

## LECCIONES APRENDIDAS EN ELECTRIFICACIÓN RURAL<sup>1</sup>

Cadena<sup>2</sup>, C; Barcena, H; Caso<sup>3</sup>, R; Fernández<sup>4</sup>, C; Suligoy<sup>5</sup> H.

INENCO<sup>6</sup> - Universidad Nacional de Salta

Av. Bolivia 5150 – 4400 Salta- Argentina

Te/Fax 54 - 387 – 4255489; cadena@unsa.edu.ar

**Resumen.** Existen en Salta, al menos en las que tuvo participación el INENCO, instalaciones fotovoltaicas, que funcionaron desde principios de los ochenta. Si se tiene en cuenta, las características de la región en cuestión, solo por mencionar el stress térmico de los materiales, el ataque de la radiación ultravioleta, o el persistente viento en algunos sitios de la Puna, no es poco tiempo. Sin embargo, y debido probablemente entre otras razones, a una estrategia inadecuada en la transferencia de la tecnología solar en general y de los módulos FV en particular, la utilización masiva de la isma, se viene postergando año tras año. Se presenta primeramente, y a modo de ejemplo algunas reflexiones referidas a instalaciones que en su momento fueron integradas desde el punto de vista de la tecnología solar, y donde la componente fotovoltaica no resultó trascendente, y a continuación una de las más recientes, que tiene casi tres años de funcionamiento, en el Departamento de Iruya, en la provincia de Salta donde sin bien el objetivo del proyecto fue el de la investigación de la trasferencia de tecnologías, mucho más allá de lo meramente técnico, los equipos en general funcionan aceptablemente. Se puede decir que a pesar de que no existen recetas o fórmulas que aplicar tal cual lo haría un alquimista, es factible reconocer ciertas acciones que permiten llevar adelante la inserción de la tecnología con el menor impacto.

**Palabras clave:** energía solar, trasferencia, fotovoltaico, sostenibilidad

### INTRODUCCIÓN

Entre las principales dificultades encontradas, se puede mencionar que en términos generales, la gente piensa que el costo total del SFV es aún muy alto, y es imposible acceder al mismo, aún haciendo hincapié desde nuestra perspectiva, en el hecho que su vida útil, casi sin mantenimiento es muy prolongado. Esto en sí mismo representa un escollo casi insalvable para la generalidad de los hogares rurales, que tampoco tienen acceso a las líneas de créditos tradicionales. Si bien existen intentos desde el estado, la política aplicada no ha sido la de fomentar su uso o al menos un apoyo sostenido.

Por otra parte, es muy claro que pese a los esfuerzos realizados desde las instituciones (formales o no), en la formación de recursos humanos, los servicios de mantenimiento y de reparación locales o regionales son mínimos, probablemente por un desentendimiento estatal en el tema, o bien por la falta de motivación económica de los técnicos.

En general en las zonas rurales existe la denominada “pre electrificación”, fundamentalmente por el hecho que el uso del SFV está circunscrito sólo a iluminación, y desde luego que en esas circunstancias, no se pueden decir las cosas de otra manera, ya que existen pocas (salvo algunas excepciones regionales) aplicaciones sociales (escuelas y puestos sanitarios), ni mucho menos productivas, y esto está muy ligado con los aspectos económicos y falta de acceso al crédito. Pese a que no se puede minimizar como objetivo, la instalación de energías renovables en locales como un puesto de salud, ya que la experiencia indica que todo funciona mejor allí después de su instalación. Finalmente se puede mencionar que si bien la opción de que cada usuario sea su propio técnico, la capacitación al mismo, es en todos los casos muy superficial.

Para los casos que nos ocupa primeramente, se trata de sitios en las provincias de Salta y Jujuy, donde se instaló un paquete energético importante que consta de acondicionamiento bio climático, agua caliente y electricidad y finalmente un sitio donde se colocó una planta de bombeo para proveer agua para actividades de pastoreo. Las figuras 1, 2, 3, y 4 muestran los sitios donde se instalaron los diferentes equipos con resultados diversos y con dependencia o grados de responsabilidades no muy precisados desde un comienzo. Distinto fue el caso de las localidades de San Isidro y Rodeo, que como tantas otras, son pequeñas poblaciones, que no obstante su inaccesibilidad, son cercanas a Iruya, y allí la sostenibilidad del proyecto fue tomada desde un principio como una premisa de trabajo. Este hecho marcó por sí mismo, el camino que debe realizarse para las actividades de mantenimiento y supervisión: en la etapa de realización del proyecto, se realizaron talleres y cursos, destinados a pobladores y responsables, a los efectos que su dependencia fuese lo menor posible de los núcleos urbanos, salvo por razones de fuerza mayor.

<sup>1</sup> Parcialmente financiado por CIUNSA. Una referencia es al proyecto internacional OEA AR071(Dir. Grossi, H. y Castel, M.E.)

<sup>2</sup> Responsable de la ejecución técnica del proyecto. CONICET

<sup>3</sup> Profesional de CONICET

<sup>4</sup> Técnico UNSA

<sup>5</sup> Profesional de CONICET

<sup>6</sup> Instituto UNSA-CONICET

También cabe, en el mismo sentido, una visión diferente de las cosas, pero ahora desde la perspectiva del usuario, donde se puede decir que busca: lo más económico, lo menos incierto, las soluciones prácticas y rápidas. Es natural que proceda así, pues tiene muy poco dinero dado que sus ingresos son escasos, no tienen acceso al crédito, en su mayoría la tierra no está escriturada a su nombre, es en cierta forma desconfiado pues no entiende la tecnología fotovoltaica, no tiene acceso a la información ni a los cursos de capacitación, etc; y como la mayoría de la gente, inclusive la de las ciudades, busca lo práctico, y no desea esperar más, pues está cansado de las falsas promesas electoralistas que lo dejaron postergado por varias generaciones, que nadie se interesó, al menos en el ámbito provincial, por los habitantes de las zonas rurales.



**Figura 1: bombeo de agua en San Antonio de los Cobres**      **Figura 2: puesto sanitario en Castro Tolay (Jujuy)**

### OBJETIVOS PLANTEADOS

En líneas generales los primeros proyectos en los que intervino el INENCO fueron planteados como experiencias demostrativas en general del tipo térmico pero también de la tecnología solar fotovoltaica. La planta de bombeo, de la figura 1, colocada en el marco de un convenio con la provincia de Salta vigente en esa época, fue instalada a unos 40 km al norte de la localidad de San Antonio de los Cobres. Constaba de un conjunto de módulos de 1KWp, y una motobomba sumergible, y funcionó una temporada, hasta que el vandalismo la dejó fuera de servicio. Probablemente el hecho que si bien existía una comunidad beneficiaria, y un ámbito municipal donde se instaló físicamente el proyecto, la falta de accesibilidad del sitio y la falta de identificación del organismo responsable del proyecto, conspiraron para que fracasase.

Diferente fue el caso del puesto sanitario de Castro Tolay, figura 2, donde el aspecto central del proyecto fue el acondicionamiento térmico del local, dado que es una zona de clima muy riguroso en invierno y frío en la mayor parte del año, como así también la provisión de agua caliente, ocupando la parte eléctrica un papel secundario. No obstante, los dos módulos de 45WP instalados, fueron empleados sistemáticamente para iluminación, incluso sirvieron como centro de cargas (no declarado) de baterías de plomo ácido en la zona, y funcionaron satisfactoriamente muchos años. Puede decirse que los objetivos propuestos se consiguieron largamente, y el servicio mejoró claramente sus prestaciones, ya que tanto médicos como agentes sanitarios



**Figura 3: casa en Abra Pampa, al norte de la provincia de Jujuy**

mejoraron su frecuencia de atención en el lugar, y tanto la temperatura en el interior del mismo, como el servicio de provisión de agua caliente es siempre adecuado. El equipamiento térmico continúa funcionando, mientras que una decisión política hizo que se levantara prematuramente el eléctrico, aunque en la actualidad posee suministro, provisto por la empresa privada que posee la concesión del servicio disperso.

En otros casos, como el de la figura 3, y al igual que en caso del puesto sanitario, la parte térmica fue lo relevante por las excelentes prestaciones del sistema, y el servicio eléctrico pasó desapercibido. En general, la década de los 80 y principios de los

90, se caracterizaron acciones muy concretas de transferencia de tecnologías, pero en la mayoría de los casos sin acciones sostenidas de mantenimiento, sobre todo en el servicio eléctrico. En la figura 4 se muestra una casa en los Valles Calchaquíes, donde como en la mayoría de los casos, el funcionamiento de la parte térmica después de veinte años es el adecuado, mientras que el servicio eléctrico fue abandonado.



Figura 4: casa en lo Valles Calchaquíes (Salta), acondicionada térmicamente

A diferencia de los casos anteriores planteados, y con la identificación en al menos dos comunidades rurales aisladas, se diseñaron instalaciones para las localidades citadas precedentemente. Ambas son representativas del bajo índice de desarrollo humano de la zona, en las cuales el suministro de energías renovables y limpias puedan contribuir a su desarrollo sustentable, promoviendo actividades productivas.

Dentro de las actividades principales realizadas al inicio del programa, se puede mencionar la realización de un diagnóstico del estado del desarrollo de cada comunidad y una identificación de las principales actividades económicas y recursos renovables disponibles, como así también sus productos y servicios existentes y potenciales, el análisis del uso de las energías renovables y el diseño de sistemas de abastecimiento energético, como así también la capacitación a pobladores a través de seminarios y talleres, elaborando materiales didácticos e instruccionales, también de seguridad del personal usuario y equipos, facilidad de uso (conectar y usar), seguridad de la red y calidad de la energía.



Figura 5: participación de la comunidad en el salón



Figura 6: instalación alumbrado público

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INSTALACION

Conviene realizar un detalle de las instalaciones de ambas localidades, poseen características técnicas similares ya que los requerimientos, al menos los de tipo eléctrico fueron al momento de la realización de las encuestas, muy parecidas. Por este motivo, la potencia instalada en cada una de ellas es de 600WP, y la capacidad de acumulación de los bancos de baterías de 1760Ah. Esta energía eléctrica se utilizará fundamentalmente para iluminación y actividades recreativas en los centros comunitarios, aunque también está prevista la instalación de un pequeño refrigerador para la conservación de vacunas y/o muestras para análisis clínicos. El resto de la energía eléctrica, está destinada fundamentalmente a cubrir necesidades de iluminación, TV, video y demás requerimientos del puesto de salud como iluminación concentrada y de más potencia, nebulizador, otros pequeños artefactos eléctricos, etcétera. No estuvo previsto desde un inicio la instalación de energía en domicilios particulares.

Se puede agregar que los requerimiento energéticos del tipo térmico fueron fundamentalmente los colectores para agua caliente para ser usados en baños públicos y lavaderos comunitarios de ropa. Los mismos producen aproximadamente unos 500 litros por día en cada sitio. También se solicitó con algunas restricciones, quizás por desconocimiento (o por resistencia de los usuarios), un sistemas de cocción comunitaria de alimentos.

Para el caso de la localidad de San Isidro, se solicitó a posteriori, también la provisión de energía para una radio comunitaria de tipo FM que funciona en el lugar, desde sus orígenes la misma funcionó con la recarga de las baterías en Iruya con los imaginables problemas que esto acarrea. La potencia producida de manera independiente por los subsistemas, llevó a la utilización de bancos de reserva de acumulación excesiva, con el consecuente inadecuado uso de los recursos disponibles, por otra parte también resultó difícil de coordinar las actividades de mantenimiento cuando no quedan delimitadas las tareas y difusas las responsabilidades.

En otro orden de cosas los integrantes de comunidad participaron activamente del armado de la instalación en el local del “centro”, donde se realizan numerosas actividades sociales, y del alumbrado público, tal como se observa en las figuras 5 y 6. Conviene resaltar el hecho que para todas las actividades los usuarios se mostraron muy solícitos a colaborar con el armado de las instalaciones y a recibir las actividades de capacitación que se les fue proponiendo.

## METAS ALCANZADAS

En la tabla 1 se observan los valores de los parámetros característicos medidos aproximadamente cada seis meses, en algunos casos con la colaboración de algún responsable, y realizando comunicaciones a través del radio transmisor del lugar, en períodos que van, inclusive más allá de la duración del proyecto, y con costas a otros proyectos que surgieron con posterioridad. Se consideró que los seleccionados, eran los más objetivos desde el punto de vista estrictamente técnico del proyecto. Probablemente se pueda con el tiempo encontrar otro tipo de indicadores que no estén relacionados a estos aspectos.

Puede notarse que en general en esta instalación (San Isidro) el funcionamiento fue el esperado, y los consumos eléctricos están de acuerdo a lo previsto. En estos años de funcionamiento, los sistemas nunca dejaron de funcionar, y solamente hubo un período de tiempo, muy breve en el que algunas lámparas no funcionaron, cuando esto sucedió fueron reemplazadas a la brevedad. No sucedió lo mismo en la otra localidad: las baterías estaban siempre sobrecargadas, aparentemente por un déficit en el consumo eléctrico, producto probablemente de la falta de consenso en el tipo de equipos a instalar. Producido un problema similar con las luminarias, la falta de comunicación con los responsables del proyecto, provocó que por meses, los equipos estuvieran sin uso.

Es de remarcar que las luminarias del alumbrado público si bien no fueron solicitadas en la etapa de “diagnóstico de necesidades del proyecto”, probablemente debido a que existía una instalación con un generador diésel que proporcionaba energía para el alumbrado público, resultó a posteriori como de suma utilidad, y el obsoleto equipo ya no se utiliza, también debido al costo del combustible, y a lo incómodo de su transporte. No obstante ello, las líneas eléctricas son independientes.

fecha	V reg (V)	VEntrada Inv. (V)	V salida Inv. (V)	Func. Alum. Pub.	Func. Purif.	Func. Lumin.
Dic-02	13,6	13,5	225	----	----	correcto
Jun-03	13,4	13,3	225	----	----	Reemp lum
Dic-03	13,4	13,3	224	Correcto	----	Correcto
Jun-04	13,3	13,3	222	Correcto	Correcto	Correcto
Dic-04	13,2	13,3	220	Correcto	Correcto	Correcto
Jun-04	13,2	13,3	220	Correcto	Correcto	Correcto

**Tabla 1: algunos de los parámetros medidos**

Con respecto a las luminarias, las mismas se adquirieron y fueron instaladas con muy pocas modificaciones teniendo en cuenta las características de las luminarias de bajo consumo. Afortunadamente hasta la fecha, no fueron objeto de vandalismo, a diferencia de las de uso convencional que fueron sistemáticamente atacadas.

Los reflectores de luminarias de los locales, fabricadas en aluminio de alta reflectividad, en los talleres del INENCO, se adaptaron perfectamente a su, pero las lámparas tuvieron inconvenientes en su mayoría debido a problemas en el convertidor y casi la totalidad de ellas fue reemplazada por lámparas de otro tipo, más confiable. Es probable que se plantee la necesidad de implementar un fondo de reserva para su reemplazo al final de su vida útil.

El purificador de agua que funciona con lámparas UV fue instalado en las escuelas de ambas localidades en la fase final del proyecto y a pesar de su elevado consumo eléctrico, pues si bien las lámparas propiamente dichas son de 40 vatios, funcionan con un bombeador que no es el que más se adapta. Pese a todo su instalación resultó un éxito, pues disminuyeron notoriamente las enfermedades gastro-intestinales en la región aunque no se cuenta a la fecha con las estadísticas como para informarlo. Este equipo representa “lo clásico” no solicitado por los lugareños, probablemente porque se desconocía su existencia.

En la figura 7 se observa la evolución de uno de los bancos de baterías, donde se destaca que disminuye lentamente tanto la tensión, como la densidad del electrolito de las mismas. Al respecto se puede decir que como la densidad es un reflejo de la capacidad almacenada, probablemente esté disminuyendo.

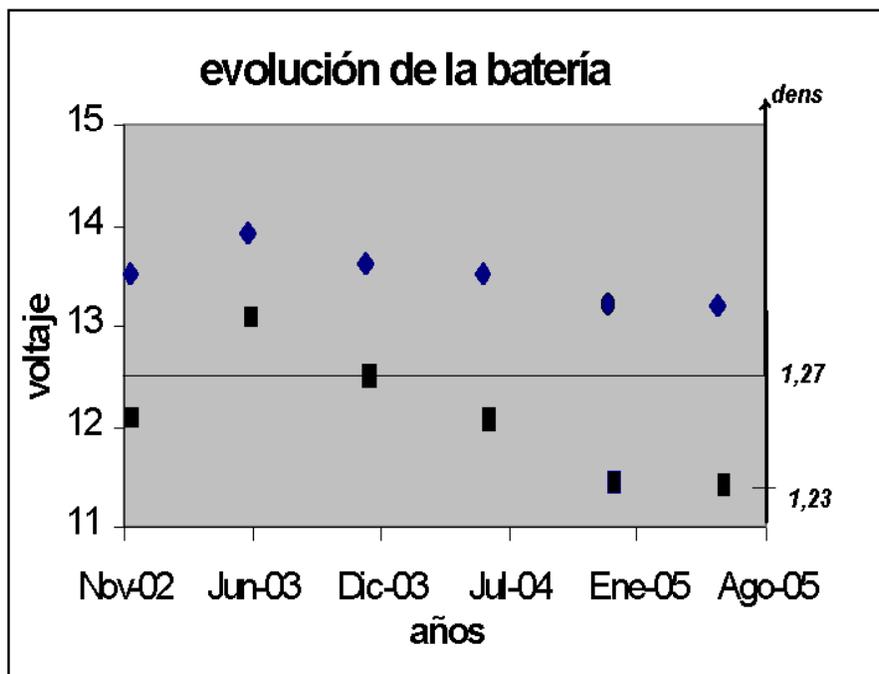


Figura 7: evolución del banco de baterías

Se puede decir que en términos generales, el resultado (al final del proyecto tal como fue concebido) es el esperado, debido que existe en el lugar, una mejor organización comunitaria para el trabajo productivo sustentable, con tecnologías de energías renovables, requisito imprescindible para la continuación de proyectos. También y por otra parte la aparición en el escenario de gobiernos locales o regionales sensibilizados o que al menos que se interesan de manera diferente en el tema y que podrían aprovechar la oportunidad para poder contar con un “Modelo Replicable de Desarrollo Humano Sostenible en el Sector Rural”. Queda como tareas a realizar, la de poner en funcionamiento un “Núcleo Comunitarios de Desarrollo Humano Sostenible” y el identificar la forma de obtener recursos propios integrados a líneas productivas, esta será una tarea no menor pero en el marco de otro tipo de proyectos.

## CONCLUSIONES

Si bien como se planteó antes, no hay recetas en la transferencia de tecnología, la experiencia adquirida en el marco de este proyecto, abrirá las puertas para que en el futuro no se repitan cierto tipo de errores. El trabajo previo con la comunidad con profesionales del área social aportó mucha información a cerca de sus necesidades, pero estas acciones deben tener necesariamente un “ida y vueltas con los responsables del área técnica” y con decisiones consensuadas. Esto ayudará a que los usuarios finales se apropien de la tecnología. En igual sentido se deben idear los mecanismos para transmitir la mayor cantidad de conocimientos posible con todo el arsenal de medios con que se cuente sin subestimar la capacidad de los actores que participen. Buscar su organización para fortalecer la sostenibilidad, entendiéndose que si el proyecto no es sostenible en el tiempo, no cumplió sus objetivos. Por considerar un ejemplo mínimo: la inclusión de dispositivos para producir agua destilada, sumado a la explicación de su funcionamiento y a la importancia del líquido en la durabilidad del sistema significó un gran avance. De allí el papel tan importante de la capacitación, que deberá ser considerado como un bien muy preciado, pues colaborará con las tareas de mantenimiento.

Es de destacar el rol de los actores con consenso social más allá de su área específica de formación profesional, como en cada equipo de trabajo, debe existir algún integrante con habilidades especiales para el contacto y la capacitación.

Es frecuente ver a los lugareños colaborando en el recambio de las luminarias del salón comunitario por una lado, lo que permitió ahorrar tiempo o recursos, pero además fue utilizado en la capacitación, y por otro en las tareas de verificación del estado de carga de las baterías en este caso en el centro de salud y por parte del agente sanitario. De la comparación inevitable entre ambas localidades surge que pese a que una de ellas existía previamente un sistema fotovoltaico en la escuela, se produjeron fallas en la comunicación entre los actores, probablemente pues no estaba claro quién era el interlocutor, y este hecho tiene mucha influencia en las actuales actividades.

También resulta muy útil reconocer la existencia de los diferentes actores, tal como está planteado en el esquema de la figura 8, como una interrelación dinámica, donde el aporte de cada uno de ellos mejora el proyecto. En ese sentido, se tomaron experiencias previas de la zona y por ejemplo, cada una de las alternativas planteadas para la distribución de la energía utilizadas, tuvo sus ventajas y factores negativos: la interconexión de los tres subsistemas con cableado exterior resultó muy vulnerable frente a las descargas atmosféricas por un lado, y el consumo si bien esporádico pero descontrolado en las actividades del salón comunitario produjeron en general inconvenientes. Estos son temas de discusión que no pueden ni deben ser dejados de lado.

Finalmente es para mencionar que imprescindible la inclusión en el presupuesto general de un rubro, no-inferior al 5% para la realización de las visitas periódicas post instalación, ya que mucho proyectos comienzan después de la instalación propiamente dicha de los equipos y se pueden justificar plenamente, ya que en los hechos el seguimiento nunca se acaba.



**figura 8: interrelación de los actores**

## BIBLIOGRAFÍA

- Wilkins Gill. (2002). "Technology transfer for renewable energy". Earthscan. London.
- Cabral A; Cosgrove Davies, M. (1996). "Best practices for photovoltaic household electrification programs: lessons for experiences in selected countries". World Bank technical paper. N° 324.
- Cadena, C. (2004). "Informe final OEA: Energización de centros comunitarios en zonas rurales". Documento interno de OEA.
- Cadena, Caso, Lesino y otros. (2004) "Energía solar para San Isidro" AVERMA VOL 8.
- Cadena y Javi. (2004). "Transferencia de equipos que funcionan con energía solar en el Departamento de Iruya AVERMA VOL 8.
- Capalbi, O., Garkus, D., Cadena, C. (1990). "Instalaciones fotovoltaicas en el NOA. Segunda etapa". Revista de ASADES 89, Tomo 1, pag 169.
- Capalbi, O., Cadena, C., Saravia, L. (1990). "Instalaciones fotovoltaicas en el NOA", Revista de ASADES 88, Tomo 1, pag. 73.
- G. Chiarito, R. Caso, G. Lesino y L. Saravia. (1984). "Mediciones del Puesto Sanitario de Abdon Castro Tolay". Actas de la 9a. Reunión de Trabajo de Energía Solar, San Juan, pp. 286.
- G. Lesino, R. Requena, L. Saravia, E. Fontanilla, R. Echazu y A. Canelada. (1981). *Edificios solares en la Puna: Estado de avance de su construcción y monetización*. Actas de la 7a. Reunión de Trabajo de Energía Solar, Rosario, pp. 138.
- L. Saravia, G. Lesino, R. Requena, L. Cardon, C. Gramajo, E. Jimenez, F. Guerrero, E. Fontanilla, L. Castro Padula y R. Falu. (1981). "Estudio del bioclima y de la vivienda rural tradicional en el Noroeste Argentino". Actas de la 7a. Reunión de Trabajo de Energía Solar, Rosario, pp. 1