

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN COMUNIDADES AMAZÓNICAS: algunos aprendizajes obtenidos a partir de proyectos utilizando la tecnología solar fotovoltaica

Federico Morante¹, Roberto Zilles² y André Mocelin²

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: federico.trigoso@ufabc.edu.br

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; mocelin@iee.usp.br

RESUMEN: La implantación de proyectos en comunidades amazónicas adquiere características particulares debido principalmente a las grandes distancias a ser vencidas y a la dispersión de las comunidades. Esto conduce al establecimiento de una logística apropiada que lleve en cuenta todos los pormenores de adquisición, transporte, almacenamiento e instalación de equipamientos así como mecanismos de gestión que velen por la sostenibilidad de los emprendimientos. Al mismo tiempo, en estas zonas la capacitación y la consecuente formación de personal técnico local asumen gran importancia debido a la enorme dificultad para el traslado de especialistas que por lo general viven en las ciudades. En este artículo se discute esta problemática utilizando datos provenientes del proyecto denominado “Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares” implantado en la comunidad de São Francisco do Aiucá, localizada en el estado de Amazonas, en el Brasil. El principal objetivo es difundir algunos conocimientos adquiridos que pueden ofrecer subsidios técnicos a la transferencia tecnológica de sistemas fotovoltaicos y a la elaboración de políticas públicas dirigidas a la población amazónica.

Palabras clave: comunidades amazónicas, transferencia tecnológica, tecnología solar fotovoltaica y sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

La Amazonía es una extensa región localizada entre las fronteras de Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Guyana, Surinam, Guyana Francesa y el Brasil. Abarca una superficie de alrededor de 7 millones de km² siendo que este último país posee la mayor parte. En este territorio están ubicadas diversas capitales departamentales o de estados, la mayoría de mediano tamaño. Así por ejemplo, en la Amazonía brasileña se encuentra Belén do Pará, Manaus, Porto Velho, Cuiabá y Río Branco. En el Perú están Iquitos, Pucallpa, Puerto Maldonado y Tarapoto. En Bolivia están Trinidad, Riberalta y Guajaramirín y en Colombia se tiene Leticia. También existen muchísimas ciudades de pequeño tamaño, siendo la mayor parte capitales provinciales. Sin embargo, la ocupación de este inmenso territorio se caracteriza por la existencia de innumerables pueblos, aldeas y caseríos localizados de forma dispersa tanto en las zonas ribereñas como en tierra firme.

La Amazonía tiene como límites naturales el Este de la Cordillera de los Andes a partir de la cual comienza el declive que disminuye poco a poco hasta constituir el extenso llano amazónico que termina a orillas del Atlántico. Esta región se caracteriza por la inmensidad y densidad de sus bosques, surcados por grandes ríos y una red de afluentes de diversos caudales. Es conocida la amplitud de la biodiversidad de sus ecosistemas los cuales se desarrollan en el suelo caliente y húmedo derivado del clima tropical con altas temperaturas y elevadas precipitaciones pluviales. Esta realidad a originado una peculiar forma de vida que aprovecha eficazmente el entorno. De acuerdo a la época del año los pobladores amazónicos practican con mayor o menor intensidad la agricultura, la pesca, la caza o la recolección de productos del bosque. Para comunicarse se valen de los ríos y para esto cuentan con pequeñas embarcaciones como canoas a remo o motorizadas y, en menor proporción, lanchas de mayor porte y autonomía.

En lo que se refiere al servicio de energía eléctrica, generalmente las ciudades amazónicas de mayor porte son atendidas utilizando termoeléctricas a diesel constituyendo sistemas aislados. No obstante, algunas pocas ciudades se sirven también de la energía generada en hidroeléctricas interconectadas a las redes nacionales. En ambos casos las redes de baja tensión son extendidas hasta las zonas periféricas de los centros urbanos donde las condiciones de costo-beneficio lo permitan. Esta característica de generación-distribución de electricidad, aliado a las peculiaridades geográficas de la Amazonía y las dificultades para el transporte, se refleja en que los ciudadanos que viven de forma dispersa y apartados de las ciudades no cuenten con este servicio.

En muchos de estos lugares una de las soluciones más populares son los pequeños grupos generadores a diesel adquiridos de forma particular o donados por las autoridades locales u otras personas o instituciones. Pero con este sistema la disponibilidad de energía eléctrica ocurre durante pocas horas y solamente en el período nocturno. De cualquier forma, la utilización de este tipo de generadores conduce a que la población atendida adquiere electrodomésticos u otros aparatos de usos finales que funcionan con corriente alterna. Por este motivo se puede encontrar televisores a colores, equipos de sonido, ventiladores, DVD's o congeladoras, todos los cuales funcionando durante aquellas pocas horas de suministro eléctrico.

Pero la disponibilidad de energía eléctrica en las zonas rurales de esta región no es algo generalizado y lo que se constata es una enorme carencia en este servicio. Hay que tener presente que el funcionamiento del generador diesel depende de la existencia de combustible en la localidad lo que no ocurre de forma regular debido a las dificultades en el transporte y a los altos costos. Estas dificultades llevan a que la gran mayoría de pobladores continúen utilizando mecheros para alumbrarse y pilas para hacer funcionar sus linternas o radio-grabadores. Las peculiaridades geográficas donde abundan los ríos y bosques y las enormes distancias, imposibilitan extender la red eléctrica. En este contexto, es necesario buscar soluciones alternativas de generación de energía eléctrica y, por tal motivo, la tecnología solar fotovoltaica y otras basadas en el uso de la biomasa o los recursos hídricos se tornan importantes.

Esta realidad también obliga a buscar modelos de gestión adecuados que posibiliten la sostenibilidad de los emprendimientos. Es por esta razón que la transferencia tecnológica debe contar con la participación y el respaldo de la población local. Es obvio que el apoyo externo es prácticamente inviable debido a los altos costos de transporte y a la complejidad de la logística. Por eso mismo la formación de recursos humanos en la propia localidad es un imperativo para mantener en operación la tecnología transferida. En tal sentido, este artículo tiene el objetivo de difundir algunas lecciones que fueron aprendidas en el transcurso de la implantación de diversos proyectos en la Amazonía, basados en la tecnología fotovoltaica. De manera particular, el proyecto desarrollado en la comunidad São Francisco do Aiucá trae a luz una serie de cuestiones que pueden ser aprovechadas en la transferencia tecnológica y en la planificación energética de esta región.

EL PROYECTO DE SÃO FRANCISCO DO AIUCÁ EN LA AMAZONÍA BRASILEÑA

En el Brasil el 26 de abril de 2002 fue promulgada la ley 10.438 que dispone la universalización del servicio de energía eléctrica. Seguidamente, el 29 de abril de 2003 la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) emitió la Resolución N° 223 donde se establecen las condiciones generales para la elaboración de los Planes de Universalización de Energía Eléctrica y también reglamenta lo dispuesto en los artículos 14 y 15 de la ley 10.438.

Todo esto significa que la universalización deberá ser alcanzada en cada municipio brasileño de acuerdo al Índice de Atendimento (Ia) estimado teniendo como base los datos del Censo Nacional del 2000 conforme lo estipulado en la tabla I. En resumen, hasta el año 2015 las empresas concesionarias deben cumplir las metas de electrificar el 100% de las viviendas incluyendo aquellas que se encuentran localizadas en las zonas rurales. Bajo este marco legal, cualquier ciudadano brasileño puede solicitar el servicio de energía eléctrica sin costo alguno y pagando solamente su consumo según las tarifas vigentes. Para cumplir con estos objetivos las empresas deben escoger la tecnología de generación de energía eléctrica más adecuada. En los lugares donde es posible extender la red eléctrica no habrá mayores problemas, pero esto se torna imposible en ciertos lugares como es el caso de la Amazonía.

ÍNDICE DE ATENDIMIENTO DEL MUNICIPIO	AÑO MÁXIMO PARA ALCANZAR LA UNIVERSALIZACIÓN EN EL MUNICIPIO
$Ia > 96,00\%$	2004
$90,00\% < Ia \leq 96,00\%$	2006
$83,00\% < Ia \leq 90,00\%$	2008
$75,00\% < Ia \leq 83,00\%$	2010
$65,00\% < Ia \leq 75,00\%$	2012
$53,00\% < Ia \leq 65,00\%$	2014
$Ia \leq 53,00\%$	2015

Tabla I: Índices de atendimento (Ia) o coeficientes de electrificación municipal y metas para alcanzar la universalización. (Fuente: ANEEL, 2003)

Como forma de viabilizar el uso de algunas tecnologías de generación basadas en energías renovables, en septiembre de 2004 la ANEEL publicó la Resolución N° 83/2004 donde se reglamenta el uso de los denominados SIGFI's (Sistemas Individuales de Generación de Energía Eléctrica con Fuentes Intermitentes)⁽¹⁾. Dentro de este tipo de generación eléctrica se encuentran los sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD's) que, según lo que puede ser observado en la tabla II, varían desde un mínimo de 13 kWh/mes hasta 80 kWh/mes. Pero estas instalaciones deben cumplir un padrón mínimo de atendimento e indicadores de calidad del servicio de energía. También deben respetar el tipo de servicio brindado en las zonas urbanas; es decir, en corriente alterna. En este sentido, el artículo 8vo. de la resolución especifica que con fines de fiscalización por parte de la ANEEL, la empresa debe mantener un archivo que permita calcular el denominado DIC (Duración de Interrupción por Unidad Consumidora). Este es un indicador de continuidad que puede ser calculado utilizando la ecuación 1.

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i) \quad (1)$$

⁽¹⁾ Según las definiciones proporcionadas por la ANEEL una Fuente de Energía Intermitente es cualquier recurso energético renovable que, para fines de conversión en energía eléctrica por el sistema de generación, no puede ser almacenado en su forma original. Consecuentemente, un Sistema Individual de Generación de Energía Eléctrica con Fuente Intermitente (SIGFI) es un sistema de generación de energía eléctrica implantado por una empresa concesionaria o permisionaria de distribución de energía eléctrica, utilizando exclusivamente fuente de energía intermitente para el suministro a la unidad consumidora única, constituida básicamente de un sistema de generación, un sistema de acumulación y un sistema de acondicionamiento.

Donde, **i** es el índice de interrupción en la unidad consumidora durante el período de observación variando de 1 a **n**; **t(i)** es el tiempo de duración de la interrupción (**i**) en la unidad consumidora durante el período de observación, expresado en horas; **n** es el número de interrupciones en la unidad consumidora durante el período de observación; **DIC** es la Duración de las Interrupciones por Unidad Consumidora y se expresa en horas y por período de observación.

	Consumo diario de referencia (Wh/día)	Autonomía mínima (días)	Potencia mínima puesta a disposición (W)	Disponibilidad mensual garantizada (kWh)
SIGFI-13	435	2	250	13
SIGFI-30	1000	2	500	30
SIGFI-45	1500	2	700	45
SIGFI-60	2000	2	1000	60
SIGFI-80	2650	2	1250	80

Tabla II: Clasificación y disponibilidad de atendimento de los Sistemas Individuales de Generación de Energía Eléctrica con Fuentes Intermitentes (SIGFI's). (Fuente: ANEEL, 2004)

La finalidad del DIC es verificar la calidad del servicio de tal forma que el artículo 6to. resalta que para calcularlo deberán ser llevadas en cuenta la totalidad de las interrupciones. Sin embargo, existen algunas excepciones como por ejemplo las interrupciones provocadas directamente por los usuarios por mala utilización de los equipamientos y componentes del sistema. También están excluidas las interrupciones de carácter técnico debido a desconexiones para realizar el mantenimiento rutinario con duración igual o inferior a 72 horas y, además, aquellas ocasionadas por robos o vandalismo. Adicionalmente, en el artículo 10mo. de la resolución aparecen los Padrones de Referencia del DIC que deberán ser considerados por las empresas concesionarias. Para el indicador DIC mensual el padrón de referencia será 216 horas y para el indicador DIC anual 648 horas (ANEEL, 2003).

Es en este contexto que surgió el proyecto denominado “Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares” implantado en la comunidad de São Francisco do Aiucá localizado en plena Amazonia brasileña dentro de las coordenadas 02° 48' 03" Latitud Sur y 65° 08' 11" Longitud Oeste (figura 1). En agosto del 2005 fueron instalados 19 SFD's y en abril del 2007 otros 4 dando un total de 23 sistemas implantados. Todos son del tipo SIGFI-13 lo que permite una disponibilidad mensual garantizada de energía de 13 kWh y distribución en corriente alterna. Dado que uno de los principales objetivos del proyecto es el suministro de informaciones técnicas operacionales para los futuros emprendimientos, todas las recomendaciones estipuladas en la Resolución N° 83/2004 fueron tomadas en cuenta (Zilles *et al.*, 2006; Mocelin, 2007).

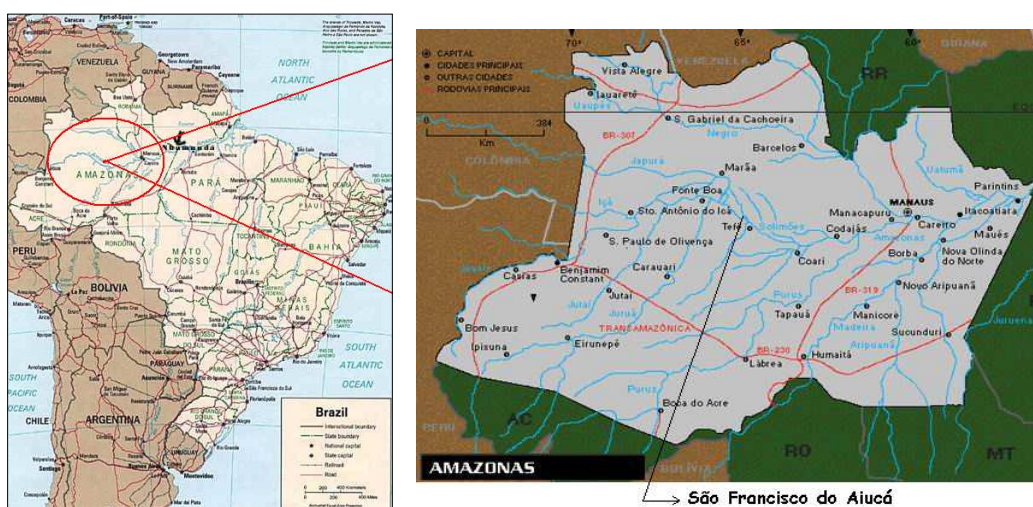


Figura 1. Localización de la comunidad São Francisco do Aiucá, Municipio de Uarini, Estado de Amazonas, Brasil.

São Francisco de Aiucá es una comunidad amazónica ribereña que se encuentra a orillas de un pequeño afluente de la margen izquierda del río Amazonas, que después de atravesar la frontera con el Perú en el Brasil toma el nombre de Solimões. Es decir que el acceso a la comunidad se realiza exclusivamente por vía fluvial siendo que el viaje en lancha desde la ciudad de Tefé dura alrededor de 9 horas. El retorno a favor de la corriente lleva unas 6 horas.

La población de São Francisco do Aiucá está constituida por mestizos muchos de los cuales descienden de los trabajadores que vinieron a la Amazonia a extraer el látex del caucho o siringueira (*hevea brasiliensis*) a comienzos del siglo XX y, posteriormente, durante la Segunda Guerra Mundial. El modo de vida de esta gente está fuertemente regido por las variaciones del flujo de los ríos de tal forma que en la época más seca las condiciones de vida empeoran. En esta temporada el agua de buena calidad para el consumo familiar es muy escasa y aumentan las dificultades para trasladarla a las viviendas. La fluctuación del nivel de las aguas también obliga a que las casas sean construidas a manera de palafitos.

Los techos de estas viviendas son de planchas acanaladas de amianto o zinc y el número y tamaño de las habitaciones varían de familia a familia. La mayor parte tienen una sala, uno o dos dormitorios, una cocina interna y otra externa tradicional con fogón a leña. El número de personas que habitan las casas varía de 2 a 14. La población de São Francisco do Aiucá es de alrededor de 150 habitantes. En total existen 25 viviendas y, además, hay una escuela fiscal, un centro comunitario, un local para el generador diesel, un campo de fútbol y alrededor de cuatro locales para fabricar harina de yuca.

Las actividades de pesca y agricultura son las principales fuentes de renta de la población. Algunas familias poseen ganado vacuno y otras se dedican a fabricar artesanías. La principal fuente de proteína proviene de los peces que viven en ríos y lagunas y, adicionalmente, también practican la caza. Otros productos alimenticios se consiguen por medio de la agricultura, la recolección o son adquiridos en el comercio de la capital del municipio u otras localidades. Algunos domicilios cuentan con cocinas a GLP (gas licuado de petróleo) para cocinar los alimentos pero la gran mayoría utiliza la leña en los tradicionales fogones amazónicos.

El proyecto en São Francisco do Aiucá fue llevado a cabo mediante un consorcio liderado por el Instituto de Electrotécnica y Energía de la Universidad de São Paulo (IEE-USP) con la participación del Instituto de Desarrollo Sostenible Mamirauá (IDSM) de la ciudad de Tefê, estado de Amazonas y el Instituto Winrock Internacional – Brasil (Mocelin, 2007). De acuerdo con la Resolución Normativa de la ANEEL, la configuración adoptada para el montaje de los sistemas incluye un controlador de carga de 20A, un generador fotovoltaico de 200 Wp, un acumulador de energía de 150 Ah (24 Vcc) y un inversor cc/ca de 250W – 127 Vac. También fueron colocados dispositivos de medición y protección todo lo cual puede ser observado en el diagrama de la figura 2 y en el cuadro eléctrico de la figura 3.

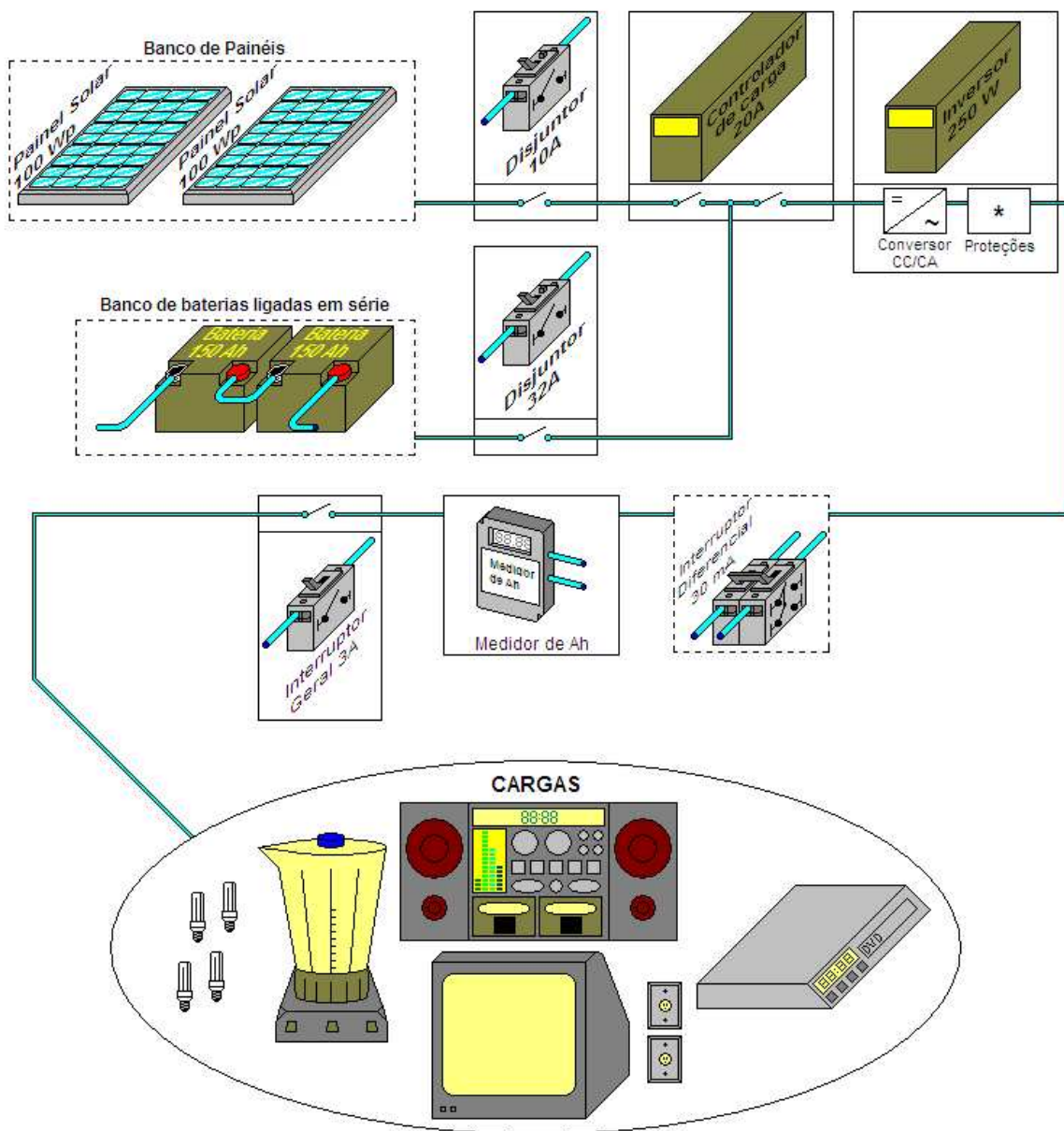


Figura 2. Diagrama unifilar de la configuración eléctrica adoptada en los sistemas.
[Diseño: Wendel Schiavo]

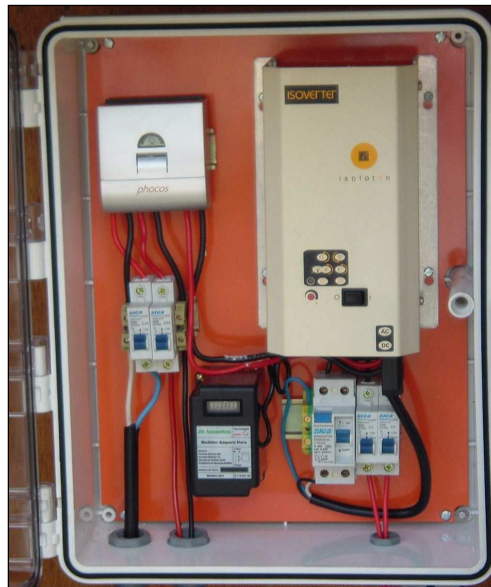


Figura 3. Cuadro eléctrico instalado en cada vivienda de São Francisco do Aiucá.

En la mayor parte de las viviendas fueron instaladas 2 lámparas fluorescentes compactas de 15 W y 2 de 20W de luz amarilla y vida útil de 8.000 horas. En muy pocos casos, debido principalmente al pequeño tamaño de algunas casas, los propios moradores pidieron solamente 3 lámparas. No obstante, en todas fueron colocados dos tomacorrientes en lugares adecuados escogidos por los usuarios. En lo referente a otras cargas, varias familias poseen televisores a colores con antenas parabólicas y sus respectivos receptores. En la comunidad también hay ventiladores, radio-grabadores, licuadoras, DVD's, equipos de sonido, congeladoras y otros electrodomésticos, parte de lo cual puede ser observado en la figura 4. La figura 5 muestra una de las viviendas con el generador fotovoltaico, la caseta que aloja el banco de baterías y una antena parabólica (Mocelin *et al.*, 2007). Se puede notar que tanto la vivienda como la caseta están apoyadas en estacas de madera pues en la época de la subida de los ríos, el agua llega a alcanzar el piso de las casas.



Figura 4. Electrodomésticos existentes en algunas viviendas de São Francisco do Aiucá.
[Foto: Federico Morante]



Figura 5. Vivienda de madera con techo de planchas acanaladas de amianto, junto al generador fotovoltaico y la caseta de baterías. [Foto: Federico Morante]

Esta comunidad ya utilizaba la energía eléctrica alrededor de cuatro horas cada noche, suministrada por un grupo motogenerador diesel. Actualmente este sistema continúa en funcionamiento dependiendo de la disponibilidad del combustible entregado por la alcaldía local para el funcionamiento de la escuela fiscal. Este sistema también alimenta un conjunto de postes de iluminación pública y tiene ramales para las casas, siendo que algunas aprovechan la ocasión para hacer funcionar sus congeladoras. En realidad, cuando hay combustible, entre las 18:00 y 21:00 hs. actualmente las casas se sirven de dos fuentes de generación eléctrica: la solar fotovoltaica y la del generador diesel (Mocelin *et al.*, 2006).

La distribución de la energía eléctrica proveniente del generador diesel se efectúa mediante una mini-red con postes de madera. Se observa que las instalaciones internas son muy precarias y se utiliza masivamente lámparas incandescentes las cuales se encienden automáticamente cuando el generador es conectado pues no hay interruptores en los compartimentos. Esta realidad, muy común en diversos lugares de la Amazonía brasileña, conduce a reflexionar sobre la planificación y el diseño de los proyectos. Es decir, si se pretende instalar SFD's en comunidades que cuentan con generadores diesel, se debe considerar la existencia previa de equipamientos eléctricos que funcionan con corriente alterna y los hábitos de consumo de electricidad derivados de esta situación.

Esto también obliga a explicar aspectos tecnológicos durante la etapa de presentación de los proyectos mostrando las posibilidades y limitaciones de los SFD's y resaltando las diferencias con el generador diesel. Asimismo, también se debe considerar un dimensionamiento que logre atender las principales demandas domiciliarias ya existentes y la selección de componentes robustos con buena adaptabilidad al medio. Las informaciones sobre los costos de operación y mantenimiento de los SFD's y la búsqueda de un procedimiento adecuado para la gestión de los sistemas se convierten en fuertes aspectos que no pueden ser menospreciados.

El proyecto también condujo a la implementación de un modelo de gestión, operación y mantenimiento de los sistemas con monitoramiento de los índices de fallas e interrupción del servicio y del nivel de satisfacción de los usuarios. Este modelo de gestión se basó en la participación de la comunidad teniendo como objetivo que los propios comunitarios puedan encargarse del funcionamiento y gestión de los sistemas. Para esto fue constituida una asociación de usuarios de sistemas fotovoltaicos domiciliarios donde se decidió la organización de un fondo económico para adquirir las baterías una vez que alcancen el final de su vida útil. El aporte inicial de cada usuario fue de R\$ 150.00 (US\$ 1.00 = R\$ 2.00) y mensualmente pagan R\$ 15.00 todo lo cual está depositado en una cuenta de ahorros en un banco de la ciudad de Tefé. Los diversos aspectos relacionados con la gestión de los sistemas se encuentran consolidados en el documento denominado "Reglamento de los Usuarios de los Sistemas de Electrificación Rural Fotovoltaica" que fue aprobado en una reunión formal donde participaron todos los asociados.

ALGUNOS ASPECTOS DE LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN LA AMAZONÍA

Este proyecto, junto a otros desarrollados en la Amazonía por el LSF/IEE-USP (Laboratorio de Sistemas Fotovoltaicos del Instituto de Electrotécnica y Energía de la Universidad de São Paulo) puso en evidencia un conjunto de cuestiones relacionadas con la transferencia tecnológica que serán descritas a seguir. En primer término, se debe resaltar que la logística de transporte a las comunidades remotas de la Amazonía requiere una planificación muy compleja derivada de las particularidades inherentes a esta zona geográfica. La lejanía y las dificultades en el transporte se reflejan en los altos costos de la implantación, todo lo cual no puede ser subestimado. La misma consideración es válida para las posteriores acciones de operación y mantenimiento.

Una de las maneras de disminuir los efectos de esta situación es maximizar la utilización de los recursos locales. Esto significa adquirir y aprovechar al máximo todo lo que las ciudades aledañas a las comunidades pueden ofrecer en cuanto a los accesorios y equipamientos. Esto conlleva al establecimiento de un mercado local con la capacidad de abastecer con calidad y confiabilidad los diversos materiales a ser utilizados. En el caso del Brasil, como forma de cumplir con todo lo estipulado en la Ley de Universalización del Servicio de Energía Eléctrica, se espera que en el futuro las propias empresas concesionarias de electricidad que actúan en la localidad asuman su responsabilidad en el fomento y establecimiento de estas condiciones.

Un importante aspecto a ser considerado en la transferencia de la tecnología fotovoltaica en la Amazonía es la necesidad de contar con recursos humanos en la propia comunidad donde se pretende implantar el proyecto. Pero también es un imperativo trabajar en la formación de personas capacitadas en esta tecnología y que vivan en las ciudades cercanas a las comunidades. Este personal será el apoyo para solucionar problemas técnicos con mayor complejidad. Esto es necesario porque en lo posible se debe evitar el establecimiento de una dependencia de personas de ciudades lejanas que no puedan trasladarse con facilidad hasta estas localidades. Asimismo, es muy positivo involucrar a los propios comunitarios como suministradores de mano de obra y de algunos materiales existentes en la zona. De todo esto queda resaltada la importancia de la formación de recursos humanos locales, todo lo cual debería ser considerado durante la etapa de elaboración del proyecto.

Otra importante cuestión se relaciona con la planificación de la logística previa a la etapa de implantación de los proyectos en plena selva amazónica. Ocurre que a pesar del cuidado en la compra de los materiales y accesorios y en el transporte de los mismos, algunos importantes detalles no tomados en cuenta aparecerán solamente durante el trabajo de campo. Basta que un equipamiento electrónico no esté para posponer la entrada en operación de los sistemas. La falta de una pieza en la estructura de los módulos fotovoltaicos no permitirá su montaje. Algunos tornillos y tuercas para apretar las abrazaderas que no estén en el momento preciso o la diferencia entre los diámetros de los agujeros y los tornillos pueden ocasionar enojosos retrasos. También pueden faltar los cables eléctricos debido a una mala estimación lo que atrasará el término de las instalaciones.

Todos estos pequeños detalles se sumarán para hacer fracasar la acción y redundarán en una negativa transferencia tecnológica trayendo la consecuente pérdida de valioso tiempo y dinero. Muchas de estas piezas y accesorios no son encontradas en las ciudades más cercanas y los medios de comunicación como telefonía celular o radio-transmisores no son fácilmente accesibles. Además, los viajes de ida y vuelta para ir a buscar las piezas son muy demorados y costosos. Por todos estos motivos, es recomendable y muy saludable abrir, sin ninguna excepción, todas las cajas que contengan materiales adquiridos y entregados por los proveedores antes de enviarlas a campo. Esto es muy importante ya que es la única manera de verificar si lo que contienen corresponde realmente a lo adquirido o a lo que el proveedor dice. No se puede confiar ni en los vendedores más experimentados y sino se hace una previa verificación es muy probable que ocurran serios contratiempos cuando las faltas sean notadas en campo. A este respecto, una buena medida es que las cajas a ser transportadas, después de ser atentamente chequeadas, tengan una lista adherida externamente describiendo lo que realmente contienen.

La cuestión de los equipamientos, accesorios y otros materiales dispuestos en la propia localidad es de vital importancia para llevar a cabo la transferencia tecnológica y, junto a ello, garantizar la sostenibilidad de la tecnología. Por esta razón, durante la planificación de las acciones, se debe considerar seriamente en la organización de un pequeño almacén de piezas de reposición para que sean utilizadas por los técnicos locales. Este recinto debe contener materiales básicos como tornillos, soportes, cinta aislante, atadores, etc. También deben constar lámparas de repuesto, algunos controladores electrónicos e inversores y una caja que guarde las herramientas básicas de un electricista y un multímetro o polímetro. Alguna persona

designada por la comunidad tendrá que llevar el control de este almacén. Esta importante providencia también debe ser tomada en cuenta durante la determinación del costo del proyecto.

Para facilitar el proceso de transferencia tecnológica a los usuarios fotovoltaicos en lo referente a las instalaciones eléctricas internas en corriente alterna, es recomendable utilizar cables de dos colores e independientes. La utilización de cables mellizos o paralelos de un solo color dificulta el montaje y puede ocasionar errores al momento de realizar los empalmes y derivaciones. Por otro lado, para tener una idea más aproximada de la cantidad de cable a ser utilizado en estas instalaciones, con anticipación deben ser obtenidas las dimensiones externas de las viviendas. Poseyendo estas dimensiones y teniendo la información del número de habitaciones se tendrá una estimativa más acertada de la cantidad de cable a ser adquirido y transportado a campo.

Otra cuestión de particular importancia relacionada con las instalaciones en corriente alterna es la calidad de los inversores cc/ca utilizados. Estos pueden generar interferencias electromagnéticas que van a impedir la captación de emisoras de radio principalmente en las transmisiones en AM. Los controladores de carga y otros dispositivos y accesorios también deben haber pasado por un riguroso control de calidad antes de ser trasladados a campo. Tal como muchísimos proyectos en diversos lugares del mundo lo demuestran, la calidad de los equipamientos electrónicos y otras piezas fundamentales constituyentes de la tecnología determinará la durabilidad y la consecuente sostenibilidad de la acción.

Mientras no existan las personas o instituciones públicas o privadas que se responsabilicen por el mantenimiento de la tecnología, es de suma importancia que una vez realizada la transferencia existan en el propio local los recursos humanos capacitados para llevar a cabo los trabajos preventivos rutinarios. Por este motivo, la formación de técnicos locales debe ser considerada seriamente como una de las más importantes actividades a ser desarrolladas en campo. Pero la materialización de la misma se reflejará en el aumento de los costos, en una mayor inversión de tiempo y en una planificación pedagógica que integre personas preparadas en estos menesteres y que sepa aprovechar las potencialidades locales. Es por este motivo que los proyectos deberían integrar esta actividad designándole una parte del presupuesto.

Dado que la tecnología a ser transferida debe adaptarse al medio, se debe tener en cuenta que las viviendas amazónicas por lo general están aisladas y protegidas por los árboles y, además, tienen techos de dos aguas muy amplios construidos con hojas de palmeras o planchas acanaladas de asbesto o zinc. Las habitaciones son altas y sin paredes que formen cuartos aislados; es decir, tienen una construcción interna mínima siendo que la apariencia general de la vivienda es la de un parasol. Por otro lado, estas tradicionales viviendas enfrentan muy bien la excesiva radiación solar y la alta humedad, por tal motivo, la sombra y el movimiento del aire son los factores que en gran medida determinan su forma. Estas particularidades obligan a un diseño adecuado de las casetas para baterías, a definir la fijación de los generadores fotovoltaicos y a efectuar una buena distribución de las luminarias y tomacorrientes así como a escoger la mejor ruta para los cables en las instalaciones eléctricas internas.

En la selva amazónica lo que importa no son las paredes gruesas para detener los rayos del sol y la transmisión del calor sino que las construcciones sean ligeras con el objetivo de responder con rapidez a cualquier cambio de temperatura. Por este motivo estas edificaciones están totalmente expuestas al aire, incluyendo la parte inferior del piso, por lo que son construidas sobre palafitos. Junto a ello, la vivienda también está adaptada para la convivencia de la sociedad y la familia extensa propia de la cultura amazónica. Estas casas responden muy bien a las condiciones de los lugares más insalubres donde abundan los mosquitos y otros tipos de alimañas. Adicionalmente, estas viviendas están preparadas para soportar las peculiares condiciones de la época de creciente donde las aguas inundan todo. Por tales razones, la transferencia tecnológica debe respetar la cultura local y no crear bruscos cambios y trastornos que acabarán manifestándose en el rechazo de la tecnología.

COMENTARIOS FINALES

Como es sabido, la transferencia tecnológica envuelve diversas cuestiones muchas de las cuales anteceden al proceso de implantación de la tecnología en la propia comunidad. En la Amazonía esta problemática asume una mayor complejidad dada las peculiaridades geográficas de esta región. Las enormes distancias, el transporte exclusivamente aéreo o fluvial y la dispersión de la población dificultan las acciones a ser desarrolladas en campo y el apoyo posterior. Es por este motivo que los usuarios de la tecnología se convierten en actores de primordial importancia. Al final de cuentas, son ellos los que al permanecer en la localidad en contacto directo y continuo con la tecnología tienen que enfrentar los diversos problemas que, al no ser solucionados, pueden poner en riesgo la sostenibilidad del emprendimiento.

Bajo esta perspectiva, la metodología de transferencia tecnológica aplicada en el proyecto desarrollado en São Francisco do Aiuçá en todo momento promovió la participación local. Esto comenzó desde las reuniones previas para definir las responsabilidades de los actores y las acciones iniciales para materializar el proyecto. Posteriormente los comunitarios ayudaron a desembarcar y almacenar los equipamientos y accesorios así como a apoyar en el montaje de los generadores fotovoltaicos, en la construcción de las casetas para las baterías y en las instalaciones eléctricas internas y externas. También se realizaron diversos cursos de capacitación dirigidos a la formación de un grupo de técnicos locales para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo básico.

Por medio de estas actividades se pudo constatar que la transferencia tecnológica en lo posible debería utilizar metodologías que aprovechen al máximo el entorno local y el etnoconocimiento existente. Tal como se verifica en otras realidades geográficas, la gran mayoría de la población amazónica rural es analfabeta o semi-analfabeta, por lo tanto, no será posible utilizar un lenguaje sofisticado o medios de transmisión de conocimientos muy complejos. No obstante, esta población aplica en su cotidiano un conjunto de saberes tradicionales que son el resultado de su contacto con la naturaleza. Esto constituye un bagaje riquísimo de conocimientos empíricos que pueden ser aprovechados ampliamente durante el proceso de transferencia tecnológica. De esta manera la metodología adoptada puede incluir diversas actividades y herramientas pedagógicas que por

analogía logren hacer entender el fundamento de variables o leyes físicas que aparentemente son muy difíciles de ser explicadas a personas iletradas (Morante *et al.*, 2006).

Sin embargo, la sostenibilidad de todas estas acciones no puede prescindir del respaldo continuo de personas o instituciones actuantes en la localidad. Tal vez en el futuro, cuando las empresas concesionarias o las alcaldías locales asuman un importante protagonismo, disminuya la importancia de la participación local. Pero como este hecho aún no se ha materializado, presumiblemente la inclusión de esta participación continuará por mucho más tiempo. Es por este motivo que las ONG's, las universidades y otras instituciones privadas o gubernamentales que realizan actividades de fomento al desarrollo local pueden constituirse en aliados fundamentales en la transferencia tecnológica. Estas potencialidades tendrán que ser reconocidas y de alguna forma integradas hasta en las iniciativas de las propias empresas de energía eléctrica que actúan en la Amazonía.

A pesar del avance de la civilización y de la consecuente devastación de los bosques, muchas poblaciones aún permanecerán ocupando el espacio amazónico. Los movimientos nacionales e internacionales de defensa y protección del medio ambiente en el contexto de la coyuntura mundial cada vez más presionarán para conservar esta región. En esta perspectiva, las nuevas tecnologías de generación de energía eléctrica basadas en fuentes renovables adquirirán mayor importancia. Pero para que la transferencia tecnológica tenga éxito y estas tecnologías sean adoptadas eficazmente, es necesario que las políticas públicas sean el resultado de una amplia visión. En resumidas cuentas, estas deben incluir diversos aspectos del desarrollo sostenible teniendo como pilares la existencia de seres humanos en un medio ambiente que se ha tornado vital para la sobrevivencia de la humanidad.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al apoyo de los Ministerios de Minas y Energía y de Ciencia y Tecnología del Brasil a través de los fondos sectoriales CT-Energ/MME/CNPq, del Instituto de Desarrollo Sostenible Mamirauá (IDS-M/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

- ANEEL (2003). Resolución N° 223 del 29 de abril de 2003, Agencia Nacional de Energía Eléctrica del Brasil (ANEEL).
- ANEEL (2004). Resolución Normativa N° 83 del 20 de setiembre de 2004, Agencia Nacional de Energía Eléctrica del Brasil.
- Mocelin, André; Roberto Zilles & Federico Morante (2006). Instalações fotovoltaicas domiciliares em comunidades que possuem geradores a Diesel. In Memórias del XI Congreso Brasileño de Energía, XICBE, COPPE/UFRJ, Río de Janeiro, Vol. I, pp. 363-374.
- Mocelin, André; Roberto Zilles & Federico Morante (2007). Resultados operacionais da implantação de sistemas fotovoltaicos domiciliares de acordo com a Resolução ANEEL N° 83/2004. In Memórias del I Congreso Brasileño de Energía Solar, I CBENS, Fortaleza,
- Mocelin, André Ricardo (2007). Implantação e Gestão de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares: Resultados Operacionais de um Projeto Piloto de Aplicação da Resolução ANEEL N° 83/2004. Tesis de maestría, Programa Interunidades de Postgrado en Energía de la Universidad de São Paulo, São Paulo, Brasil 133 p. Documento disponible en la siguiente dirección electrónica: http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2007/Teses/Tese_Andre.pdf
- Morante, Federico; André Mocelin & Roberto Zilles (2006). Capacitación y Transferencia Tecnológica: su importancia en la sostenibilidad de los proyectos basados en tecnología solar fotovoltaica. In AVERMAS, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Edición especial de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, ASADES, Volumen 10, Tema 12, artículo 1. ISSN 0329-5184
- 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 Congreso Brasileño de Energía, XICBE, COPPE/UFRJ, Río de Janeiro, Vol. II, pp. 1031-1042.

ABSTRACT: The implantation of projects in Amazonian communities acquires particular characteristics due mainly to the great distances to be overcome and to the dispersion of the communities. This leads to the logistic establishment of an appropriate one that takes into account all the details of acquisition, transports, storage and installation of equipment as well as mechanisms of management that guard by the sustainability of the enterprises. At the same time, in these zones the qualification and the consequent formation of local technical personnel assume great importance due to the enormous difficulty for the transfer of specialists who generally live in the cities. In this article problematic one is discussed this using originating data of the denominated project "*Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares*" implanted in the community of São Francisco do Aiucá, located in the state of Amazon, in Brazil. The main objective is to spread some acquired knowledge that can offer technical subsidies to the technological transfer of photovoltaic's systems and to the elaboration of public policies directed to the Amazonian population.

Keywords: Amazon communities, technological transfer, solar photovoltaic technology and sustainability.