las mejores prácticas y por medio de capacidades establecidas se podrían promover sistemas comunes de certificación y acreditación regional para garantizar calidad al menor costo para la región.

iii. Promover la capacitación de técnicos e ingenieros mexicanos

Evidentemente, México es el país menos desarrollado en cuanto a capacidad de entrenamiento se refiere y el que quizá tenga el crecimiento más acelerado en el futuro, por lo que debe ponerse especial interés en generar capacidad regional para su personal técnico.

Para tal efecto podrían utilizarse diferentes vías, desde colaboración entre compañías de servicios públicos, sindicatos y universidades, hasta programas específicos.

d. ¿Qué mecanismos financieros (por ejemplo, sector privado, gobiernos, fundaciones filantrópicas y organizaciones internacionales) podrían facilitar las oportunidades de capacitación en energía renovable para estudiantes y expertos de los tres países?

i. Utilizar acuerdos gubernamentales trilaterales vigentes

Tanto la Comisión para la Cooperación Ambiental como el Grupo de Trabajo de América del Norte sobre Energía son organizaciones que pueden servir de vehículo para explorar, facilitar y establecer acuerdos trilaterales que los tres países podrían financiar mediante un fondo común.

ii. Promover acuerdos en la industria

Considerando que el personal capacitado es un elemento fundamental para el crecimiento sustentable de la industria de ER y que algunas compañías tienen o pueden tener proyectos en los tres países, podría analizarse la creación de una fuerza de trabajo trilateral pública y privada para promover alianzas de capacitación con organizaciones comunitarias.

3. Evaluación tecnológica

3.1 Sistemas fotovoltaicos solares

Los sistemas fotovoltaicos (FV) producen electricidad usando la energía solar para estimular el flujo de electrones y producir corriente directa (CD). Estos sistemas han estado listos para el mercado desde hace muchos años y se les considera una tecnología de energía renovable (ER) relativamente madura, utilizada en numerosos proyectos pequeños en toda América del Norte. Puesto que los sistemas FV producen electricidad, se les puede emplear de manera directa para impulsar equipo de diversas clases o convertir su energía a grados variables de calor. La electricidad que producen se puede también medir y revender a la compañía eléctrica.

Un sistema FV es flexible en términos de aplicación e instalación, no sólo por el alto grado de energía que produce, sino también porque se puede integrar a la construcción (tanto en el techo como en la fachada), lo que la convierte en una opción popular de ER para los sistemas de generación de electricidad a pequeña escala.

3.1.1 Componentes

Los sistemas FV constan de módulos fotovoltaicos (que generan la CD), equipo de distribución eléctrica y de protección (para distribuir la electricidad) y otros componentes opcionales que varían de acuerdo con la aplicación y garantizan la conversión de la potencia y la calidad de la energía, almacenan la electricidad y proveen la estructura de montaje.

Los principales elementos de los sistemas FV son:

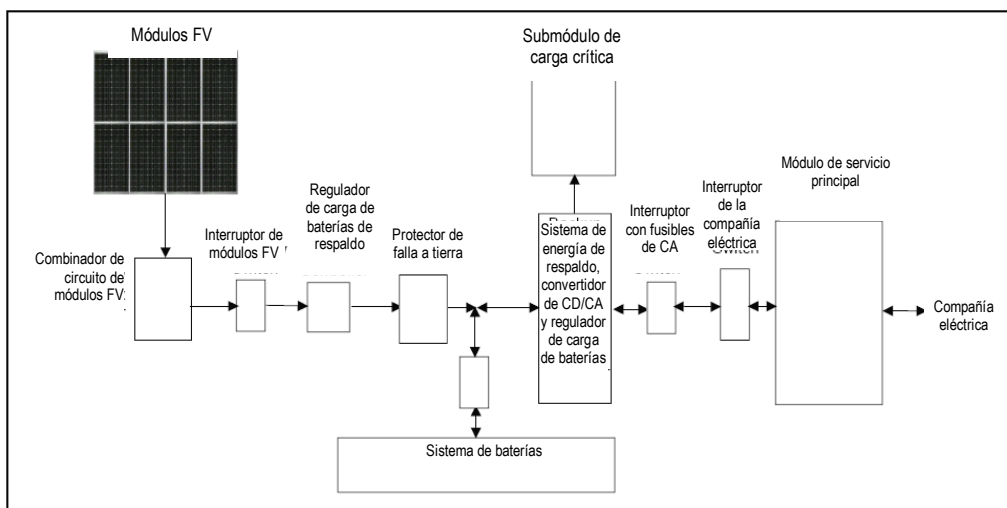
- **Módulo FV.** El módulo FV es la pieza central del sistema, ya que convierte la luz del sol en corriente directa (CD). Los módulos comerciales generalmente están compuestos de un material fotovoltaico con base de silicio, pero también hay otros materiales disponibles y las investigaciones recientes de materiales conductores de plástico arrojan resultados promisorios en términos de eficiencia y bajo costo.
- **Convertidor.** El convertidor transforma la CD del módulo en corriente alterna (CA), que es la forma común de electricidad que suministra la red eléctrica y utiliza el equipo en edificios y hogares. Los convertidores para aplicaciones unidas a la red también pueden ofrecer protección de aislamiento (que impide la alimentación de electricidad a la red en caso de falla) y medidas de calidad de la energía para garantizar que la electricidad alimentada a la red sea del voltaje, corriente y fase correspondientes.
- **Equipo de distribución eléctrica y protección.** Se utiliza equipo de distribución eléctrica y de protección para llevar la electricidad de los módulos FV a los demás componentes del sistema. Los dispositivos de protección incluyen disyuntores, fusibles e interruptores, que brindan protección en caso de sobrecorriente y desconectan puntos en caso de mantenimiento del sistema.
- **Medidor.** Los sistemas FV que alimentan electricidad a la red se conectan ya sea al medidor eléctrico existente, a un medidor de alimentación separado o a un medidor bidireccional, para que se pueda dar seguimiento y medir la electricidad generada por el sistema fotovoltaico.

- Almacenamiento.** Los sistemas FV no conectados a la red de electricidad utilizan por lo general baterías para almacenar la energía eléctrica y garantizar que se satisfagan las necesidades de electricidad del uso final propuesto y se almacene la electricidad excedente. Por lo tanto, los sistemas de almacenamiento en baterías deben ser del tamaño adecuado no sólo para proporcionar el número deseado de días de autonomía durante periodos de radiación solar insuficiente, sino también para proveer corriente suficiente para satisfacer las necesidades del uso o usos finales propuestos. Dichos sistemas de almacenamiento también requieren el uso de un regulador de carga, para garantizar que las baterías se estén cargando al voltaje y a la corriente apropiados. Existen baterías de diversas tecnologías, como las de plomo-ácido, que son las más populares en sistemas comerciales; entre las tecnologías emergentes están las baterías redox de vanadio (VRB) y los circuitos compensadores, así como la producción de gas hidrógeno para uso en celdas de combustible [24].
- Estructura de montaje.** Los módulos FV, cualquiera que sea la aplicación, requieren de una estructura de montaje. En el caso de sistemas integrados al edificio, los módulos por lo general van unidos directamente al techo o a la estructura de pared existente mediante abrazaderas. En estos casos el ángulo del techo o la pared dicta el ángulo al que deben montarse los módulos. También hay opciones en que los módulos no se integran al edificio, sino que se montan sobre un sistema de bastidores que puede estar en el techo o en el suelo. Este sistema permite elegir un ángulo de montaje más específico para captar la máxima cantidad de radiación solar incidente y además puede incorporar opciones más avanzadas como seguimiento horario y estacional del movimiento del sol para producir aún más electricidad.

3.1.2 Integración de los principales componentes

Existen dos tipos generales de diseños eléctricos para sistemas domésticos de energía FV: los que interactúan con la red de la compañía eléctrica y no tienen capacidad de respaldo con baterías, y los que usan almacenamiento en baterías e interactúan con la red o son totalmente independientes (véase la gráfica 8).

Gráfica 8. Componentes de un sistema de energía FV



Fuente: *A Guide to Photovoltaic (PV) System Design and Installation* [25].

3.1.3 Aspectos particulares de diseño, instalación y operación y mantenimiento

Diseño

Las tres consideraciones principales que se deben tener en mente al diseñar un sistema FV son obtener la máxima cantidad de radiación solar incidente, satisfacer las necesidades de electricidad de la aplicación propuesta y determinar los requerimientos y alternativas de respaldo.

- **Obtención de la máxima cantidad de radiación solar.** Los sistemas FV convierten la luz del sol en energía eléctrica y por tanto deben orientarse de forma tal que a lo largo del día y del año llegue a los módulos la máxima cantidad de radiación solar. El primer factor a considerar son las sombras. Es necesario poner especial cuidado en ubicar los módulos a modo de evitar obstrucciones que los oscurezcan a diversas horas del día y del año. Al elegir el ángulo de montaje apropiado, lo más práctico y común es montar los módulos en un ángulo similar a la latitud del lugar; sin embargo, esto no siempre es posible por motivos tan diversos como atender restricciones derivadas de la integración al edificio (por ejemplo, quizá sea necesario montar un módulo en un ángulo cercano al de la superficie de montaje), generar la mayor cantidad de energía para coincidir con las tarifas de electricidad por tiempo de uso y reducir al mínimo la captación de nieve abriendo el ángulo.
- **Dimensionamiento y protección del sistema.** Al determinar el tamaño de los componentes de un sistema FV se debe tomar en cuenta la carga de electricidad de la aplicación propuesta. Para sistemas que no están conectados a la red (o independientes), el sistema se diseña para satisfacer la fracción deseada de necesidades de energía (conocida como la fracción solar). Para un sistema conectado a la red, las dimensiones generalmente las dictan factores distintos a la satisfacción de la fracción deseada de la carga de electricidad de un proyecto (por ejemplo, criterios económicos y sociales como objetivos de energía renovable o reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero). Al determinar el tamaño de un sistema sin conexión a la red, son varios los factores que deben considerarse, como el número de horas de luz del día, el tamaño del banco de baterías y las características de demanda de electricidad de la carga (lo que se analiza más adelante en el apartado "Respaldo"). Otro factor a considerar es el método empleado para conectar los módulos FV, ya que éstos pueden conectarse en serie o en paralelo; la opción elegida afecta el voltaje y la corriente y por lo tanto las pérdidas en la distribución de la electricidad.
- **Respaldo.** Para determinar el tamaño del respaldo de baterías se consideran dos factores principales. El tamaño del banco de baterías debe tomar en cuenta las necesidades de electricidad de la carga, así como el número de días de energía de respaldo que dicho banco debe proporcionar. Además, la capacidad del banco es inversamente proporcional a la velocidad a la que se descarga. Esto significa que mientras más lenta sea la velocidad de descarga, mayor debe ser la capacidad del banco.
- **Requisitos de código.** Al diseñar el sistema también deben observarse los requisitos del código eléctrico del lugar en donde se va a instalar. Las consideraciones más importantes son determinar el tamaño de cables y dispositivos de protección que soporten la temperatura y la corriente apropiadas, contar con disyuntores en diversos puntos para poder dar mantenimiento a componentes como convertidores y baterías y garantizar que el sistema esté debidamente puesto a tierra.

Instalación

Durante la instalación de un sistema fotovoltaico se debe poner especial atención a diversas cuestiones. De hecho, la instalación debe ser la específica para la distribución de la casa y el tipo de techo [25].

- **Ubicación.** El instalador de sistemas fotovoltaicos debe ser capaz de reconocer los problemas, necesidades y soluciones específicas del lugar, referentes a la disponibilidad de radiación solar (sin sombras), el montaje (espacio disponible, condiciones de superficie apropiadas y puntos y superficies de soporte adecuadas) y el espacio de trabajo en general (condiciones de seguridad).
- **Montaje y maniobras.** Dado que buena parte del montaje se realiza en los puntos más altos de una instalación, es indispensable contar con conocimientos y aptitudes para maniobrar a fin de evitar riesgos de seguridad y daños materiales.
- **Ensamble.** El ensamble de un sistema fotovoltaico requiere conocimientos técnicos generales en electricidad, pero también ciertas habilidades específicas de este tipo de sistema.
- **Pruebas, detección de fallas, operación y mantenimiento.** Un sistema fotovoltaico requiere una serie de pruebas para verificar que esté trabajando de acuerdo con el diseño original y para detectar fallas de funcionamiento.

Una cuadrilla experimentada puede instalar un sistema FV sin baterías de 2 kW en dos a cuatro días/hombre. Los sistemas con respaldo de batería son más laboriosos por el cableado adicional que se necesita para el submódulo de carga crítica. Un sistema de batería puede aumentar entre 50 y 100 por ciento el tiempo requerido para la instalación [25].

Los sistemas FV generan electricidad y por tanto su instalación exige electricistas certificados o su equivalente (dependiendo del lugar). Sin embargo, es posible que tales sistemas también requieran otros oficiales, como técnicos especializados en techos, si los módulos se instalan en la estructura de un edificio. Los instaladores deben comprender lo importante que es cumplir con las especificaciones de diseño del sistema, a fin de garantizar el desempeño esperado hasta donde sea posible.

Operación y mantenimiento

Los sistemas FV generalmente tienen requisitos de operación y mantenimiento integrales. Existen varias opciones disponibles para monitorear la producción de electricidad, desde simples dispositivos de registro integrados a convertidores o vendidos por separado, hasta programas más elaborados que permiten el monitoreo y el seguimiento en línea del desempeño de un sistema fotovoltaico.

Generalmente, el mantenimiento también es integral y entre las diversas actividades está verificar que las terminales y conexiones de las baterías no tengan corrosión en el caso de sistemas independientes, los puntos de penetración al edificio estén sellados, las conexiones eléctricas estén ajustadas y las cajas de conexión estén selladas, y que los módulos FV estén limpios y en buenas condiciones de operación. Un método para verificar el funcionamiento apropiado de los módulos es revisar que el voltaje del sistema permanezca en el valor de diseño original o cercano a éste.

3.2 Sistemas eólicos

La eólica es una energía renovable que ya alcanzó la madurez tecnológica; es una fuente de electricidad limpia y exitosa, uno de los principales factores de crecimiento económico, y es la tecnología de ER de más rápido crecimiento en el mundo.

La energía que lleva el viento es básicamente la energía cinética de grandes masas de aire que se mueven sobre la superficie de la tierra. Las aspas de una turbina eólica transforman esta energía cinética en formas mecánicas o eléctricas, dependiendo de las necesidades del usuario final. La energía mecánica se usa sobre todo para bombear agua en regiones rurales o remotas, mientras que las turbinas eólicas generan electricidad para viviendas y negocios, así como para compañías de generación de electricidad a gran escala.

Las turbinas eólicas vienen en dos diseños básicos: de eje vertical (los más famosos son los diseños Darrieus y Savonius) y de eje horizontal, que son máquinas tipo ventilador. Las de eje horizontal son las más comunes hoy día y la mayor parte de todas las turbinas generadoras en el mercado mundial son de este tipo.

Las turbinas también se pueden clasificar de acuerdo con su aerodinámica. Así, la interacción aerodinámica de las aspas con el viento puede ser por arrastre o elevación o una combinación de ambas.

Los sistemas de energía eólica vienen en muchos tamaños, pero en general se pueden clasificar según el tamaño de la rueda móvil o rotor como grandes, medianos o pequeños. Los generadores grandes (turbinas eólicas de megavatios de potencia) normalmente forman parte de granjas eólicas y están en conexión directa a la red eléctrica, en tanto que las turbinas eólicas medianas y pequeñas por lo general se utilizan en forma individual para ciertas aplicaciones específicas y locales.

- **Turbinas eólicas de megavatios de potencia.** Lo común es que se instalen en granjas eólicas. Granja eólica significa un grupo de turbinas instaladas en el mismo lugar para producir energía eléctrica. Una granja grande puede tener docenas o cientos de turbinas y cubrir un área de cientos de kilómetros cuadrados. También puede estar localizada aguas adentro para aprovechar los fuertes vientos que soplan sobre la superficie de océanos o lagos. Las turbinas eólicas con capacidad de 100 o más kilovatios (kW) se consideran turbinas eólicas de generación a escala de compañía eléctrica.
- **Turbinas eólicas de tamaño pequeño y mediano.** Según la convención general, las turbinas de tamaño mediano son aquellas con capacidad nominal de hasta 100 kilovatios. Aunque su aportación energética es menor en términos absolutos, son de gran ayuda para muchas personas que viven en comunidades rurales; también están comenzando a hacer su aparición en el mercado de electricidad interconectada y en algunas aplicaciones sin conexión a la red en todo el mundo.

3.2.1 Componentes

Una instalación de energía eólica está integrada por numerosos componentes; entre los directamente relacionados con los subsistemas de las turbinas están los siguientes:

- **Rotor.** El ensamble del rotor consta de un buje y de las aspas, cuya función es convertir la energía del aire que pasa en energía rotatoria del eje. Una turbina eólica como las de las compañías eléctricas tiene tres aspas de alta tecnología hechas de materiales

laminados que deben tener alta relación entre el peso y la resistencia, como metales compuestos, madera de balsa, fibra de carbono y fibra de vidrio, y es frecuente que también incluyan material de protección contra rayos. El aspa de la turbina de elevación tiene forma aerodinámica, como el ala de un avión, para extraer la máxima cantidad de energía del viento. Cada aspa está unida al buje del rotor y tiene un mecanismo de inclinación en el medio para que el aspa gire sobre su eje y pueda aprovechar las diferentes velocidades del viento.

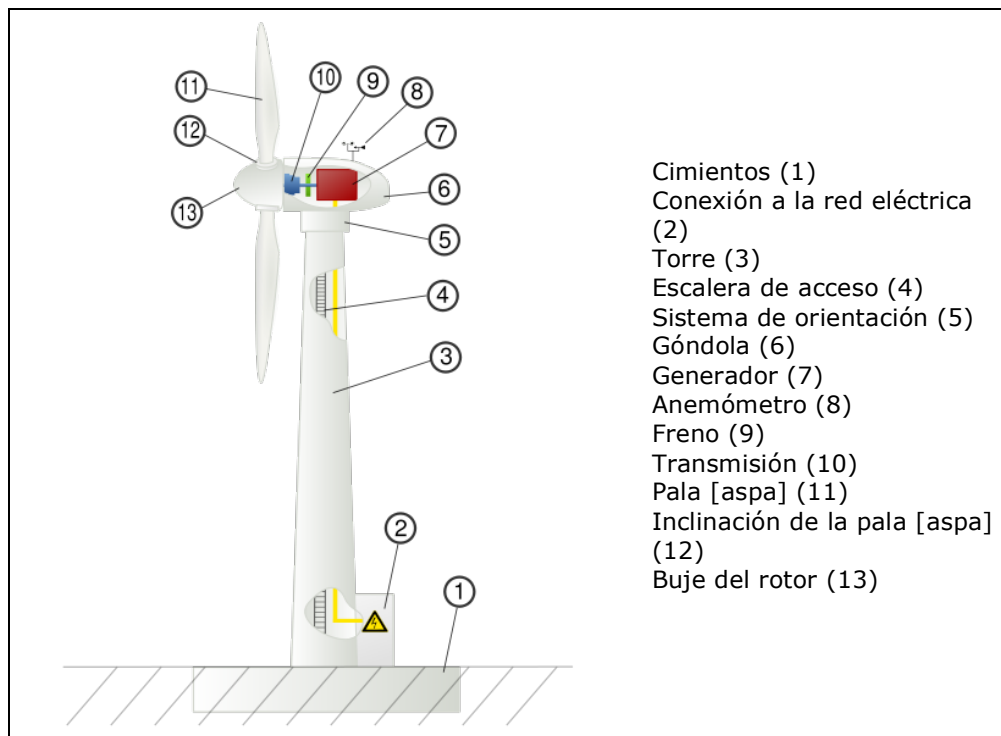
- **Góndola.** La góndola es el receptáculo del tren motriz. Este último comúnmente incluye una caja de transmisión, la que es impulsada por el rotor por medio de un eje y tiene como función principal incrementar las revoluciones por minuto hasta una velocidad apropiada para el generador eléctrico. Como mecanismo de seguridad, el eje por lo general tiene dos sistemas de frenado independientes. La caja de transmisión debe tener la fuerza suficiente para manejar los frecuentes cambios de potencia ocasionados por los cambios en la velocidad del viento. La turbina tiene un sistema de orientación para mantener el rotor de cara al viento.
- **Torre.** Se utiliza una torre alta para captar la máxima cantidad de energía del viento. Su altura es de 30 metros o más sobre el nivel del suelo, para que la turbina eólica pueda aprovechar corrientes más rápidas y menos turbulentas. La góndola y el generador están montados en la parte superior de esta torre, que por lo general está hecha de varias secciones tubulares de acero unidas con pernos y revestidas con pinturas y selladores. Para la instalación de una torre tan alta, de la góndola y el rotor se necesita una grúa de extraordinaria altura y capacidad.
- **Sistema de control.** La operación de la turbina eólica se regula por medio de equipo electrónico que incluye un módulo de control computarizado que responde a los datos alimentados por numerosos sensores. Los sensores leen variables importantes como velocidad y dirección del viento, velocidad del rotor, paso de las aspas, vibración de la turbina, temperatura del lubricante, cantidad de generación de energía eléctrica, etc. Un sistema de seguridad puede anular el controlador en caso de emergencia. Para controlar la potencia de salida y acondicionarla para igualar el voltaje, la corriente y la fase de la red receptora, el generador está equipado con un control remoto y un sistema de monitoreo.
- **Cimientos.** Lo común es que la torre esté anclada a cimientos por medio de una base plana y varillas enclavadas al concreto o atornilladas a un soporte empotrado. Los cimientos de las torres tubulares se diseñan partiendo ya sea de una losa o de construcciones de pilotes múltiples o de un solo pilote, dependiendo de las condiciones del suelo en donde se esté montando la turbina. Además de la instalación de cada una de las turbinas, es necesario ejecutar otras obras en el sitio, por ejemplo: tendido del cableado eléctrico, conexión eléctrica de las turbinas a la red de energía, vías de acceso, equipo de soporte al suelo y construcción e instalación de una subestación eléctrica.

Los sistemas de energía eólica pequeños son más simples que las turbinas de megavatios de potencia. En general constan de rotor, cola, generador o alternador montado sobre un marco, torre, cableado, reguladores, convertidores y, en caso necesario, baterías. Estas turbinas eólicas pequeñas normalmente generan corriente directa, por lo que necesitan usar un convertidor para transformar la corriente directa de las baterías en la corriente alterna con que funcionan los electrodomésticos.

3.2.2 Integración de los principales componentes

Las turbinas eólicas convierten la energía del aire que corre en energía giratoria del eje, la que impulsa un generador de electricidad. La cantidad de electricidad que una turbina puede generar la determina en primera instancia el tamaño de sus aspas, y por tanto este parámetro define el "área de barrido", o la cantidad de viento que intercepta la turbina. Las aspas están montadas en la parte superior de una torre alta conectada a un tren motriz, generalmente con una caja de transmisión, que transfiere la energía giratoria de las aspas a un generador que convierte esa energía en electricidad. El eje, el tren motriz y el generador están cubiertos por una coraza protectora llamada góndola. Dentro de la góndola también está el equipo electrónico y eléctrico, incluidos controles, cables eléctricos, equipo de soporte a tierra y equipo de interconexión. Todo este equipo controla la turbina, garantiza máxima productividad y transmite la electricidad generada (véase la gráfica 9).

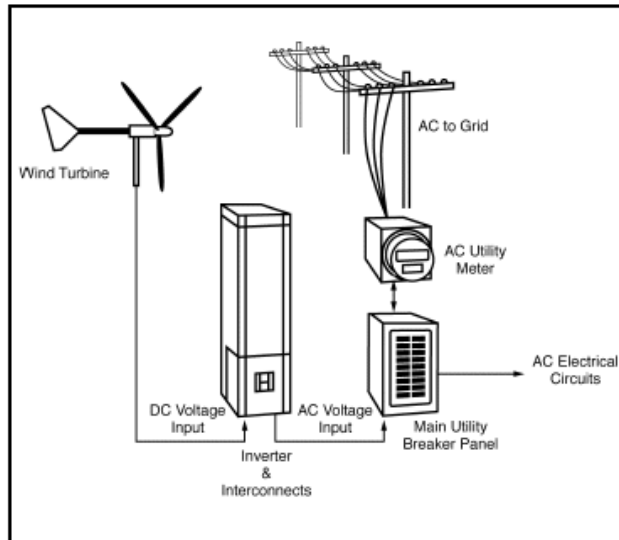
Gráfica 9. Componentes de un sistema de energía eólica



Fuente: Wikipedia [26].

Los sistemas de energía eólica pequeños se utilizan sobre todo para el autoabastecimiento de electricidad para uso doméstico o para sistemas de bombeo de agua y pueden estar conectados a la red o ser sistemas independientes, en cuyo caso también incluyen algún tipo de sistema de almacenamiento de energía (véase la gráfica 10).

Gráfica 10. Diagrama de un sistema pequeño de energía eólica conectado a la red



Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentos y Asuntos del Campo de Ontario, Canadá [27].

- Wind Turbina = Turbina eólica
- AC to Grid = CA a la red
- AC Utility Meter = Medidor de CA de la compañía eléctrica
- DC Voltage Input = Entrada de voltaje de CD
- AC Voltage Input = Entrada de voltaje de CA
- Main Utility Breaker Panel = Módulo principal de interruptores de la compañía eléctrica
- AC Electrical Circuits = Circuitos eléctricos de CA
- Inverter & Interconnects = Convertidor e interconectores

3.2.3 Aspectos particulares de diseño, instalación, operación y mantenimiento

Los requisitos de diseño e instalación de un sistema de turbinas eólicas dependen sobre todo del tamaño. Los sistemas pequeños pueden ser instalados por el propietario de la vivienda, pero los grandes conllevan operaciones complejas.

Diseño

Entre las consideraciones principales a tener en cuenta al diseñar un sistema eólico cabe mencionar las siguientes.

- **Evaluación de recursos.** La evaluación de los recursos eólicos es un elemento clave en el diseño de un sistema eólico, ya que la disponibilidad de viento es esencial para la factibilidad técnica y económica del proyecto; además, es fundamental conocer las variaciones horarias y estacionales de la intensidad y dirección del viento (junto con otros factores secundarios como humedad relativa) para definir cuál es la tecnología más adecuada.
- **Selección y distribución del sitio.** La selección del sitio para un sistema grande o la determinación del lugar apropiado para un sistema pequeño es de suma importancia. Por ejemplo, es preferible un sitio en la parte alta del lado expuesto al viento de una colina, pues la turbina tendrá más acceso a los vientos, que en una hondonada o en el lado protegido de la colina dentro de la misma propiedad. Además, deben considerarse obstáculos como árboles, casas y cobertizos, al igual que posibles obstrucciones futuras como construcciones nuevas o árboles que no han alcanzado su altura total. Asimismo,

la turbina necesita situarse viento arriba de edificios y árboles y sobresalir 10 metros de todo cuanto exista en un radio de 100 metros.

- **Selección de turbinas.** Las turbinas eólicas modernas están hechas para trabajar 120,000 horas durante su ciclo de vida estimado de 20 años. Puesto que a mayor altura el viento es más intenso, mientras más alta sea la torre mayor será la cantidad de energía que produzca el sistema eólico; por lo tanto, con la inversión de cantidades relativamente pequeñas en elevar la altura de la torre, se pueden obtener índices muy altos de producción de energía. La torre también eleva la turbina por arriba de la turbulencia de aire que pueda haber cerca del suelo debido a obstrucciones como cerros, edificios y árboles.
- **Cimientos.** El tipo de anclaje o cimientos apropiados lo determina el tipo de suelo en donde se va a levantar la turbina. Las turbinas pequeñas casi nunca necesitan cimientos.
- **Requisitos de códigos y de seguridad.** La instalación de una turbina eólica debe cumplir con ciertos códigos eléctricos. Los requisitos de dichos códigos ponen especial énfasis en cuestiones como parámetros apropiados de cableado e instalación y el uso de componentes con certificación de seguridad eléctrica y contra incendios otorgada por laboratorios de pruebas aprobados.

Instalación

Los aspectos relacionados con la instalación de sistemas eólicos depende del tamaño de dichos sistemas.

- **Turbinas de megavatios de potencia.** La instalación de una turbina eólica grande es una labor titánica. En primer lugar, es necesario planear y organizar muy bien la transportación de sus componentes, dado su tamaño, peso y longitud; el transporte y la logística y la fabricación y ensamble en el sitio exigen soluciones innovadoras. Asimismo, además de las maniobras para ensamblar la propia turbina en el sitio, podrían necesitarse obras como construcción de una red de vías de acceso y de los cimientos, tendido del cableado e instalación de una subestación eléctrica.
- **Turbinas eólicas pequeñas.** Los sistemas de energía eólica pequeños se instalan en forma muy diferente a los de enormes dimensiones. Por ejemplo, el mismo propietario o una persona con conocimientos de construcción básicos puede instalar una turbina de menos de tres metros de diámetro. Gracias al uso de mástiles y torres ligeras abatibles para turbinas pequeñas, la instalación nunca fue tan fácil. Sin embargo, el riesgo es proporcional al tamaño de la turbina que se está instalando, ya que a mayor tamaño de la turbina, sus componentes son más pesados y en algunos casos podría requerirse equipo especial. En el caso de una turbina eólica mediana, la mejor opción es dejar la instalación en manos de un contratista profesional y experimentado, ya que se necesita equipo especializado para el proceso de levantamiento.

Operación y mantenimiento

Para que los sistemas eólicos alcancen sus metas de operación, es importante que reciban el mantenimiento adecuado. El costo de mantenimiento de las turbinas normalmente es inferior al de las formas convencionales de generación de electricidad. El mantenimiento programado se realiza dos veces al año, con un tiempo de paro de entre 12 y 18 horas por turbina. En general, sólo unas cuantas turbinas de una instalación quedan fuera de servicio a

la vez por actividades de mantenimiento. La única ocasión en que se cierra toda la granja es cuando se da mantenimiento a la subestación; la duración aproximada de dicha actividad es de apenas 12 horas y se realiza dos veces al año, durante periodos de baja producción.

Las aplicaciones de energía eólica están entre las que someten a cajas de transmisión y generadores a mayores esfuerzos, por las cargas variables que son tan difíciles de predecir. Por lo tanto, esos dos componentes son precisamente los que exigen más mantenimiento. Además, son dos de las partes más expuestas a la fricción y al desgaste, y en ocasiones se necesita una grúa de grandes dimensiones para repararlos.

Las aspas no requieren mantenimiento especial. El único mantenimiento programado que necesitan es para limpiarlas o para hacer una inspección ocular de su integridad.

Al igual que las turbinas eólicas grandes, las pequeñas también precisan cierto mantenimiento anual. Sus principales componentes deben revisarse para verificar que no haya corrosión; tanto clavijas como conexiones eléctricas deben inspeccionarse y ajustarse de ser necesario. Después de algunos años, pudiera ser necesario reemplazar las aspas o los cojinetes. La unión en el borde frontal de las aspas también debe revisarse para verificar su desgaste, y reemplazarse en caso necesario.

3.3 Calentadores solares de agua

Los calentadores solares de agua (CSA) son sistemas que usan la energía solar directa e indirecta: un colector solar calienta un fluido motor que transfiere el calor del sol a un tanque de almacenamiento o cisterna.

Estos sistemas se pueden usar para el calentamiento directo o indirecto del agua para aplicaciones muy diversas en viviendas, negocios, la industria o la agricultura, por ejemplo:

- agua caliente para uso doméstico, albercas, calefacción radiante, calefacción o acondicionamiento de interiores;
- agua caliente de proceso en condominios horizontales y edificios de departamentos y en aplicaciones comerciales e institucionales, como escuelas, centros de salud, hospitales, oficinas, edificios, restaurantes y hoteles;
- pequeñas aplicaciones comerciales e industriales como lavados de autos, lavanderías y granjas piscícolas;
- grandes cargas industriales y redes de calefacción distritales.

Los sistemas CSA se pueden clasificar en activos o pasivos, dependiendo de la forma en que el calor captado circula en el sistema:

- **Activos.** Los sistemas CSA activos tienen bombas de circulación y controles y se subdividen en dos categorías generales:
 - **De circulación directa o bucle abierto.** Las bombas hacen circular el agua por los colectores hacia la instalación de uso final. Funcionan bien en climas en donde rara vez hay heladas.
 - **De circulación indirecta o bucle cerrado.** Las bombas hacen circular un fluido anticongelante de transferencia de calor por los colectores hasta el intercambiador de

calor que calienta el agua que entra a la instalación. Normalmente se utilizan en climas propensos a temperaturas de congelación.

- **Pasivos.** Los sistemas CSA pasivos funcionan con convección natural, lo que hace que el líquido de calentamiento circule en un circuito vertical de bucle cerrado sin necesidad de bomba convencional. Hay dos tipos básicos de sistemas pasivos:
 - **Termosifón.** El agua corre por el sistema cuando el agua caliente se eleva y el agua fría baja. El colector debe instalarse debajo del tanque de almacenamiento para que el agua caliente suba y caiga en el tanque. Estos sistemas son confiables, pero los contratistas deben poner especial atención al diseño del techo debido al peso del tanque. Estos sistemas son más caros que los sistemas pasivos de almacenamiento integrado en el colector.
 - **Almacenamiento integrado en el colector.** En este caso, el agua caliente se almacena en el propio colector. El agua fría pasa poco a poco por el colector, donde el sol la calienta. El agua baja de la parte superior, donde está más caliente, desplazando el agua fría hacia el fondo. Este sistema es simple porque no necesita bombas ni reguladores. Funciona mejor en áreas donde la temperatura rara vez desciende por debajo del punto de congelación y donde las necesidades de agua caliente para uso doméstico son mayores durante el día y por la noche.

3.3.1 Componentes

Los principales componentes de un sistema CSA son: colectores, tanques de almacenamiento, sistemas de circulación y sistemas de respaldo.

- **Colectores.** El colector solar es la pieza principal de un sistema CSA, ya que capta energía solar y la transmite al fluido motor para calentarlo. Utilizando electricidad doméstica o solar, el fluido se hace correr por la tubería para llevar el calor desde el medio absorbente hasta un tanque de almacenamiento aislado, en ocasiones directamente o a través de un intercambiador de calor, o hasta otro dispositivo para usar el fluido calentado. El colector puede ser una simple caja aislada con tapa de vidrio, con un absorbente solar plano hecho de una hoja metálica unida por debajo a tubos de cobre y pintada de negro, o con un conjunto de tubos de metal rodeados por un cilindro de vidrio vacío (casi al vacío). Hay cuatro clases principales de colectores térmicos solares de uso común: colectores de plástico formado, colectores de placa plana, de almacenamiento integrado en el colector y colectores de tubo vacío.
 - **Colectores de plástico formado.** Estos colectores (hechos de material como polipropileno, EPDM o PET) constan de tubos o de módulos formados por los que el agua circula y se calienta con la radiación del sol.
 - **Colectores de placa plana.** Un colector de placa plana consta de una hoja absorbente delgada (de aluminio, acero o cobre, a la que se aplica un recubrimiento negro o selectivo), apoyada en una rejilla o serpentín de tubería de fluido y colocada en un recipiente aislado con cubierta de vidrio o policarbonato. Generalmente están dentro de cajas herméticas bajo una o más cubiertas de vidrio o plástico (polímero).
 - **Sistemas de almacenamiento integrado en el colector.** También se les conoce como sistemas ICS o en serie y tienen uno o más tanques o tubos negros en una caja aislada vidriada. El agua fría pasa primero por el colector solar, donde se precalienta, y después sigue hacia el calentador de respaldo convencional, obteniéndose así una

fuentes confiables de agua caliente. Estos sistemas sólo deben instalarse en climas templados porque las tuberías que quedan a la intemperie podrían congelarse en climas muy fríos.

- **Colectores de tubo vacío.** Estos colectores tienen filas paralelas de tubos de vidrio transparente. Cada tubo contiene un tubo de vidrio externo y un tubo absorbente de metal unidos a una aleta. La luz del sol que pasa a través del tubo externo calienta el tubo absorbente que está dentro de él. Los tubos vacíos de vidrio-metal normalmente están sellados en el extremo de la boquilla y el absorbente en realidad está sellado en el vacío.

El colector solar más utilizado es el aislado de placa plana. En climas con calor extremo estos colectores son una solución más barata que los tubos vacíos. Para albercas se utilizan módulos menos caros, como los de propileno. Los colectores de tubo vacío funcionan mejor que los de placa plana en climas fríos porque sólo dependen de la luz que reciben y no de la temperatura externa.

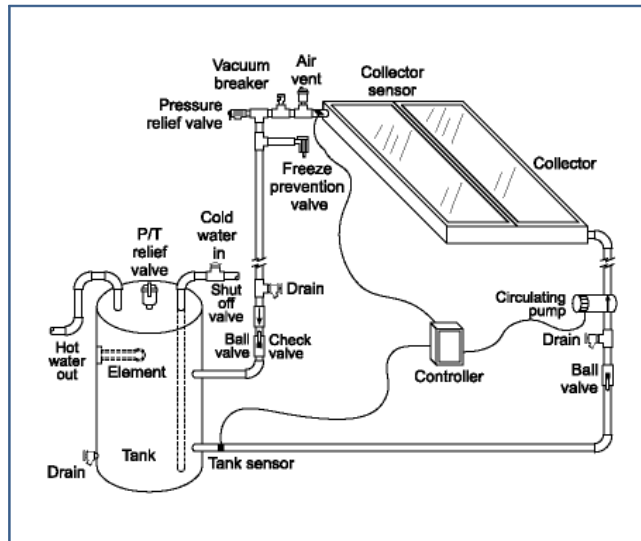
- **Tanques de almacenamiento.** Salvo por los colectores solares con almacenamiento integrado en el colector, la mayoría de los sistemas CSA requieren un tanque de almacenamiento bien aislado. Los tanques pueden ser presurizados o sin presurizar y el tipo que se utilice depende del diseño general del sistema. Normalmente están hechos de acero inoxidable, fibra de vidrio o plástico a alta temperatura. Otras opciones son los tanques de concreto y madera (tina de agua caliente). Los tanques también tienen límites de temperatura y presión y deben cumplir con códigos locales de construcción, plomería y mecánicos; se necesita aislamiento para evitar pérdida excesiva de calor, así como revestimiento de protección o sellado para evitar corrosión o fugas. Es posible que se requieran tanques especializados o a la medida en sistemas con necesidades de almacenamiento muy grandes.
- **Sistema de respaldo.** Los sistemas CSA casi siempre necesitan un sistema de respaldo para días nublados y horas de mayor demanda. Los calentadores de agua de almacenamiento convencional normalmente cuentan con respaldo que puede estar ya incluido como parte del paquete. En sistemas de un tanque, el calentador de respaldo se combina con el almacenamiento solar en un solo tanque.
- **Sistemas de circulación.** Un sistema CSA incluye bomba, válvulas, filtros y tanque de expansión térmica.
 - **Bomba.** Los sistemas activos necesitan una bomba para transferir el fluido del colector solar al tanque de almacenamiento de agua caliente. Los sistemas de termosifón, en donde la circulación es natural, no necesitan bomba.
 - **Fluido motor.** El fluido motor para el absorbente puede ser el agua caliente que viene del tanque, o un fluido que contenga anticongelante, que es bombeado en un bucle separado que lleva calor al tanque a través de un intercambiador de calor (normalmente un serpentín de tubería de cobre dentro del tanque).
 - **Controles.** Los sistemas activos necesitan controles para mover el calor guardado en los colectores solares. También pueden tener características de seguridad, como protección por sobrecalentamiento, protección estacional contra el congelamiento de los sistemas o prevención del reinicio de un sistema grande después de un periodo de estancamiento, indicación o envío de mensajes de error o alarmas, paneles de indicación remota y registro de datos remoto o local.

- **Cubierta y soporte.** Los componentes utilizados para albergar y dar soporte también son importantes y por lo general se hacen a la medida de cada instalación individual.

3.3.2 Integración de los principales componentes

Los elementos de un sistema CSA están conectados ya sea por medio de tubos o de cables eléctricos y su integración depende del tamaño, el propósito, los patrones de demanda y el clima del lugar (véase la gráfica 11).

Gráfica 11. Sistema de calentamiento solar de agua con bombeo directo



Fuente: A. Karnitz, *Solar Water Heating System*. [28]

- Vacuum breaker = Válvula reguladora de vacío
- Air vent = Salida de aire
- Collector sensor = Sensor del colector
- Pressure relief valve = Válvula de descarga de presión
- Freeze prevention valve = Válvula para evitar la congelación
- Collector = Colector
- P/T relief valve = Válvula de descarga de P/T
- Cold water in = Entrada de agua fría
- Shut off valve = Válvula de cierre
- Drain = Tubo de descarga
- Circulating pump = Bomba de circulación
- Hot water out = Salida de agua caliente
- Element = Elemento
- Ball valve = Válvula esférica
- Check valve = Válvula de retención
- Controller = Regulador
- Tank = Tanque
- Tank sensor = Sensor del tanque

3.3.3 Aspectos particulares de diseño, instalación, operación y mantenimiento

Diseño

El desempeño anual de un sistema de calentamiento solar de agua con tanque de almacenamiento depende de las características del sistema, de la radiación solar disponible, de la temperatura del aire ambiente y de las características de calefacción y carga. Si el diseño es apropiado, los calentadores pueden trabajar aun cuando la temperatura externa esté muy por debajo del punto de congelación, además de que quedan protegidos contra el sobrecalentamiento en días cálidos y soleados.

El elemento más importante del diseño es el dimensionamiento del colector y del tanque, ya que esto determina la economía de la inversión. Para lograr el diseño correcto se recomienda hacer cálculos de carga empleando software especializado.

Por otra parte, aunque los fundamentos de la instalación solar no entrañan ningún misterio, cualquier sistema nuevo de energía renovable debe integrarse debidamente a los servicios del edificio ya existentes para que rinda todo su potencial. Esto significa que el diseñador y el instalador del sistema deben conocer a fondo el funcionamiento de los servicios convencionales y saber cómo diseñar el sistema de ER para que funcione junto con las calderas de condensación, por ejemplo [29].

Por último, el sistema debe cumplir con los códigos locales de energía solar, plomería y electricidad.

Instalación

Son varias las cuestiones que ameritan especial atención durante la instalación.

- **Ubicación.** El instalador de sistemas CSA debe ser capaz de reconocer los problemas, necesidades y soluciones específicas del lugar, referentes a la disponibilidad de radiación solar (sin sombras), el montaje (espacio disponible, condiciones de superficie apropiadas y puntos y superficies de soporte adecuadas) y el espacio de trabajo en general (condiciones de seguridad).
- **Montaje y maniobras.** Dado que buena parte del montaje se realiza en los puntos más altos de una instalación, es indispensable contar con conocimientos y aptitudes para maniobrar a fin de evitar riesgos de seguridad y daños materiales.
- **Ensamble.** El ensamble de un sistema CSA requiere conocimientos técnicos generales en plomería y electricidad, pero también ciertas habilidades específicas de este tipo de sistema. Por ejemplo, para poder utilizar un calentador de agua eléctrico estándar en un sistema de calentamiento solar, el instalador tiene que modificar parte de la plomería, ya que un tanque convencional no cuenta con puerto de retorno y alimentación del colector.
- **Pruebas, detección de fallas, operación y mantenimiento.** Un sistema CSA requiere una serie de pruebas para verificar que esté funcionando de acuerdo con el diseño original y para detectar fallas de funcionamiento (fugas, operación adecuada de válvulas y controles). Aunque se requiere poco mantenimiento, aun así estas pruebas deben hacerse cada cierto número de años.

Operación y mantenimiento

Para que los sistemas de energía solar funcionen con eficiencia es necesario inspeccionarlos con regularidad y darles mantenimiento de rutina. También pudiera ser necesario reparar o reemplazar ocasionalmente los componentes.

La inspección de sistemas solares debe abarcar los siguientes aspectos o componentes: sombras sobre el colector; vidriado y sellado del colector; plomería, ductos y conexiones del cableado; tuberías, ductos y aislamiento del cableado; penetraciones en el techo; estructuras de soporte; bombas; fluidos de transferencia de calor, y sistemas de almacenamiento [30].

4. Conocimientos requeridos y contexto institucional

En la industria de la energía renovable podemos encontrar profesionales de todo tipo con conocimientos y habilidades muy diversas. En el extremo comercial del proceso están los profesionales dedicados a la investigación de materiales, partes y sistemas, así como a la evaluación de recursos, mientras que en el extremo de la fabricación están los que se dedican al diseño, instalación, venta y operación y mantenimiento de los sistemas y sus componentes. La industria también necesita muchas y muy diversas habilidades asociadas a los aspectos generales de una empresa, como ventas, financiamiento, procesamiento de datos y manejo de recursos humanos.

En particular, este informe gira en torno a quienes proyectan, diseñan, adquieren, instalan, inspeccionan, operan y dan mantenimiento y venden sistemas fotovoltaicos, eólicos grandes y pequeños y de calentamiento solar del agua.

4.1 Sistemas fotovoltaicos

La industria FV está formada por los diversos participantes del mercado dedicados a la investigación y diseño, fabricación, instalación y venta de sistemas FV y sus componentes. De modo más específico, los empleos relacionados con estos sistemas se pueden clasificar en las siguientes categorías [3]:

- Investigación y producción FV
- Diseño y adquisición de sistemas
- Instaladores, inspectores, personal de mantenimiento y especialistas técnicos en ventas

4.1.1 Investigación y producción FV

La actividad más común en este tipo de empleo es la investigación y desarrollo (I+D) de módulos FV y de los componentes de equilibrio del sistema. La I+D de los módulos puede incluir investigación de los propios materiales semiconductores o los aspectos de diseño del módulo, mientras que la de los componentes del sistema se concentra sobre todo en las áreas de convertidores, reguladores de carga y sistemas de montaje. Los componentes de distribución eléctrica y protección en general no están diseñados para uso exclusivo en sistemas FV y por lo tanto no se consideran directamente relacionados con esta industria.

- **Investigación FV.** Para trabajar en este campo normalmente se requieren estudios universitarios en áreas técnicas como física e ingeniería, con especial conocimiento de materiales, semiconductores, electrónica de la energía y diseño mecánico, y otras aptitudes de ingeniería y científicas relacionadas. Ingenieros eléctricos, mecánicos, químicos, en materiales, en diseño de sistemas y de proceso son quienes mayormente ocupan los cargos.
- **Técnicos y tecnólogos en producción FV.** En esta categoría laboral generalmente se realizan actividades de investigación y desarrollo (I+D) de módulos FV y componentes de equilibrio del sistema (*balance-of-system*, BOS), o de soporte posterior a la venta o instalación de equipo FV. Es común que el personal de I+D también participe en el proceso de fabricación real de los módulos FV y los componentes BOS y en su ensamble. Para trabajar en esta categoría se necesita haber cursado una carrera universitaria o estar especializado en una parte en particular del proceso de manufactura. Sin embargo, para algunos puestos en ensamble general no se requieren estudios específicos.

Los interesados en I+D tienen más posibilidades de encontrar empleo en compañías fabricantes de módulos FV y componentes BOS. Otros empleados de esta categoría generalmente trabajan en compañías distribuidoras de equipo FV que prestan servicios de instalación o en compañías que sólo se dedican a la instalación de dichos sistemas.

4.1.2 Diseño y adquisición de sistemas

El trabajo de los diseñadores de sistemas es diseñar la integración de los diversos componentes de un sistema FV. El diseño en este nivel exige conocer dichos componentes, sus restricciones y especificaciones de diseño y su interacción. Los diseñadores pueden ser ingenieros eléctricos o tecnólogos, ya que se encargan de diseñar los diversos componentes de una red de distribución eléctrica, desde el generador de electricidad (módulos) hasta el uso final propuesto; sin embargo, no se requieren estudios o certificación formal. Es esencial tener conocimiento teórico de sistemas eléctricos, CA y CD y de los componentes de un sistema FV. Los diseñadores también deben estar familiarizados con los diferentes requerimientos de los códigos eléctricos del lugar de que se trate.

La fuente de trabajo principal de los diseñadores son distribuidores de sistemas FV o empresas privadas (sobre todo despachos de ingeniería, para poder preparar dibujos técnicos) que prestan servicios de diseño de dichos sistemas (y en ocasiones de otras tecnologías de energía renovable).

4.1.3 Instaladores, inspectores y personal de mantenimiento

Los profesionales que normalmente encontramos en el trabajo de campo se dividen en cinco categorías generales.

- **Instaladores de sistemas.** Los instaladores de sistemas FV pueden tener conocimientos similares a los diseñadores; sin embargo, sus conocimientos deben ser más prácticos que teóricos y haber sido adquiridos en el trabajo. Además, al igual que los diseñadores, los instaladores tampoco requieren certificación formal y generalmente son oficiales entrenados como electricistas, ya que la mayor parte del trabajo está relacionado con componentes y conexiones eléctricas, excepto la instalación de los módulos y el sistema de montaje en techos o paredes en el caso de sistemas integrados a la edificación. Para ser instaladores calificados de sistemas FV, deben haberse entrenado para el trabajo con CD y CA y estar familiarizados con convertidores, reguladores de carga, baterías, dispositivos de medición y exhibición y generadores. También deben estar familiarizados con los diversos requisitos de los códigos eléctricos del lugar de que se trate.
- **Personal de mantenimiento.** Los prestadores de servicios posteriores a la venta o la instalación por lo general dan soporte técnico a equipo FV y a todo el sistema. Los requisitos para el personal de mantenimiento de sistemas FV son los mismos que para los instaladores de dichos sistemas, pero también deben poder detectar fallas.
- **Especialistas técnicos en ventas.** Los especialistas técnicos en ventas son en su mayoría tecnólogos o ingenieros con capacitación en ventas, quienes deben tener conocimiento detallado del equipo que venden, que casi siempre consta de módulos FV, convertidores, reguladores de carga, baterías y los demás componentes BOS. Deberán entrenarse para trabajar con electricidad y conocer muy bien los diversos componentes del sistema FV para poder detectar problemas y reemplazar equipo defectuoso. Aun cuando quizá una misma compañía no atienda todo el sistema, es preciso que conozcan

sus componentes, función y propósito para que puedan ayudar a los clientes a seleccionar los materiales apropiados y en ocasiones crear un diseño inicial de alto nivel.

- **Personal de recursos humanos y administración.** El personal de recursos humanos y administración normalmente no requiere entrenamiento específico en sistemas FV; sin embargo, siempre es útil tener cierto conocimiento general del tema, porque se traduce en menos capacitación práctica. El conocimiento general de los sistemas y componentes FV es conveniente para labores diversas, como enrutamiento de llamadas y consultas al personal apropiado, análisis de las aptitudes de los solicitantes de empleo, mantenimiento del inventario de partes apropiado y preparación de acuerdos contractuales.
- **Inspectores.** Los inspectores tampoco requieren de una certificación en particular, pero deben conocer a fondo códigos y normas para asegurarse de que las instalaciones estén en estado de cumplimiento. Su escolaridad puede ser muy diversa, pero se necesitan estudios técnicos para comprender el equipo y poder identificar métodos alternos para lograr el cumplimiento.

Las ofertas de empleo para instaladores se concentran sobre todo en compañías distribuidoras de sistemas FV que prestan servicios de instalación o en compañías que sólo se dedican a la instalación de dichos sistemas.

Los inspectores, por otra parte, generalmente son contratados por municipios o por terceras compañías que les prestan servicios.

El campo de trabajo de los especialistas técnicos en ventas generalmente se circunscribe a compañías comercializadoras de componentes de sistemas FV, desde módulos hasta equipo de protección, de almacenamiento y de calidad de la energía.

Todos los patrones necesitan personal de recursos humanos y administración.

4.2 Sistemas eólicos

La energía eólica es un campo multidisciplinario que abarca diversos tipos de ingenierías y aptitudes. Además, dada la naturaleza internacional de esta industria, las personas con conocimientos de idiomas son muy apreciadas.

La mayor parte de los puestos no requieren títulos académicos o experiencia en energía eólica; sin embargo, hay empleos que sí requieren capacitación especial, que en la mayoría de los casos se trata de una carrera universitaria tradicional y después algún tipo de especialización en el campo de la energía eólica.

- **Evaluación y previsión de recursos.** El especialista en evaluación de recursos eólicos diseña, prepara, instala y opera sistemas que reúnen datos relacionados con la velocidad y dirección del viento (a diferentes alturas), temperatura y humedad, para prever la producción de energía del viento, los que después se utilizan para definir la distribución y el tipo de turbinas. Este especialista utiliza software especializado y prepara informes con los resultados más importantes de este monitoreo.
- **Evaluación de impacto ambiental.** Este tipo de evaluación es parte del proceso de obtención de permisos de una granja eólica. El especialista en dicha evaluación debe tener conocimientos en diversos temas: vida silvestre (sobre todo especies de aves y murciélagos), ruido, alteración del paisaje, fluctuación de sombras, interferencia con las telecomunicaciones, cuestiones arqueológicas y seguridad. El trabajo de este

especialista es determinar el impacto real de la instalación de turbinas eólicas en un sitio específico con el fin de evitarlos o reducirlos al mínimo y llenar los informes necesarios. Estos puestos normalmente sólo requieren estudios de licenciatura y en algunos casos con un certificado técnico es suficiente.

- **Diseño (ingeniería y adquisición).** El diseñador en energía eólica es el especialista responsable de seleccionar el mejor diseño de turbina y la mejor distribución de la granja que se va a construir, con el fin de aprovechar todas las características eólicas del sitio propuesto y obtener la máxima producción de energía. El profesional en adquisiciones e ingeniería dirige los esfuerzos para encontrar y gestionar la entrega del equipo esencial, en especial los componentes principales de las turbinas de energía eólica. Su trabajo consiste además en apoyar planes de negocios a largo plazo mediante la identificación de fabricantes clave, evaluar el costo de propiedad total, administrar contratos de suministro largos y complicados y asegurar la entrega oportuna del equipo en el sitio del proyecto. Este tipo de trabajo exige estudios de ingeniería.
- **Instalación.** En este caso, los instaladores de energía eólica se pueden dividir en dos diferentes grupos. Quienes instalan las turbinas eólicas gigantes y quienes construyen y levantan las torres que las van a soportar. De ahí que estos empleos deba ocuparlos personal capacitado con experiencia o estudios en el campo de la construcción, ya que estas actividades requieren técnicas de ingeniería civil, así como la operación de equipo especializado y de maquinaria pesada, como grúas, cargadores, compactadores, etc. La construcción de granjas eólica ofrece empleos muy diversos y el grado de escolaridad requerido depende de la actividad. Por otra parte, la instalación de turbinas eólicas pequeñas requiere habilidades básicas, así como buen conocimiento de conexiones e instalaciones eléctricas.
- **Operación y mantenimiento.** Los empleos en operación y mantenimiento relacionados con la energía eólica exigen cierto grado de especialización, ya que este personal tiene la responsabilidad de garantizar el óptimo desempeño de la granja y el buen funcionamiento de las turbinas. Los operadores están capacitados para detectar y evitar posibles problemas y obtener la máxima producción de energía. También están calificados para resolver las emergencias que puedan presentarse durante la operación de la granja. Los puestos de mantenimiento también los ocupan técnicos altamente especializados, quienes deben conocer a fondo las turbinas eólicas con el fin de realizar las actividades de mantenimiento programado. Los técnicos en energía eólica generalmente son capacitados mediante cursos ofrecidos por universidades tecnológicas o por los propios desarrolladores de los proyectos.
- **Especialistas técnicos en ventas.** Los especialistas en ventas de sistemas de energía eólica deben poseer herramientas suficientes para demostrar el producto de manera convincente a los posibles compradores y desarrolladores, y en particular tener conocimiento técnico de las especificaciones y capacidades de las turbinas eólicas y del equipo auxiliar. Para tal efecto se recomienda contar con estudios superiores técnicos o antecedentes prácticos en el campo de la energía eólica. En la mayoría de los casos, el propio fabricante entrena al vendedor para que conozca el producto casi hasta el mínimo detalle.

Los responsables de las previsiones y los especialistas en la evaluación de recursos eólicos son contratados por empresas consultoras dedicadas a la elaboración de análisis de factibilidad de posibles sitios para el desarrollo de grandes proyectos de energía eólica. Estos especialistas también trabajan para laboratorios nacionales, universidades y gobiernos locales que desean conocer los recursos de energía eólica disponibles en sitios o regiones específicas.

Los diseñadores también pueden ser contratados por empresas consultoras. Lo mismo sucede con los desarrolladores, cuyo trabajo consiste en determinar la mejor distribución para obtener el máximo rendimiento de los recursos de energía eólica local.

Los instaladores son especialistas capaces y hábiles cuyo principal campo de trabajo son las grandes compañías o los contratistas especializados en construcción. Tratándose de sistemas de energía eólica pequeños, los instaladores trabajan sobre todo en pequeñas empresas en el campo de la energía renovable o en ocasiones trabajan de manera independiente. Los desarrolladores son quienes más contratan a especialistas y operadores de mantenimiento de energía eólica.

4.3 Sistemas de calentamiento solar de agua

Los sistemas CSA en particular requieren experiencia específica en tres categorías:

- Diseño y adquisición de sistemas
- Instaladores, inspectores y personal de mantenimiento
- Especialistas técnicos en ventas

4.3.1 Diseño y adquisición de sistemas

Los diseñadores de sistemas integran los diversos componentes de los sistemas CSA y deben tener conocimientos técnicos de dichos componentes, sus restricciones y especificaciones de diseño y su interacción. También deben verificar que el diseño de un sistema cumpla con las normas apropiadas. Los diseñadores pueden ser ingenieros mecánicos o tecnólogos, ya que en su trabajo de diseño emplean diversos componentes de un sistema de plomería, junto con ciertas partes eléctricas y electrónicas. Es esencial que tengan conocimiento teórico de sistemas hidráulicos y térmicos.

4.3.2 Instaladores, inspectores y personal de mantenimiento

Los profesionales que participan de manera rutinaria en el campo de trabajo se pueden agrupar en tres categorías generales.

- **Instaladores de sistemas.** Un instalador calificado de sistemas CSA se puede definir como una persona con habilidades y conocimientos relacionados con la construcción y operación de equipo térmico solar que ha recibido capacitación de seguridad sobre los riesgos presentes. Instaladores, encargados y supervisores o gerentes de sitio caen dentro de esta categoría.
- **Inspectores.** Los inspectores tampoco requieren de una certificación en particular, pero deben conocer a fondo códigos y normas para asegurarse del cumplimiento de las instalaciones. Pueden haber cursado los estudios más diversos, pero se necesitan estudios técnicos para conocer el equipo y poder identificar métodos alternos para lograr el cumplimiento.
- **Personal de mantenimiento.** Los prestadores de servicios posteriores a la venta o la instalación por lo general dan soporte técnico al equipo CSA, así como a los sistemas completos. Los requisitos para el personal de mantenimiento de CSA son los mismos que para los instaladores de los sistemas, pero además deben poder detectar fallas.

4.3.3 Especialistas técnicos en ventas

- Los especialistas técnicos en ventas son en su mayoría tecnólogos o ingenieros con capacitación en ventas, quienes deben tener conocimiento detallado del equipo que venden y la forma en que están integrados los diferentes componentes.

Los diseñadores de sistemas CSA son contratados sobre todo por los propios distribuidores o por empresas privadas que prestan servicios de diseño de dichos sistemas.

Las ofertas de empleo para instaladores se concentran sobre todo en compañías distribuidoras de sistemas CSA que prestan servicios de instalación o en compañías que sólo se dedican a la instalación de dichos sistemas. El trabajo por cuenta propia también es una opción.

Los inspectores, por otra parte, generalmente son contratados por municipios o por desarrolladores de vivienda, o por terceros que prestan servicios tanto a unos como a otros.

Los especialistas en ventas técnicas es común que encuentren empleo en las compañías comercializadoras de sistemas CSA.

Todos estos patrones también necesitan personal de recursos humanos y administración.

Referencias

1. REN21, *Energía Renovable 2007 Global Status Report*, 2008.
2. Global Insight, *Current and Potential Green Jobs in the US Economy*, Lexington, Massachusetts, 2008, p. 41.
3. The Delphi Group, *Situational Analysis of the Canadian Renewable Energy Sector with a Focus on Human Resource Issues*, 2007, p. 120.
4. PNUMA, *Empleos verdes: hacia el trabajo decente en un mundo sostenible y con bajas emisiones de carbono. Mensajes normativos y principales conclusiones para los responsables de la toma de decisiones*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, Kenia, 2008, p. 36.
5. R. Pollin *et al.*, *Green Recovery. A Program to Create Good Jobs and Start Building a Low-Carbon Economy*, Center for American Progress, 2008, p. 42.
6. ACORE, *Overview. Renewable Energy Provisions. American Recovery and Reinvestment Act of 2009*, 2009.
7. Ontario 39TH Legislature, *Green Energy Act, 2009*, Legislative Assembly of Ontario, 2009.
8. D. M. Kammen, K. Kapadia y M. Fripp, *Putting Renewables to Work: How Many Jobs Can the Clean Energy Industry Generate?*, Universidad de California en Berkeley, 2004.
9. Trevor Houser, S. Mohan y R. Heilmayr, *A Green Global Recovery? Assessing US Economic Stimulus and the Prospects for International Coordination*, 2009, p. 21.
10. Roger H. Bezdec, *Renewable Energy, Efficiency Creates Jobs for U.S. and Colorado*, American Solar Energy Assoc (ases.org), marzo de 2009.
11. A. Kamenetz, *Ten Best Green Jobs for the Next Decade*, Fast Company [13 de enero de 2009], <<http://www.fastcompany.com/articles/2009/01/best-green-jobs.html>>.
12. Weissman, J.M. and K. Laflin, *Trends in Practitioner Training for the Renewable Energy Trades*, in *35th ASES Annual Conference*, Denver, Colorado, 2006, p. 5.
13. B. Hendricks, *Wired for Progress. Building a National Clean-Energy Smart Grid*, Center for American Progress, 2009, p. 66.
14. DSIRE, *Contractor Licensing Requirements for Renewable Energy*, 2009, disponible en <<http://dsireusa.org/library/includes/type.cfm?Type=License&Back=regtab&CurrentPageID=7&EE=1&RE=1&Search=TableType>>.
15. NABCEP, *North American Board of Certified Energy Practitioners 2009* [consulta realizada el 8 de marzo de 2009]; disponible en <<http://www.nabcep.org/>>.
16. NABCEP, *Small Wind Certification Comes to NABCEP*, 2009 [consulta realizada el 8 de marzo de 2009]; disponible en <<http://www.nabcep.org/news/small-wind-certification-comes-to-nabcep>>.
17. CONOCER, "Norma técnica de competencia laboral para la instalación del sistema de calentamiento solar de agua", Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral (Conocer), publicada en el *Diario Oficial de la Federación*, 5 de febrero de 2009, p. 13.
18. IREC, *Renewable Energy Training Catalog*, 2009 [consulta realizada el 8 de marzo de 2009]; disponible en <<http://www.irecusa.org/trainingCatalog/>>.
19. IREC, *What is IREC?*, 2009 [consulta realizada el 10 de marzo de 2009].

20. 110th Congress, *ENERGY INDEPENDENCE AND SECURITY ACT OF 2007*, Public Law 110-140 2007 [consulta realizada el 9 de marzo de 2009]; disponible en http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=110_cong_public_laws&docid=f:publ140.110.
21. EEI, *Title X – Green Jobs*, Edison Electric Institute, 2008, p. 3.
22. Green Jobs, *About Greenjobs*, 2009 [consulta realizada el 8 de marzo de 2009]; disponible en http://www.greenjobs.com/Public/Info/about_us.aspx.
23. AWE Association, *AWEA Education Working Group*, 2009 [consulta realizada el 8 de marzo de 2009]; disponible en <http://www.awea.org/education/workinggroup/goals.html>.
24. World, R.e., *Photovoltaic systems* [consulta realizada en diciembre de 2008]; disponible en <http://www.renewableenergyworld.com/rea/tech/solarpv>.
25. CEC, *A Guide to Photovoltaic (PV) System Design and Installation*, California Energy Commission, Sacramento, California.
26. Wikipedia, *Wind power*, 2009 [consulta realizada en marzo de 2009]; disponible en http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power.
27. S. Clarke, *Electricity Generation Using Small Wind Turbines at your Home or Farm*. 2009 [consulta realizada en marzo de 2009]; disponible en <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/03-047.htm>.
28. A. Karnitz, "Solar Water Heating System", *Requirements for Engineering*, 115, 2002 [consulta realizada en diciembre de 2008]; disponible en <http://www.humboldt.edu/~ccat/solarheating/hotwaterheating/andySP2002/swh.html>.
29. P. Jakeway, *Exploiting the Opportunities for Solar Hot Water*, MBS, agosto de 2007; disponible en http://www.modbs.co.uk/news/fullstory.php/aid/3680/Exploiting_the_opportunities_for_solar_hot_water.html.
30. DOE, *Solar Water Heating System Maintenance and Repair*, 2009 [consulta realizada en el 6 de febrero de 2009]; disponible en http://apps1.eere.energy.gov/consumer/your_home/water_heating/index.cfm/mytopic=12950.