

CAPACITACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA: Su importancia en la sostenibilidad de los proyectos basados en tecnología solar fotovoltaica

Federico Morante¹, André Mocelin² y Roberto Zilles²

¹Universidade Federal do ABC – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
Rua Santa Adélia, 166 — Bairro Bangu – Santo André – São Paulo – SP – Brasil – CEP 09210-170
Fax: +55 11 4996-3166, e-mail: fredmorante@yahoo.com

²Universidade de São Paulo - Instituto de Eletrotécnica e Energia - Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos
Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289 – Cidade Universitária – São Paulo – SP – Brasil – CEP 05508-010
Fax: +55 11 3816-7828, e-mail: zilles@iee.usp.br

RESUMEN: En el presente artículo se aborda el tema de la capacitación en el medio rural a partir de una perspectiva socio-técnica, teniendo el objetivo de transmitir algunos aprendizajes resultantes de la experiencia en campo. El desarrollo de este tipo de acciones muestra que a pesar de las dificultades inherentes a las zonas rurales empobrecidas, la transmisión de conocimientos técnicos no es algo imposible de ser realizado. Sin embargo, la metodología escogida debe llevar en cuenta la realidad y el entorno de estos pobladores así como la inclusión de su etnoconocimiento. Debido a sus actividades de subsistencia, la gran mayoría de pobladores rurales manipula diversas variables físicas, faltando solamente explicarlas. En tal sentido, la capacitación debe ser ofrecida aprovechando toda esta base de conocimientos pre-existentes y empleando un lenguaje adecuado para ello. En el artículo también se relata algunas experiencias en este campo relacionadas con la implantación de la tecnología fotovoltaica.

Palabras clave: transferencia tecnológica, capacitación, sistemas fotovoltaicos domiciliarios y sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

Diferentemente a las áreas urbanas donde se cuenta con una serie de medios para realizar la transmisión de conocimientos, en las zonas rurales existen grandes dificultades para llevar a cabo estas acciones. En las localidades rurales pobres, por lo general los habitantes poseen bajo nivel de escolaridad e, inclusive, utilizan idiomas diferentes. Junto a ello, la infraestructura educacional sufre de muchas carencias y en diversos lugares ella no existe. A pesar de toda esta problemática, los pobladores rurales desenvuelven su diario vivir aplicando una gran variedad de conocimientos resultantes de su adaptabilidad al medio. Al mismo tiempo, de manera cada vez más acelerada van adoptando innovaciones muchas de ellas complejas. Debido a la necesidad de aprender su uso y mantenimiento perciben la importancia de la capacitación y de este modo se convierten en fundamentales vectores de la transferencia tecnológica.

En lo referente a la electrificación, el medio urbano cuenta con una amplia red de soporte técnico consolidada desde hace mucho tiempo. En algunas zonas rurales donde ha sido extendida la red eléctrica, relativamente esta asistencia técnica es más fácil de ser implementada. Por el contrario, en las zonas rurales alejadas, dispersas y de difícil acceso este soporte es mucho más complicado de ser organizado y materializado. Esto es lo que ocurre con las localidades donde se han instalado sistemas fotovoltaicos domiciliarios. De todo esto se infiere que estas peculiaridades obligan a un abordaje muy diferente a lo conocido y aplicado en el medio urbano en todo lo que se refiere a la asistencia técnica y a la sostenibilidad de los proyectos.

A partir de esta realidad es posible afirmar que mientras no existan las condiciones adecuadas resultantes de programas de electrificación fotovoltaica a gran escala, que incentiven la actuación de empresas privadas dedicadas al mantenimiento de sistemas, o al comprometimiento de las propias empresas eléctricas en estos menesteres, el poblador rural se torna una pieza de vital importancia en el mantenimiento primario y básico de la tecnología. En este caso, la capacitación y formación de técnicos locales preparados para realizar labores simples o relativamente complejas es un paso necesario y fundamental en cualquier proyecto de electrificación que se pretenda mantener en el tiempo (Narvarte, 2001; Serpa, 2001; Fedrizzi, 2003).

A pesar de que la capacitación en aspectos técnicos de la tecnología fotovoltaica se haya tornado esencial, esta problemática no es exclusiva de ella. Áreas como la agricultura o la salud, por ejemplo, desde hace mucho tiempo tomaron conciencia de su importancia y, consecuentemente, tuvieron que desarrollar diversos métodos y procedimientos para transferir sus conocimientos. A manera de ilustración, un estudio realizado en Cajamarca, Perú, mostró que el 100% de los técnicos agrícolas ofrecen cursos de capacitación para transferir conocimientos y 90% realizan reuniones con agricultores, visitas guiadas, charlas, demostración de métodos, etc. (Terrones, 1996). El resultado de estas acciones se manifiesta en que la difusión de la educación agrícola hace a los agricultores más capaces para encontrar soluciones a sus propios problemas y, además, estimula el intercambio de actitudes generando la auto-confianza, la autogestión, la autosuficiencia, la auto-eficiencia y el deseo de superación de niños, jóvenes y adultos.

Análogamente, los extensionistas rurales que actúan en el campo de la salud utilizan de forma intensiva múltiples métodos para transmitir conocimientos. Ya se trate de explicar las enfermedades, sus consecuencias y previsiones o de informar a la población sobre los cuidados a ser tomados ante las mordeduras de serpientes y el uso de sueros antiofídicos – figura 1 – los profesionales de la salud constantemente se enfrentan a la problemática de la capacitación. La práctica los ha llevado a entender que la metodología utilizada tiene que adaptarse a la realidad del local donde se realiza la acción y su lenguaje debe ser claro y accesible al poblador rural.



Figura 1: Médicos explicando los tipos y la acción de los sueros antiofídicos – Comunidad de Tupi – Amazonas – Brasil.
[Foto: Federico Morante]

Tal como lo mencionan diversos investigadores, en el proceso de transferencia tecnológica en el medio rural es imprescindible ser sensibles a las particularidades culturales y sociales de la comunidad, a la utilización de un lenguaje comprensible para ellos, al respeto de sus tradiciones y la búsqueda de soluciones acordes con su realidad. La regla de oro fundamental es que “se deben usar los recursos y capacidades locales; todo lo que se puede arreglar y manejar dentro de la comunidad, debe ser realizado allí, con el fin de dar un máximo de autonomía en el manejo del recurso y sentar las bases de confianza mutua” (Casper-Villalobos *et al.*, 2003).

En este sentido, para garantizar la sostenibilidad de las nuevas tecnologías es recomendable que un grupo de usuarios seleccionados se tornen receptores de conocimientos especiales sobre la innovación. La finalidad es que ellos puedan convertirse en técnicos locales con la capacidad de ofrecer asistencia inmediata a problemas cotidianos. Simultáneamente, también ellos serán transmisores de conocimiento y referencias cercanas para la solución de otros problemas. En otras palabras, a corto o mediano plazo estos técnicos tendrán la responsabilidad de hacer funcionar y mantener las innovaciones; es decir, de garantizar la sostenibilidad de los proyectos. Es en este contexto que el presente artículo aborda el tema de la capacitación, a partir de una perspectiva socio-técnica. El objetivo es transmitir el aprendizaje obtenido a partir de algunas experiencias desarrolladas en campo.

BASE CONCEPTUAL DE LA TRANSMISIÓN DE CONOCIMIENTOS

Rogers & Shoemaker (1974: 25) mencionan que la *comunicación* es el proceso de transmitir mensajes de una fuente a un receptor. En otras palabras, la comunicación consiste en transferir ideas desde una fuente a fin de modificar la conducta de los receptores. El *canal* de comunicación es la vía seguida por el mensaje al ir desde la fuente hasta el receptor. Bajo esta perspectiva, el acto de transferir una tecnología a una o varias personas de un determinado sistema social nada más es que un proceso de comunicación de innovaciones. Estos mismos autores definen un *sistema social* como una colectividad de unidades funcionalmente diferenciadas, dedicadas en conjunto a la actividad de resolver problemas con una meta común. Los miembros o las unidades del sistema social pueden ser individuos, grupos informales, organismos complejos o subsistemas.

Al tratar el tema de la difusión estos autores constatan que esta es un tipo especial de comunicación. De esta manera, *difusión* es el proceso por el cual las innovaciones se extienden a los miembros de un sistema social. Los elementos que intervienen son 1) la *innovación* 2) *comunicada* por medio de determinados *canales* 3) en el *tiempo* a 4) los miembros de un *sistema social* (Rogers & Shoemaker, 1974: 19). Si el proceso alcanza resultados positivos verificados cuando la gente asimiló la innovación, se ha llegado a la *adopción*. Esta se define como la resolución de emplear plenamente una idea nueva, por ser el mejor camino de acción disponible. El *período de decisión sobre innovar* es el tiempo transcurrido en recorrer todo el proceso (Rogers & Shoemaker, 1974: 27). Es claro que cuando el receptor necesita un pequeño aprendizaje adicional, las ideas nuevas podrán adoptarse con mayor rapidez. Obviamente, esto es más lento cuando las innovaciones requieren la formación de nuevas habilidades y comprensiones.

En su esencia, el hecho de comunicar algo a la gente con la finalidad de que ocurran cambios en su sistema social introduce a los promotores y participantes en el tema de la educación. De esto no puede escapar el proceso de transferencia tecnológica pues, como ya se ha visto, para alcanzar su objetivo requiere de la comunicación. Por otro lado, el proceso de transmisión de conocimientos, que en el fondo es una acción educativa, no es algo estático o aislado del entorno social, cultural, político o económico de las sociedades donde se lleva a cabo la acción. Así, un deslinde conceptual de los términos involucrados en el proceso de transferencia tecnológica nos conduce a discusiones filosóficas, semánticas y, principalmente, a interpretaciones

provenientes de diversas escuelas pedagógicas. Sin embargo, esto no es impedimento para tener en claro el significado de ciertos vocablos.

De acuerdo a su raíz latina, *educación* es un proceso que va de fuera hacia adentro, tal como ocurre con la acción del maestro sobre el alumno, pero al mismo tiempo también es un proceso inverso que se verifica en la maduración y en el crecimiento de los actores. Por lo tanto, la acción educativa debe beneficiar de forma integral a los participantes – profesores y alumnos – en sus diferentes dimensiones intelectivas, físicas y afectivas así como en sus capacidades, realidades y potencialidades. Simultáneamente, el proceso educativo también tiene que ser armónico en el sentido de ser estimulante, equitativo y proporcional a esas diferentes dimensiones (Castilla, s/f: 46-56).

Instrucción es la acción de *instruir* que es enseñar alguna cosa a alguien. Es transmitir unos conocimientos y formar la inteligencia del receptor. Se deriva de la palabra latina “instruere” que significa construir dentro. Desde la perspectiva educativa, la instrucción es considerada como la síntesis resultante del proceso enseñanza-aprendizaje, mediante el cual el sujeto adquiere conocimientos de manera organizada. En suma, la educación tiene por finalidad formar integralmente a la persona, abarcando todos sus aspectos. Ya la instrucción solo abarca una parte o un aspecto (Bojorquez, 2005: 19-20).

Por otro lado, *enseñanza* tiene su origen en la palabra latina “insignire” que significa señalar. En el fondo, la enseñanza se reduce a la transmisión simple de conocimientos donde interviene un maestro que enseña y unos alumnos que escuchan y aprenden. Su objetivo es el *aprendizaje* que es algo propio del alumno que al aprender por sí mismo necesita estudiar, investigar, observar y practicar (Castilla, s/f: 46-56).

Adiestramiento significa llevar de la diestra; es decir, de la mano derecha. Es hacer diestro a una persona o animal en alguna actividad para lo cual se establecen automatismos o destrezas que se manifiestan ante la presencia de un estímulo o a voluntad. Volverse diestro es lograr una automatización derivada de la repetición mecánica de acciones o de estímulos que sirven de modelo. *Entrenamiento* es la acción y efecto de entrenar que a su vez significa preparar, adiestrar personas o animales especialmente para la práctica de un deporte. En realidad es un sinónimo de adiestramiento pero por lo general es utilizado para designar una dimensión del proceso instructivo para adquirir destrezas en tareas concretas.

Capacitación es la acción y efecto de capacitar; o sea, hacer a alguien apto, habilitarlo para algo. En otras palabras, capacitación es el proceso de enseñanza-aprendizaje que está dirigido a complementar el déficit de habilidades. Equivale a la educación permanente cuando implica continuidad y actualización fuera del marco estricto de la institución educativa. Relacionado con esto se encuentra el término *capacidad*, que se refiere a las posibilidades inherentes al sujeto, al talento o instrucción que posee una persona. *Aptitud* es toda cualidad, capacidad o disposición natural que hace que un individuo resulte válido, en mayor o menor grado, para cierto fin (Bojorquez, 2005: 19-20).

NIVELES DE CAPACITACIÓN TÉCNICA

La necesidad de capacitar a alguien guarda relación con la forma como ha sido introducida la innovación. Hablando específicamente de la tecnología fotovoltaica, si ésta ha sido implementada por una empresa eléctrica o por emprendedores del sector privado, la responsabilidad de su sostenibilidad por lo general recae en sus manos. En este caso son ellos los que tienen que capacitar a sus técnicos quienes, posteriormente, se trasladan al campo para solucionar los eventuales problemas. Para ello cuentan con las herramientas e instrumentos adecuados, con piezas de reposición y la logística para el transporte y subsistencia. En este caso el papel del usuario de la tecnología es pasivo en lo referente al mantenimiento, pues cuenta con el respaldo técnico externo y no tiene la responsabilidad ni el imperativo de ser capacitado. Esto es exactamente lo que pasa en las zonas urbanas electrificadas y, cuando aumente la escala de las instalaciones, es lo que se espera que ocurra con la tecnología fotovoltaica y con las demás fuentes alternativas de energía.

Mientras este escenario no sea una realidad muchos proyectos de electrificación utilizando tecnología fotovoltaica u otras fuentes son implementados gracias a la iniciativa de ONG’s, universidades, instituciones gubernamentales de apoyo al sector rural, sociedades solidarias, etc. En este caso los pobladores rurales asumen un fundamental papel y se convierten en guardianes de la sostenibilidad. En estas condiciones es evidente que la transferencia de conocimientos tiene como uno de sus objetivos la formación de personas con la capacidad de realizar labores de mantenimiento preventivo y correctivo.

La implementación de proyectos fotovoltaicos en diversos lugares de mundo ha mostrado el fundamental rol de los especialistas técnicos en la capacitación y en la transferencia tecnológica. Gracias a esta experiencia ha quedado clara la necesidad de formar técnicos locales para realizar actividades de mantenimiento preventivo y, dentro de lo posible, también correctivo. En realidad, la sostenibilidad técnica y las consecuentes actividades de capacitación deben ser desarrolladas en cuatro niveles fundamentales:

Nivel básico: que contempla la transmisión de conocimientos para la formación de técnicos locales. Estos son personas de la propia comunidad que poseen habilidades para manipular herramientas e instrumentos y entender los principios de la electricidad y de la tecnología. También pueden recopilar datos, efectuar lecturas simples de instrumentos y administrar las herramientas y piezas de reposición. El contenido de los materiales utilizados en su capacitación debe ser lo más simple y didáctico posible.

Nivel Intermediario: constituido por las personas que actúan en las ciudades o localidades con infraestructura urbana ubicadas en las proximidades de la comunidad. Los técnicos de nivel intermediario por lo general son electricistas con la función de trabajar en el mantenimiento preventivo y correctivo de mayor complejidad. Realizan visitas periódicas para verificar el funcionamiento de los sistemas, recopilan datos y recogen las informaciones registradas por los técnicos locales.

Estas personas pueden ser particulares o ser trabajadores de una entidad pública, una ONG, etc. Los materiales de enseñanza utilizados en su capacitación pueden ser manuales prácticos, libros de un nivel intermedio y otros medios que no entren en complejidades.

Nivel Avanzado: que corresponde a una escala conformada por personas preparadas técnicamente para entender todos los aspectos de la tecnología. Pueden ser técnicos experimentados, ingenieros electricistas o de áreas afines o cualquier persona que posea el conocimiento y las habilidades para solucionar problemas técnicos complejos. Su campo de acción también engloba la gerencia y administración de proyectos así como la organización de la logística local y de campo. Actúan a nivel regional en diversos proyectos pero su trabajo es fundamentalmente técnico y enfocado a solucionar los problemas más difíciles. También se encargan de la capacitación de la gente de los niveles anteriormente mencionados. Para su propio aprendizaje pueden emplear libros, manuales y medios informativos complejos.

Nivel especializado: este nivel agrupa a los profesionales formados en el área específica de la tecnología solar fotovoltaica en todas sus vertientes. Están capacitados para solucionar problemas técnicos, para diseñar y sustentar proyectos y, fundamentalmente, para entender todos los ángulos de la transferencia tecnológica, ya sea desde el punto de vista técnico o desde el lado social, cultural, político o económico. Es decir que su formación es de índole interdisciplinaria y pueden desenvolverse tanto en el campo como en la ciudad. Son generadores de conocimiento y saben interpretar los datos recogidos así como hacerlos llegar a la luz pública. También pueden realizar labores de capacitación y sus fuentes de aprendizaje son libros, revistas y manuales especializados así como informes técnicos, boletines y otros medios de difusión con alto grado de especialización y complejidad.

En este contexto, sabiendo que capacitar es hacer a alguien apto en el manejo o utilización de una nueva tecnología, es un imperativo desarrollar acciones para alcanzar esta meta. Consecuentemente, la transferencia tecnológica en el medio rural no puede ser una actividad vertical en base a paquetes tecnológicos cerrados donde los especialistas ciudadanos se sientan una especie de salvadores o iluminados. El objetivo primordial de la transferencia debe ser el mejoramiento de las condiciones de vida de un determinado grupo social sin crear dependencias ni complicar el diario vivir de las personas.

El especialista técnico debe tener claro que es un receptor de conocimientos que pueden ser transferidos para ocasionar un proceso de cambio social. Para esto debe comprender las particularidades del medio donde va a actuar sin sentirse un ser extraño y transplantado para ejercer su profesión en un ambiente exótico. Su tarea no es reproducir en el campo un producto padrón sino saber adaptar el conocimiento científico y las técnicas de operación a la realidad económica, social, educacional y política del lugar donde ejerce su labor. "El especialista técnico capaz es aquel que aprendió a orientarse para el problema y no para el programa" (Foster, 1962/1964: 163-165).

ALGUNAS EXPERIENCIAS DE CAPACITACIÓN

En diversos lugares del mundo se han llevado a cabo y se siguen desarrollando cursos de capacitación o acciones educativas relacionadas con la transferencia tecnológica. Para esto múltiples metodologías son creadas, adaptadas o rescatadas para ser aplicadas en campo. Así por ejemplo, en Cusco, Perú, se ha rescatado la ancestral tradición incaica de los Yachachiq, vocablo quechua que significa "el que enseña". Los Yachachiq son capacitadores campesinos de ambos sexos y de todas las edades que hablan el quechua y el español. En cada comunidad estos son escogidos para participar en cursos ofrecidos por ONG's, universidades o cualquier otra institución que realice acciones de transferencia tecnológica. Una vez que han aprendido todo lo concerniente a la nueva tecnología transfieren el conocimiento a los Yachachiq de segundo orden. Estos, con el tiempo, se volverán Yachachiq de primer orden. En otras palabras, una vez realizada la transferencia de conocimientos, son ellos los que construyen y enseñan a todos los demás (Alva, 2006).

Esta metodología de transferencia tecnológica se realiza fundamentalmente utilizando cursos de capacitación basados en talleres. Por medio de estas acciones se ha enseñado a construir colectores solares planos, bombas de ariete de plástico, secadores solares para productos orgánicos, cocinas a leña, invernaderos y otras tecnologías. En el sector agrícola se ha logrado transferir conocimientos en técnicas de riego, manejo de micro-cuencas, cultivo de productos alternativos, lombricultura, etc. (Revista Agraria, 2001). También se ha enseñado a fabricar y comercializar diversos productos comestibles como yogurt, mermeladas o dulces. Esta estrategia de capacitación de campesino a campesino ha dado excelentes resultados y su uso se ha extendido a otras regiones peruanas como Apurímac, Ayacucho, Huancavelica y Puno.

El método de transferencia tecnológica relatado anteriormente está basado en la participación de la población organizada en sus comunidades o instituciones y en la selección de tecnologías que van siendo adoptadas pragmáticamente. En lo que se refiere a la tecnología solar fotovoltaica, con algunas variantes este método también ha sido aplicado con éxito en la comunidad de Vera Cruz, localizada en el municipio de Benjamín Constant, Estado de Amazonas, Brasil.

En esta comunidad el Laboratorio de Sistemas Fotovoltaicos del Instituto de Electrotécnica y Energía de la Universidad de São Paulo (LSF/IEE-USP) ha participado en la electrificación de una escuela, un centro comunitario, una iglesia y seis viviendas. También fueron instalados un sistema de radiocomunicación VHF, cinco postes de iluminación pública y un sistema de bombeo de agua (Morante & Zilles, 2004). La aplicación del método fue el resultado de la experiencia adquirida con anterioridad en la región del denominado *Vale do Ribeira* del Estado de São Paulo, en la electrificación de escuelas, viviendas y en el bombeo de agua (Serpa, 2001; Fedrizzi, 2003).

En todas las etapas del proceso de implantación de los sistemas de Vera Cruz se contó con la participación de los pobladores. El método utilizado fue el de la transferencia de conocimientos a través de la práctica. Previamente, en la escuela de la comunidad se les explicó el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos y accesorios complementarios, a seguir, ellos

mismos realizaron las instalaciones siendo guiados por la gente del LSF/IEE-USP (figura 2). Los comunitarios que participaron en el proceso lograron aprender muchos detalles de la tecnología y, posteriormente, se tornaron instructores de otras personas en comunidades donde fueron hechas otras instalaciones. En su propia localidad, por iniciativa propia, ellos han desmontado y reinstalado algunos sistemas fotovoltaicos domiciliarios y también se encargan de realizar el mantenimiento de los equipamientos.



Figura 2: Pobladores de Vera Cruz efectuando la instalación de de un sistema de iluminación pública fotovoltaico.
[Foto: Federico Morante]

En la actualidad, en un proyecto que está siendo desarrollado en la comunidad São Francisco do Aiucá localizada en el municipio de Uarini, Amazonas, Brasil, con algunos avances y perfeccionamientos esta metodología también está siendo aplicada. El proyecto consiste en la instalación de 19 sistemas fotovoltaicos domiciliarios con capacidad de suministrar energía eléctrica en corriente alterna hasta 13 kWh/mes (Zilles *et al.*, 2006). Uno de los principales objetivos es la formación de técnicos locales con la capacidad de llevar a cabo el mantenimiento preventivo y, dentro de lo posible, también el correctivo. Para eso cuentan con una caja de herramientas y un pequeño almacén conteniendo piezas, dispositivos y equipamientos de reposición. Prácticamente la totalidad de estos técnicos son las personas que trabajaron voluntariamente en la etapa de instalación de los sistemas en agosto del 2005 (figura 3).



Figura 3: Comunitarios de São Francisco do Aiucá trabajando en el montaje de los módulos fotovoltaicos.
[Foto: Roberto Zilles]

Entre las actividades programadas para la formación de estos técnicos se cuenta con el desarrollo de una serie de cursos de capacitación cuyas unidades y objetivos se pueden apreciar en la tabla 1. La primera y segunda unidades ya han sido desarrolladas y para eso se contó con la participación de los 11 integrantes del equipo de técnicos locales escogidos por la comunidad. Sin embargo, el curso es abierto y durante el desarrollo del mismo participaron otros adultos y niños de la comunidad y la gente del Instituto de Desarrollo Sostenible Mamirauá (IDSMS) que, junto con el Instituto Winrock Internacional – Brasil, son miembros asociados del proyecto.

Dadas las características del grupo, constituido por personas alfabetizadas junto a otras que son analfabetas o semi-analfabetas, el curso de capacitación fue planificado utilizando material visual y de fácil manejo. Es decir que las variables eléctricas tensión, corriente, potencia y resistencia fueron explicadas utilizando circuitos simples construidos en pequeños tableros. Estos tableros didácticos fueron fabricados en el LSF/IEE-USP y contienen dispositivos y accesorios eléctricos (figura 4). Ellos constituyen circuitos funcionando en corriente continua o alterna y están dispuestos de tal forma que los participantes pueden observar, manipular y percibir las características de las variables involucradas. Como fuente de energía eléctrica se empleó una batería de 54 Ah recargable utilizando un pequeño módulo fotovoltaico y, para trabajar en corriente alterna, un inversor cc/ca de 250 W. Durante el desarrollo del curso también se utilizó analogías basadas en un circuito hidráulico construido con una manguera transparente y una bomba manual.

Tabla 1. Unidades y objetivos de los cursos de capacitación ofrecidos al equipo de técnicos locales de la comunidad São Francisco do Aiucá, Amazonas, Brasil.

| Unidades | Objetivos |
|-----------|---|
| 1° Unidad | <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los componentes del sistema fotovoltaico conociendo sus funciones (módulos, batería, controlador, inversor, medidor y disyuntores). 2. Aprender el uso de herramientas para utilizarlas en las labores de instalación y mantenimiento. 3. Entender las magnitudes eléctricas tensión, corriente, resistencia y potencia. 4. Conocer los peligros y procedimientos de seguridad al manipular la electricidad (choque eléctrico, materiales aislantes, conductores, etc.). 5. Utilizar el polímetro (multitester) principalmente para medir tensión y corriente. |
| 2° Unidad | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar con el polímetro (multitester) los valores de tensión en el tablero eléctrico de control (batería, módulo y carga), en los tomacorrientes y en las lámparas del sistema fotovoltaico domiciliario. 2. Realizar actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo (reposición de agua en las baterías, limpieza y orientación de los módulos, desarme del interruptor diferencial, limpieza y ajuste de los terminales de las baterías). 3. Solucionar problemas de lámpara quemada, circuito abierto, mal contacto, cortocircuito, disyuntor desconectado. |
| 3° Unidad | <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar e interpretar las señales luminosas y sonoras emitidas por el controlador y el inversor. 2. Identificar y solucionar problemas simples en el tablero eléctrico de control; disyuntores, controlador e inversor. 3. Sustituir equipamientos del tablero eléctrico de control, disyuntores, controlador e inversor. 4. Saber escoger los electrodomésticos más apropiados para ser utilizados en los sistemas instalados de acuerdo a su potencia. |
| 4° Unidad | <ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar el estado de las baterías, efectuar su mantenimiento y sustitución. |
| 5° Unidad | <ol style="list-style-type: none"> 1. Instalación de sistemas. |



Figura 4: Aspecto de los tableros eléctricos y materiales adicionales utilizados en el curso de capacitación.
[Foto: André Mocelin]

Al iniciar la capacitación se explicaron los objetivos resaltando la importancia de contar con su respaldo técnico para solucionar problemas básicos. A continuación, se mostró el funcionamiento de algunos circuitos eléctricos fundamentales y la función de los interruptores, tomacorrientes y otros accesorios eléctricos. Luego, utilizando el material didáctico, se explicó las características y diferencias de las variables corriente, tensión y potencia (figura 5). En esta parte se utilizó un polímetro, también denominado multitester, para que sea manipulado por ellos mismos con la finalidad de que aprendan su uso.



Figura 5: Instructor enseñando los principios de la electricidad y el funcionamiento de los circuitos eléctricos básicos.
[Foto: Federico Morante]

Con la ayuda de este instrumento también se mostró la correlación entre potencia eléctrica y consumo de energía. Para eso se conectó en un primer momento lámparas incandescentes de 40, 60 y 100 W y, a seguir, lámparas fluorescentes compactas de 15 y 20 W. Se hizo notar que el valor de la corriente en el primer caso era mayor que en el segundo y, por lo tanto, la energía consumida también era mayor. Esto fue aprovechado para introducir el tema de la eficiencia energética de los equipamientos

y el consecuente consumo de energía que, en los sistemas fotovoltaicos, se manifiesta en la rapidez de la descarga de las baterías.

En la segunda unidad del curso, los participantes verificaron con el polímetro los valores de tensión directamente en el tablero eléctrico de control, en los tomacorrientes y en las lámparas de una instalación fotovoltaica domiciliar de la comunidad (figura 6). A través de un procedimiento escrito, que hace parte de los materiales didácticos, los instructores y participantes realizaron, en conjunto, medidas a lo largo de la instalación fotovoltaica. Este método se ha mostrado eficaz y los técnicos locales han podido entender diversas cuestiones a primera vista ininteligibles.



Figura 6: Técnico de São Francisco do Aiucá midiendo la tensión eléctrica en la instalación fotovoltaica domiciliar.
[Foto: André Mocelin]

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

La experiencia adquirida en campo muestra que la transmisión de conocimientos técnicos en un medio rural donde la mayor parte de las personas son analfabetas o semi-analfabetas no es algo imposible. Obviamente se está hablando de conocimientos básicos y fundamentales que no alcanzan un alto grado de complejidad. En este caso la metodología escogida tiene que adaptarse al entorno y, al lado de eso, aprovechar el etnoconocimiento que las personas poseen. Se debe tener en cuenta que en el medio rural la mayoría de personas manipula herramientas, dispositivos o equipamientos desarrollados y adaptados a su modo de vida. También realizan actividades de subsistencia – agricultura, ganadería, recolección, pesca, caza, etc. – donde se aplican muchos conocimientos que en el fondo constituyen un sistema tecnológico adaptado a su realidad. La buena práctica y el saber hacer bien las cosas empíricamente los conduce a manipular y diferenciar variables físicas como fuerza, flujo, calor, humedad, etc. Utilizando analogías apropiadas, un curso de capacitación puede basarse en todo este conocimiento previo.

Tomando el caso de los habitantes amazónicos o de aquellos que viven al borde o dentro de los lagos o en zonas del litoral marítimo, es conocido que su principal medio de transporte son las canoas o lanchas a remo y embarcaciones motorizadas. En este último caso, esta innovación los ha obligado a manipular herramientas y a efectuar labores de mantenimiento y reparación de motores que funcionan con gasolina, petróleo o gas. En su esencia estas actividades representan una fuente de información y conocimiento empírico sobre diversas cuestiones y tópicos relacionados con el uso de la energía. Claramente, en un curso de capacitación este bagaje técnico puede ser aprovechado para explicar diversos temas energéticos. Asimismo, como resultado de estas actividades ellos tienen noción de que el mayor o menor consumo de combustible guarda relación con el peso de la carga transportada o con el pésimo o buen estado del motor. Implícitamente en todo esto se encuentra el concepto de eficiencia energética.

Adicionalmente, en el medio rural muchas comunidades ya están familiarizadas con la energía eléctrica debido a su contacto con las zonas urbanas o porque utilizan generadores diesel aunque sea por algunas horas. En este caso las actividades de capacitación relacionadas con la tecnología fotovoltaica deben llevar en cuenta estas particularidades. Esto porque en comunidades con estas características la gran mayoría de personas conoce los beneficios y potenciales peligros de este tipo de energía. Algunos hasta ya sufrieron las consecuencias de un choque eléctrico. También saben manipular diversos electrodomésticos como ventiladores, licuadoras, congeladoras, equipos de sonido, televisores, antenas, receptores parabólicos, etc. En otras palabras, la energía eléctrica no es desconocida para ellos. Obviamente, en esto se destacan las personas encargadas de encender y desconectar el generador los cuales, por lo general, poseen una buena noción de las variables eléctricas corriente, tensión y potencia.

Estas constataciones ponen en evidencia que los cursos de capacitación programados en el medio rural deben aprovechar al máximo todas estas potencialidades. Esto significa que ellos deben adaptarse al entorno de la localidad y, dentro de lo posible, deben diseñarse incluyendo los recursos que la comunidad ofrece. El lenguaje utilizado por los instructores debe tratar de no incluir palabras técnicas desconocidas y complejas y, fundamentalmente, los conceptos mostrados deben relacionarse con las actividades, objetos o situaciones de su diario vivir. Asimismo, debe hablarse pausadamente intentando transmitir informaciones de calidad sin estar preocupados por la cantidad. También es muy importante transmitir las informaciones utilizando materiales didácticos de fácil manipulación, tangibles y palpables, con la finalidad de evitar las abstracciones.

Como se ha podido notar, sostenibilidad y capacitación son conceptos que inherentemente forman una integridad. Dentro de las actuales condiciones del desarrollo de proyectos con tecnología fotovoltaica en el medio rural, son los usuarios los que asumen un preponderante papel en su mantenimiento y durabilidad. Ellos son los que diariamente están en contacto con la tecnología disfrutando de sus beneficios o sufriendo las consecuencias de sus fallas. Por lo tanto, la capacitación en el sentido de ser un proceso de enseñanza-aprendizaje dirigido a complementar el déficit de habilidades, se torna una acción de vital importancia. Al mismo tiempo, la capacitación por ser un proceso donde se transmiten conocimientos puede servir como una palanca para alcanzar un objetivo mayor como es la educación. De este modo, además de la transmisión de conocimientos técnicos, la principal meta de la capacitación en tecnología fotovoltaica debe ser la transformación del individuo abarcando la totalidad de sus dimensiones.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al apoyo de los Ministerios de Minas y Energía y de Ciencia y Tecnología del Brasil por medio de los fondos sectoriales CT-Energ/MME/CNPq, del Instituto de Desarrollo Sostenible Mamirauá (IDSM-OS/MCT) y del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, CNPq, del Brasil en el ámbito de la Red Iberoamericana de Transferencia de Tecnologías Apropriadas con Uso de las Energías Renovables, RITTAER.

REFERENCIAS

- Alva, José (2006). Los Yachachiq. *América Renovable*, revista del GRUPO, Grupo de Apoyo al Sector Rural de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Año 9, N° 13, enero 2006, Lima – Perú, pp. 16-23.
- Bojorquez Dolores, Isabel (2005). *Didáctica General: compendio de modernos métodos y técnicas de enseñanza-aprendizaje*. 2da. Edición, Ediciones Abedul E.I.R.L., Lima – Perú, 331 p.
- Casper-Villalobos, Claudia, Petra Schweizer-Ries y Enma Ramírez Solís (2003). Apoderamiento y estrategias para la intensificación de la participación de las comunidades de usuarios en el proceso de la electrificación rural. In *Energía & Desarrollo* N° 22, Cochabamba, Bolivia, pp. 12-16.
- Castilla Rosa Pérez, Elías (s/f). *Teoría de la Educación*. 1ra. Edición, Editorial San Marcos, Lima – Perú, 194 p.
- Fedrizzi, Maria Cristina (2003). *Sistemas Fotovoltaicos de Abastecimento de Água Para Uso Comunitário: lições apreendidas e procedimentos para potencializar sua difusão*. Tesis Doctoral. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 174 p.: <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2003/teses/2003.htm>
- Foster, George M. (1962/1964). *As Culturas Tradicionais e o Impacto da Tecnologia*. 1ra. edición, Editora Fundo de Cultura S. A., Coleção Perspectivas do Nosso Tempo, Rio de Janeiro, 249 p.
- Morante, Federico y Roberto Zilles (2004). A tecnologia solar fotovoltaica na comunidade de Vera Cruz do Alto Solimões: consumos de energia elétrica registrados utilizando contadores de Ah. In *Memórias del X Congresso Brasileiro de Energia, XCBE, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Vol. IV*, pp. 2313-2324.
- Narvarte Fernández, Luis (2001). *Hacia un Paradigma de Electrificación Rural Descentralizada con Sistemas Fotovoltaicos*. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Madrid, España, 174 p.
- Revista Agraria (2001). A 4 mil metros de altura, progreso posible. *La Revista Agraria* N° 29, octubre 2001, Lima – Perú, Versión digital en: <http://www.cepes.org.pe/revista/r-agra29/arti-01b.htm>
- Rogers, Everett M. & F. Floyd Shoemaker (1974). *La Comunicación de Innovaciones: un enfoque transcultural*. 1ra. Edición en español, Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia Para el Desarrollo Internacional (A.I.D.), Herrero Hermanos, Sucesores S. A., México, 385 p.
- Serpa Noronha, Paulo (2001). *Eletrificação Fotovoltaica em Comunidades Caiçaras e seus Impactos Socioculturais*. Tesis Doctoral. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 266 p.: <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2001/teses/2001.htm>
- Terrones H., Julio (1996). Análisis de la organización y educación agrícola en la zona andina de Cajamarca. In *Segundo Arréstegui* (Editor) *Desarrollo Rural: Memorias del I Congreso Nacional de Desarrollo Rural en el Perú*, CONCYTEC y Universidad Nacional de Cajamarca, pp. 109-134.
- Zilles, Roberto, Federico Morante, André Mocelin, Edila Moura y Claudio Ribeiro (2006). Projeto piloto de implantação de sistemas fotovoltaicos domiciliares atendendo a resolução normativa ANEEL N° 83/2004. In *Memórias del XI Congresso Brasileiro de Energia, XICBE, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Vol. II*, pp. 1031-1042.

ABSTRACT: In this article, the subject of the training in the rural region is approached from a social-technical perspective, with the objective of transmitting the knowledge resulting from the experience in the field. The development of this type of actions shows that, in spite of the difficulties inherent to the impoverished rural areas, the transference of technical knowledge is not something impossible of being carried out. Therefore, the chosen methodology should take into account the reality and the environment of these residents, as well as the inclusion of their ethnical-knowledge. Due to their subsistence activities, the great majority of rural residents manipulate diverse physical variables, only lacking to them the explanation of it. Hence, the training should be offered taking advantage of this whole base of pre-existent knowledge, and using an appropriate language for this purpose. In the article, some experiences in this field related with the installation of the photovoltaic technology are also reported.

Keywords: technological transfer, training, Solar Home System and sustainability.