

# **Relevamiento técnico-social de escuelas rurales aisladas de la provincia de Córdoba electrificadas mediante sistemas híbridos de energías alternativas**

Agotegaray, Juan Carlos  
Pleitavino, Guillermo  
Pinzón Montes, Andrea  
Prado Iratchet, Susana

Documento de trabajo

DT IDEI 1 -2018

**UNGS - IDEI**

**Publicaciones  
IDEI  
Documentos  
de trabajo**

**IDEI**  
Instituto de Industria

Universidad Nacional  
de General Sarmiento



# Relevamiento técnico-social de escuelas rurales aisladas de la provincia de Córdoba electrificadas mediante sistemas híbridos de energías alternativas

**07/03/2018**

Agotegaray, Juan Carlos  
Pleitavino, Guillermo<sup>1</sup>  
Pinzón Montes, Andrea  
Prado Iratchet, Susana

**IDEI**

*[Energía para el desarrollo sustentable]*

[jcagotega@ungs.edu.ar](mailto:jcagotega@ungs.edu.ar)

[guillermopleitavino@hotmail.com.ar](mailto:guillermopleitavino@hotmail.com.ar)

[apinzon@ungs.edu.ar](mailto:apinzon@ungs.edu.ar)

[miratchet@ungs.edu.ar](mailto:miratchet@ungs.edu.ar)

---

<sup>1</sup> Sociólogo. Maestrando de la Maestría en Economía Social de la UNGS.



**[Abstract:** En este documento se presentan los resultados del trabajo de campo realizado en escuelas de zonas rurales de la Provincia de Córdoba que fueron electrificadas en el marco del Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER), empleando energías alternativas.

La propuesta de investigación se orientó a indagar sobre dos grandes aspectos:

*Influencia que tiene la electrificación de escuelas en la economía de la comunidad.*

*Relevamiento técnico de los equipos de generación eléctrica.*

Este trabajo está enmarcado dentro del proyecto de investigación de la Universidad Nacional General Sarmiento *Estudio y análisis de fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica en aplicaciones residenciales y rurales, su diseño, el control de su calidad y eficiencia, (CI: 30/4069; 01/04/2014 al 31/03/2018)*. La financiación se realizó mediante el proyecto *Impacto en las comunidades por la electrificación en escuelas rurales aisladas, su análisis económico-social y el estudio de otras fuentes de generación*, de la convocatoria de Servicios a Terceros de Vinculación y Transferencia Tecnológica 2014: “Capacidades Universitarias para el Desarrollo Productivo” Amílcar Oscar Herrera. Proyecto desarrollado en la UNGS con financiamiento de la Secretaría de Políticas Universitarias, entre los años 2015 y 2016.

Se realizó el relevamiento de las características de los aerogeneradores de baja potencia instalados, de cómo se lleva a cabo su mantenimiento (modalidad de realización, actores intervinientes, dificultades que presenta). Se analizó el grado de conocimientos sobre el proceso de generación de energía de los responsables de las escuelas, en particular, sobre el funcionamiento y mantenimiento del aerogenerador. Finalmente, se reflexionó sobre las prácticas e instituciones económicas generadas en las escuelas rurales a partir de la electrificación.

A continuación se muestra parte del estudio realizado, iniciando con un marco contextual, luego los datos relevados del trabajo de campo en las escuelas rurales y las conclusiones derivadas del mismo. ]

**[Palabras clave:** energías, aerogeneradores, eólica, solar, rural]

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tecnología es una herramienta fundamental en la educación formal porque facilita que los estudiantes tengan acceso a las mismas posibilidades acortándose las brechas culturales. Para garantizar el uso de tecnología es necesario disponer de energía eléctrica que permita cubrir necesidades elementales como la iluminación en las aulas, el abastecimiento de agua, y la alimentación de los equipos, principalmente computadoras y módems de internet.

En la Argentina existen zonas rurales donde las escuelas no tienen acceso a la electricidad. Estas áreas se caracterizan por una baja densidad poblacional y por la amplia dispersión territorial de sus habitantes. Una política estatal que pretenda extender la red eléctrica en éstas poblaciones podría ser eficaz, pero altamente ineficiente dadas las distancias a cubrir. El sector privado, tampoco encontraría interés en las áreas mencionadas. Por eso es importante la presencia del Estado con una adecuada política pública de fomento de la generación eléctrica por medio de fuentes alternativas. Existen tecnologías disponibles que posibilitan la generación distribuida; la de uso más extendido es el generador diesel y están creciendo las tecnologías con fuentes renovables como la solar, eólica y las hídras. (Grossi Gallegos y Atienza, 1994).

Proveer de energía eléctrica a toda una comunidad, mediante equipos de baja potencia (generalmente menos de 10 kW) mejoraría las condiciones de vida de la población, posibilitando el acceso a la iluminación, la comunicación e integrando a la comunidad a la red mundial (televisión, radio, internet) y eventualmente la utilización de algunas pequeñas herramientas eléctricas.

La provincia de Córdoba se incorporó al Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER)<sup>2</sup>, implementando un programa de electrificación con energías alternativas en 86 escuelas rurales ubicadas en áreas dispersas de la provincia, que tiene una potencia instalada total de 58kW, con equipos de 800W y 100W y una generación anual total de 104,94 MWh.

En el marco de este Servicio se hizo el relevamiento de las escuelas rurales que cuentan con equipos aerogeneradores y sistemas solares instalados, el estado de los mismos y su mantenimiento. Además se realizaron entrevistas al personal responsable de las escuelas. A partir de este trabajo de campo se analizó el impacto social y las ventajas que trajo consigo la implementación de los equipos en zonas aisladas de la red eléctrica.

---

<sup>2</sup> Proyecto financiado por el Gobierno Nacional y coordinado por la Secretaría de Energía de la Nación. Tiene como objetivo principal el abastecimiento de electricidad a la población rural carenciada de este servicio.

## **2. MARCO CONTEXTUAL**

Durante el año 2000, gran cantidad de Escuelas Rurales de la provincia de Córdoba no disponían de acceso a la red eléctrica, lo que ponía a los alumnos de esas escuelas en una situación de desigualdad educativa con respecto a niños y jóvenes de centros poblados; situación que también favorecía la emigración de estos niños y jóvenes. En ese marco, con la iniciativa de mandos medios de distintas áreas de trabajo del Gobierno Provincial, con la motivación de generar las mismas posibilidades de desarrollo en áreas rurales, se comienza a trabajar sobre un Proyecto que lleve Energía Eléctrica a las Escuelas. El primer paso fue relevar exhaustivamente cada escuela de la Provincia de Córdoba que no tuviera electricidad, datos inexistentes hasta el momento, llegando a un número superior de doscientas escuelas (200). Se decide priorizar a cien (100) escuelas ubicadas en los Departamentos del Norte de la Provincia, quedando así delimitada la Primera Etapa de Electrificación de Escuelas Rurales.

Para esta Primera Etapa se articula con el Ministerio de Educación de la Provincia, y es el Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Córdoba (MIPC), quien se hace cargo de la planificación, ejecución y financiamiento del proyecto. A esas alturas, y con conocimiento de cuántas y donde estaban ubicadas las escuelas, se descarta la extensión del tendido de red y se comienzan a analizar las Energías Alternativas como opción, tanto eólica como solar. El MIPC se asocia con el Colegio de Ingenieros de la Provincia de Córdoba (CIPC) solicitando apoyo técnico sobre sistemas de energías alternativas, ya que para ese momento no había personal formado dentro de la planta provincia. El Equipo de Trabajo, formado por especialistas del CIPC y por miembros del Área de Comunicaciones del MIPC, analiza los recursos naturales energéticos locales y determinan que para esta Primera Etapa lo más conveniente es utilizar paneles fotovoltaicos. Se diseña un “sistema estándar” en función de las necesidades de las escuelas (3 baterías de 200 Ah de 12volts, un inversor a 220 V de 500 W, para un sistema de 12 V), se electrifica la Escuela Orco Huasi a modo de Prueba Piloto. Teniendo las especificaciones y garantías de funcionamiento, se arma el pliego y se licitan equipos fotovoltaicos para 100 escuelas. Dicha licitación contempla la adquisición de los equipos, su instalación, y el mantenimiento durante dos (2) años.

Para las etapas siguientes, un equipo de especialistas que provienen del CIPC y del área de Comunicaciones de la Provincia, se encargan de diseñar y licitar las unidades estándar de electrificación para cada escuela, a la vez que van cumpliendo la función de control sobre la empresa proveedora (son los encargados de dar la aprobación técnica de la obra). A su vez, los pliegos indican que el mantenimiento de los sistemas estará a cargo de la empresa proveedora durante dos años, pasando a manos de la Provincia cumplido el plazo. En el 2008 se crea la Dirección de Energías Alternativas y Comunicaciones (DEAyC) dentro del MIPC, formada por especialistas del CIPC y personal del Área de Comunicaciones del MIPC, quien será encargada del mantenimiento de los sistemas y de la formulación de los proyectos futuros.

La experiencia de electrificación de escuelas rurales en la Provincia de Córdoba, cuenta hasta el momento con cuatro etapas diferenciadas. La Primera Etapa va del año 2000 al 2004, y en ella se electrificaron un total de 103 escuelas ubicadas en los departamentos del norte de Córdoba; se utiliza energía solar a través de la instalación de un sistema estándar de paneles fotovoltaicos y baterías. La Segunda Etapa se desprende de la primera, y consta de aprovechar el recurso eólico existente en el Departamento de Calamuchita, mediante la instalación de aerogeneradores en 17 escuelas rurales; el sistema estándar elegido fue de un aerogenerador Eolux<sup>3</sup> de entre 800-1000 W y un banco de ocho (8) baterías. La Tercera Etapa se emprende simultáneamente a la ejecución de la primera y segunda, focalizándose en Traslasierras (Departamentos San Javier, San Alberto, Pocho, Minas), electrificando un total de 36 escuelas con paneles fotovoltaicos, las especificaciones técnicas de los sistemas empleados son idénticos a la Primera Etapa, con algunas pequeñas mejoras fruto de la experiencia.

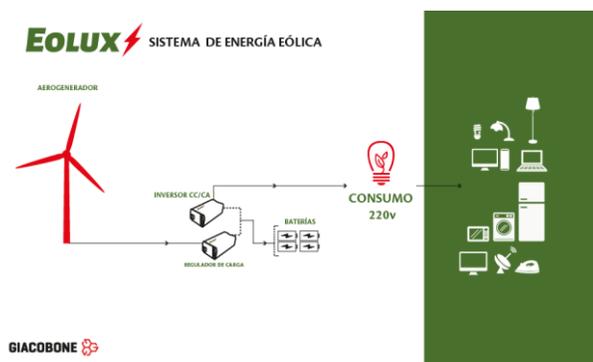


Figura 1. Sistema de energía eólica Eolux de la empresa Giacobone

Las Primeras tres etapas fueron financiadas totalmente por la Provincia de Córdoba. La Cuarta Etapa comienza a delinearse en el 2007 para comenzar a ejecutarse en el 2008, y se electrifican 86 escuelas (entre nuevas escuelas, escuelas repotenciadas, albergues de montaña repotenciados); las 15 escuelas repotenciadas con paneles fotovoltaicos corresponden a las escuelas de Calamuchita que poseen aerogeneradores, por lo que pasan a ser sistemas híbridos eólico-solar. Los fondos de la Cuarta Etapa corresponden a: 80% aportados por el PERMER (adquisición de equipos) y 20% a la Provincia de Córdoba (dirección técnica e instalación). Paralelamente a la electrificación de las escuelas, el equipo de trabajo de Comunicaciones desarrolla un proyecto para llevar radios UHF, y otro para instalar Internet Satelital. Para el año 2012, la totalidad de las escuelas rurales tenían instaladas radios UHF, pudiendo comunicarse cada una con la Sede de Inspección y con el grupo de trabajo encargado del mantenimiento de los sistemas de electrificación y de comunicación; para el mismo año, 300 escuelas tenían Internet Satelital. En el caso de los proyectos de comunicaciones (radios UHF-Internet satelital), la priorización no fue por área geográfica sino avanzando desde el perímetro al centro de la Provincia, priorizando

<sup>3</sup> Diseñado y desarrollado por la empresa Giacobone.

escuelas secundarias técnicas, escuelas secundarias anexos (más alejadas), escuelas primarias alejadas.

La experiencia de electrificación rural abordada en el presente trabajo, refiere a las 17 escuelas en donde se instalaron aerogeneradores en primera instancia y que se repotenciaron con paneles fotovoltaicos, conformando 17 experiencias electrificadas con sistemas híbridos eólico-solar.

### **3. PROBLEMÁTICA**

Un fenómeno que se quiere observar en las escuelas electrificadas es el rol de dicha institución en la comunidad de influencia. Si, al poseer electricidad, las escuelas empiezan a funcionar como centros de actividades comunitarias, si se alojan allí actividades referidas a la salud, la recreación, la comunicación con el exterior, como así también de actividades y prácticas económicas.

Las economías familiares que conforman la comunidad son economías rurales de subsistencia, basadas en la producción para el autoconsumo y el intercambio en pequeña escala de productos agroganaderos y sus derivados artesanales (carnes, horticultura, cueros, dulces, trabajos en arcillas y demás soportes, entre otros).

La propuesta de investigación está orientada a indagar sobre dos grandes aspectos:

*Influencia en la economía de la comunidad que tiene la electrificación de escuelas.*

*Relevamiento técnico de los equipos.*

Tomando los resultados del trabajo de campo realizado se analiza, desde el aspecto social, la generación de prácticas e instituciones económicas en las escuelas rurales, a partir de la electrificación mediante aerogeneradores de baja potencia, y la forma en que se organizan sus actividades económicas, que predominan en las comunidades rurales de la provincia de Córdoba sin acceso a las redes de electrificación. Desde el aspecto técnico, la cantidad de energía generada y consumida en las escuelas rurales en estudio, la cantidad de energía demandada por la escuela y la comunidad, lapsos y causas de interrupción en la generación de energía eléctrica, modelos y características de los modelos de aerogeneradores de baja potencia en funcionamiento, mantenimiento de los equipos (modalidad de realización, actores intervinientes, dificultades que presenta), y el grado de conocimientos sobre el proceso de generación de energía empleado y, en particular, sobre el funcionamiento y mantenimiento de los equipos.

#### 4. METODOLOGÍA PROPUESTA

Para la realización del trabajo de campo de este proyecto se contó con el apoyo de los siguientes referentes institucionales de la provincia de Córdoba:

- Director de Jurisdicción de Energías Alternativas y Comunicaciones. Gobierno de la Provincia de Córdoba: Ing. Guillermo Gimenez Yob.
- Subdirectora de Educación Media Rural: Prof. Cecilia Soisa.
- Proyecto Permer Córdoba: Omar Cura (PERMER)
- Directores/as de Escuelas

Mediante encuestas se relevaron las características técnicas de los aerogeneradores instalados en las escuelas, el grado de implementación del recurso, las dificultades para la sustentabilidad del equipamiento (problemas de capacitación, de personal idóneo, lejanías a centros poblados), la potencia real generada, el almacenamiento de la energía y la potencia realmente alimentada por el generador. También se analizó el cambio cultural que se ha producido en la comunidad, el grado de aceptación y la disposición a la replicabilidad de la experiencia.

Se realizaron mediciones del viento con instrumento manual.

Se realizó un análisis del impacto obtenido que fue facilitado a la provincia de Córdoba.

A continuación se presenta la guía propuesta de pautas para las encuestas.

Datos de la Escuela	Zona-Región: Escuela: Cantidad de alumnos: Cantidad de personal Docente: Cantidad de Personal No Docente: Centros poblados más cercanos.
Sostenibilidad	¿Cuántas experiencias se mantienen en funcionamiento actualmente? ¿Las que no se encuentran en funcionamiento, cuánto tiempo estuvieron funcionando? ¿Cuánto tiempo el sistema se mantiene fuera de funcionamiento y cuánto en funcionamiento? ¿Cómo se gestionan (en el cotidiano) los sistemas de electrificación en las escuelas rurales? ¿Por qué causas deja de funcionar el sistema? ¿Cómo se reactiva el funcionamiento? ¿Por qué causas se mantienen en funcionamiento? ¿Qué tipo de mantenimiento requiere el sistema? ¿Cómo se realiza el proceso de mantenimiento? ¿Qué costos (monetarios/trabajo/etc.) tiene el mantenimiento?

	¿De dónde provienen los recursos necesarios para el mantenimiento cotidiano del sistema?
Economía	<p>¿Qué recursos (en sentido ampliado: monetarios, comunitarios, trabajo humano, etc.) se emplean para alcanzar la sostenibilidad en el tiempo del sistema?</p> <p>¿A través de qué prácticas e instituciones económicas se gestiona el sistema?</p> <p>¿A través de qué prácticas se logra la sostenibilidad del sistema?</p> <p>Si conceptualizamos a la Escuela y su comunidad como una Unidad Doméstica Ampliada: ¿cómo influyó la electrificación a través de los sistemas de energías alternativas en las prácticas económicas cotidianas?</p> <p>¿Qué prácticas económicas desarrolla la comunidad?</p> <p>¿Qué prácticas e instituciones económicas emergieron en la comunidad a partir de la electrificación? ¿En qué consisten?</p> <p>¿Qué relación existe entre el sistema de electrificación y la comunidad ampliada (área de influencia de la escuela)?</p> <p>¿Trabaja en red con las otras escuelas compartiendo el conocimiento?</p> <p>¿Cuáles son las condiciones en competencias (conocimientos y habilidades) necesarias que contribuyen al éxito de la intervención?</p> <p>¿Qué porcentaje de la población utiliza y/o se beneficia con la generación eléctrica?</p> <p>¿Qué opina la comunidad de la intervención?</p> <p>¿Qué diferencia nota entre antes y después de la intervención?</p>
Datos técnicos	<p>Fecha en que se instaló el aerogenerador:</p> <p>Marca/modelo del aerogenerador:</p> <p>Cantidad de horas al día en que está generando:</p> <p>Responsable técnico del aerogenerador:</p> <p>Cantidad de horas/días al año que el aerogenerador estuvo fuera de servicio:</p> <p>Cantidad de horas/días al año que el sistema de energía renovable estuvo fuera de servicio (aerogenerador funcionaba pero no se generó/almacenó energía eléctrica).</p>

Para el trabajo de campo se contó con la información de cuáles son las escuelas electrificadas con un sistema híbrido, además de su ubicación geográfica.

Escuela 1: Juana Manso/ Cantera Santa Rita *
Escuela 2: Pablo Antonio Pizzurno/ Cañada de Álvarez*
Escuela 3: 25 de Mayo/ Cañada del Tala*

Escuela 4: Francisco Narciso Laprida/ Capilla del Carmen
Escuela 5: Florentino Ameghino/ Cerro Champaquí
Escuela 6: 25 de Mayo/ Cerro Colorado*
Escuela 7: Domingo French/ Cno. A Co San Lorenzo*
Escuela 8: José Manuel Estrada/ El Espinillo*
Escuela 9: Olegario V. Andrade/ Huerta Vieja*
Escuela 10: Nuestra Sra. del Valle/ Los Gigantes
Escuela 11: Leandro N. Alem/ Los Vallecitos*
Escuela 12: Leopoldo Lugones/ Lutti*
Escuela 13: Aeronáutica Argentina/ Paraje San Francisco*
Escuela 14: Bernardino Rivadavia/ San Roque
Escuela 15: Anexo D. F. Sarmiento/ Tala Cruz
Escuela 16: Bartolomé Mitre/ Villa San Lorenzo*

\* Escuelas visitadas

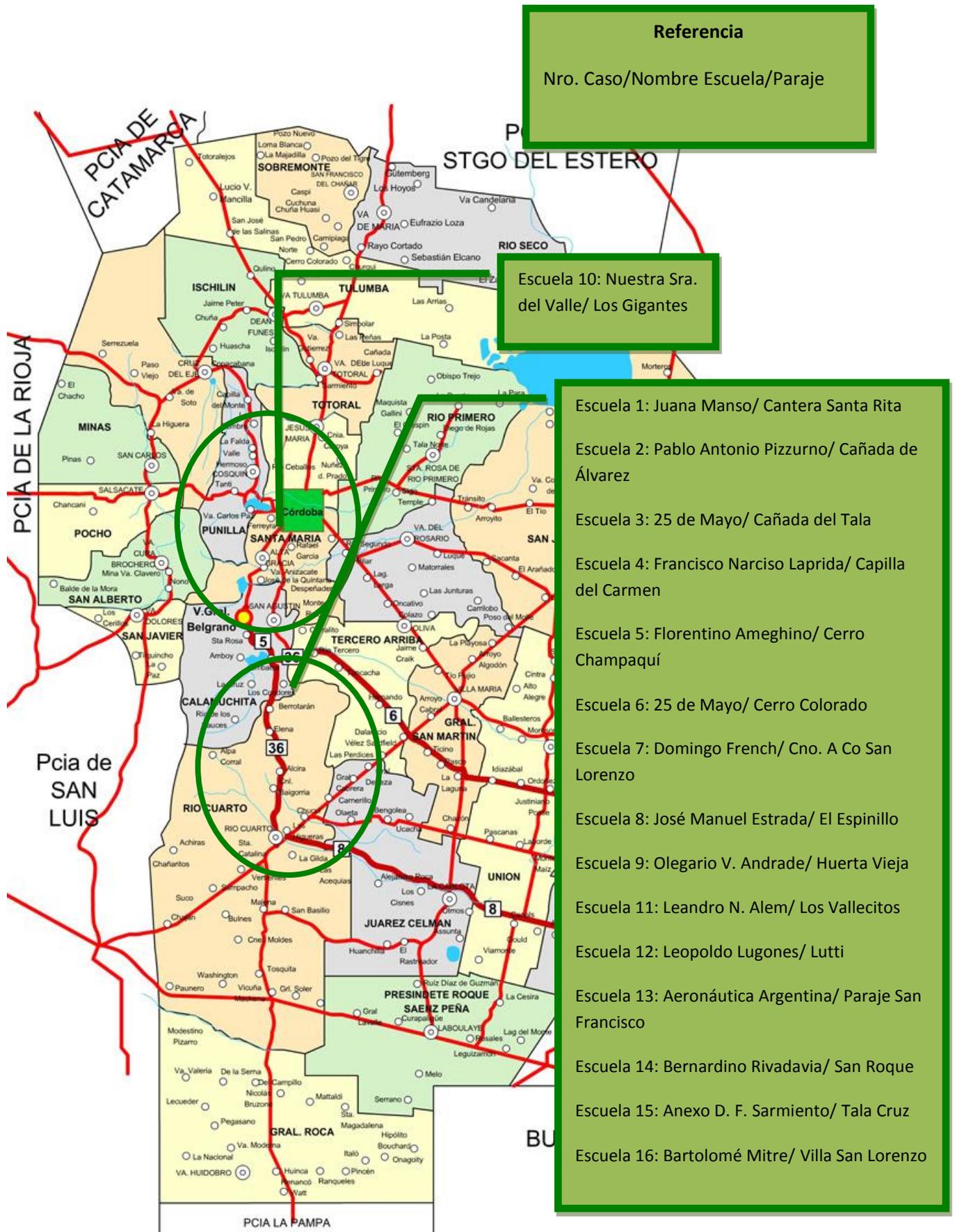


Figura 2. Escuelas con aerogeneradores instalados en la Provincia de Córdoba

El Director del Área de Energías Alternativas de la provincia de Córdoba facilitó los datos relevantes de las escuelas, como los teléfonos de los docentes y las coordenadas de las ubicaciones de las escuelas, además de un mapa detallando los equipos instalados en cada una. A partir de esto, se determinó que el lugar ideal para hospedarse durante las visitas era el pueblo de La Cruz. La planificación de las visitas se coordinó telefónicamente con los docentes según la disponibilidad de cada uno.

Las visitas se realizaron en dos etapas de tres días cada una. En la primera se realizó la visita a 3 escuelas cercanas a los pueblos, y en la segunda etapa a 9 escuelas, totalizando 11 escuelas. El relevamiento se realizó cerca del pueblo de La Cruz, en Calamuchita, donde se concentra la mayor cantidad de escuelas visitadas. La mayoría se encuentran alejadas varios kilómetros del pueblo más cercano y solo se puede acceder a través de caminos de tierra y ripio, y cruzando varios arroyos. Con las coordenadas de los lugares se empleó un GPS para poder llegar a ellas porque son caminos secundarios, casi sendas ubicadas en las serranías.

Para el relevamiento de la información se emplearon tres herramientas. Antes de las visitas se construyó la encuesta para que sea respondida por el docente y personal de la escuela, en la cual se preguntaba sobre la instalación, gestión y mantenimiento del sistema, y el impacto del mismo en la comunidad. La implementación de la encuesta se realizó como entrevista, cuya respuesta se registró mediante grabación que posteriormente se transcribió para sistematizar la información. Asimismo, se formuló una encuesta para que respondan los vecinos de la comunidad, sobre la composición familiar, la disponibilidad de electricidad en sus hogares y los equipos utilizados. Por último, se relevaron las especificaciones técnicas de los equipos y las características principales de cada lugar.

Los relevamientos técnicos de las instalaciones fueron limitados ya que los equipos estaban protegidos en gabinetes con candados para evitar que se manipulen y provoquen daños en el sistema.

## **5. RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO**

De las 17 escuelas a las que se les proveyó de aerogeneradores eólicos, se visitaron 11, mostradas en el mapa de la figura 3. Se realizó en dos visitas en los periodos:

- 25 al 28 de Agosto de 2015
- 3 al 6 de noviembre de 2015

Los relevamientos técnicos de las instalaciones fueron limitados ya que todos los equipos no se encontraban disponibles para visualizar las características técnicas. Lo que se describe a continuación corresponde a los detalles que se observaron en cada lugar y permiten comprender el funcionamiento de los sistemas.

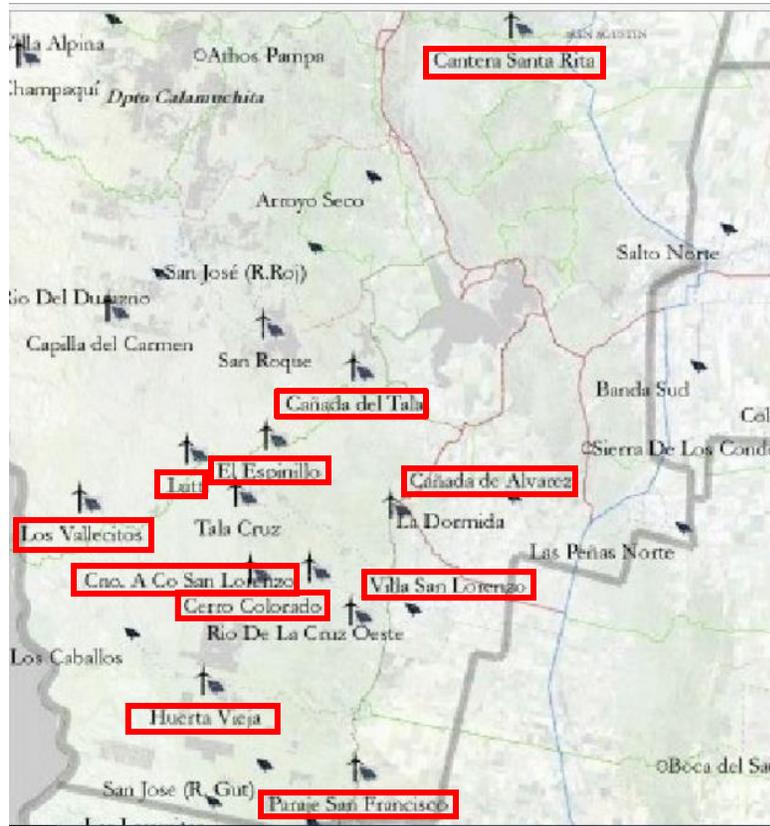


Figura 3. Mapa de escuelas visitadas

## 5.1 Sistemas instalados

El sistema eólico instalado en la mayoría de las escuelas pertenece a la empresa Giacobone, cuyo aerogenerador es el modelo Eolux de 1kW. Está montado sobre una torre de celosía en alturas que pueden variar entre 20 y 30 metros, sostenida por tres tensores. El aerogenerador posee un freno mecánico en la base de la torre para poder realizar mantenimiento o proteger en caso de vientos fuertes. Posee tres palas que están acopladas directamente a un generador sincrónico trifásico de imanes permanentes. La energía generada es regulada por un sistema electrónico que evita la sobretensión y permite cargar el sistema de baterías que se le conecte. La cantidad de baterías implementadas varía según la escuela y están conectadas para tener una tensión de funcionamiento de 24 V. Para la alimentación de las iluminarias y distintos dispositivos eléctricos se cuenta con un inversor que toma energía de las baterías en 24 VDC y la transforma en 220 VAC. Además, posee un sistema de gestión de energía que permite controlar en todo momento el funcionamiento del aerogenerador a partir de la tensión de generación y la carga de las baterías.

El sistema fotovoltaico montado en cada escuela varía según la demanda de energía de las mismas. En su mayoría estaba construido por 8 paneles solares de 100W cada uno, y están montados en una estructura sostenida por un pilar de alumbrado. La energía generada se

inyecta al mismo dispositivo que el sistema eólico para abastecer las baterías. En las figuras 4 y 5 se muestran algunas de estas instalaciones.



Figura 4. Paneles solares montados sobre poste. Escuela 25 de Mayo



Figura 5. Paneles solares y aerogenerador. Escuela de Lutti

## 5.2 Implementación y gestión de la energía

La administración de la energía que permita brindar las comodidades básicas que requieren una casa pueden variar sensiblemente si se tiene en cuenta el tipo de abastecimiento, además si se analiza el uso en una escuela del tipo rural, las prioridades pueden ser muy diferentes. Se analizan los requerimientos necesarios: iluminación, calefacción, comunicación, abastecimiento de agua, entre las más importantes.

La iluminación es una de las aplicaciones más relevantes para la energía generada por los sistemas eólico y solar. Existe una pequeña instalación interna donde se montan luces de 220V de bajo consumo en el interior como en el exterior de la escuela. El pico de uso se da en las primeras horas de la mañana ya que en invierno todavía es demasiado oscuro para utilizar la iluminación natural. En algunos casos, las escuelas son albergues, con lo cual, el uso de las iluminarias es determinante. Antes de la instalación de los sistemas, la iluminación se realizaba mediante “sol de noche” a querosene, los cuales se siguen implementado en caso de que las baterías no tengan carga y no se pueda utilizar el sistema eléctrico.

Los dispositivos eléctricos utilizados en todo momento son pocos, la radio es uno de los más utilizados para poder escuchar música y las noticias de la zona, también la radio de onda corta para comunicarse entre escuelas o con los pueblos, y la carga de celulares de docentes o padres de alumnos. En menor medida, se utilizan otros dispositivos como por ejemplo un equipo de música para pasar los himnos en los actos patrios, televisor y DVD para ver películas educativas, o las PCs y *netbooks* para la enseñanza de informática e internet.

Para el almacenamiento de alimentos, se implementan en la mayoría de los casos heladeras de gas, debido a que el consumo de una heladera eléctrica es muy elevado para ser alimentada por el sistema de baterías.

El abastecimiento de agua varía según la zona, en algunos lugares se recurre a la extracción de pozo mediante molinos de viento, o en determinados casos, mediante bombas de funcionamiento eléctrico que deben ser alimentadas mediante grupo electrógeno. En zonas próximas a las montañas, el abastecimiento se realiza mediante vertientes de agua natural que se acumulan por las lluvias.

### **5.3 Mantenimiento**

Al principio la provincia no disponía de cajas de herramientas, de gente capacitada, ni de manuales en las escuelas. La Secretaría de Energías Alternativas y Comunicaciones de la Provincia de Córdoba (SEAyC), de la Provincia de Córdoba solicitó a las empresas que les proveyeran de instrumentos (cajas de herramientas básicas). En el momento que se hizo cada instalación se capacitó a los/as maestros/as, se le entregó el manual de uso, se le explicó cómo manejar el equipo y cómo proceder ante fallas.

El mantenimiento de los sistemas de abastecimiento en cada una de las escuelas es realizado por una escuadrilla que fue coordinada por la SEAyC de la provincia de Córdoba, que en caravanas con todos los equipos realizan mantenimiento preventivo cada seis meses. En el sistema fotovoltaico, el mantenimiento es mínimo debido a la simpleza de funcionamiento de los paneles; el mayor control que se realiza es el del estado de los vidrios de protección y de mantener limpios los paneles para no perder eficiencia. En el

caso del sistema eólico es más complejo debido a que los rodamientos del generador se desgastan con el tiempo y el mantenimiento de los mismos debe hacerse a más de 20 metros de altura, como se observa en la figura 6. También se verifica el estado de las aspas y los tensores que sostienen la torre. El mantenimiento del banco de baterías es el más importante de todos ya que de estas depende el correcto funcionamiento del sistema eléctrico. Controlar el nivel de agua de cada una y la tensión de almacenamiento permite alargar la vida de las mismas, y llegado el momento, se realiza el reemplazo cuando ya han cumplido su ciclo. El equipo de mantenimiento también se encarga de realizar el control de la instalación eléctrica de la escuela, de tal manera que cumpla con todos los requisitos de seguridad para un óptimo funcionamiento del sistema.



Figura 6. Torre de aerogenerador

Según la SEAYC se presentaron dificultades para preparar y organizar el sistema de mantenimiento de los equipos instalados en las escuelas, dado que al principio no disponían de las herramientas ni el conocimiento de los equipos para poder planificar un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo. Aprovechando los pliegos de compra de equipos, se adquirieron las herramientas.

#### **5.4 Casos específicos por escuela**

- Cañada de Álvarez

Escuela con una maestra y tres alumnos.

Sistema eólico: Nunca funcionó porque los vientos son de baja velocidad de la zona.

Sistema solar: Funciona correctamente. Cuatro paneles montados en poste.

Sistema de baterías: Cuatro baterías. Según docente, en algunos momentos no es suficiente y se quedan sin luz.

Sistema de agua: Bomba eléctrica accionada por grupo electrógeno.



Figura 7. Escuela Cañada de Álvarez

- Cañada del Tala

Escuela con una maestra, una cocinera y cinco alumnos.

Sistema eólico: En funcionamiento, pero solo se emplea en casos donde los días estén nublados o cuando no hay carga en la batería.

Sistema solar: Ocho paneles fotovoltaicos de 100W cada uno, montados en poste.

Sistema de baterías: Cuatro baterías.

Sistema de agua: Abastecimiento mediante molino de viento.



Figura 8. Escuela Cañada del Tala

- Cantera Santa Rita

Escuela con una maestra, un cocinero, docente de educación física, catequista y siete alumnos.

Sistema eólico: Ubicado en zona montañosa, que beneficia el uso del sistema. El funcionamiento es autónomo ya que no se frena en ningún momento.

Sistema solar: Ocho paneles fotovoltaicos de 100W cada uno montados sobre poste.

Sistema de baterías: Cuatro baterías.

Sistema de agua: Abastecimiento por vertiente.



Figura 9. Escuela Cantera Santa Rita

- El Espinillo

Sistema eólico: Funcionando correctamente, se encuentra en zona óptima.

Sistema de agua: Abastecimiento por molino de viento.



Figura 9. Escuela El Espinillo

- Lutti

Primario con maestra y cocinera. Secundario con docente, preceptora y cocinera. Funciona como albergue.

Sistema eólico: No funciona.

Sistema solar: Posee dieciséis paneles solares, debido al mejor aprovechamiento y la gran demanda de energía.

Sistema de agua: Abastecimiento por vertiente. De ser necesario, posee bomba de agua para extraer desde río.



Figura 10. Escuela Lutti

- Los vallecitos

Escuela con docente suplente y dos alumnos. Ubicada en lugar lejano.

Sistema eólico: No funciona debido a los valles.

Sistema solar: Posee ocho paneles solares de 100W.

Sistema de baterías: Posee cuatro baterías.

Sistema de agua: Abastecimiento por molino de viento.



Figura 11. Escuela Los vallecitos

- Bartolomé Mitre

El día de la visita se encontraba cerrada por lluvia, sin embargo se logró relevar los equipos.

Sistema eólico: Cuenta con aerogenerador, por la ubicación, es probable que el aerogenerador funcione correctamente debido a que no se encuentra encajonado en un valle y los vientos que corren son considerables.

Sistema solar: Cuenta con paneles solares.

Sistema de baterías: Poseía un cajón con cuatro baterías bajo llave.

Alrededor de la escuela hay pocos asentamientos, con lo que se deduce que la cantidad de alumnos que asisten a la escuela debe ser reducida.



Figura 12. Escuela Lutti

- Domingo French

Escuela cerrada. Cuando no hay alumnos anotados en una escuela, la misma se cierra hasta que se vuelvan a inscribir alumnos. La maestra es reasignada a otra escuela. En este caso, se entrevistó a la última maestra que estuvo en la escuela.

Sistema eólico: Aerogenerador al borde de una cantera, se estima que su uso debe haber sido de poca disponibilidad.

Sistema solar y sistema de baterías: Los paneles solares y las baterías no estaban.

Sistema de agua: Abastecimiento por molino de viento.



Figura 13. Escuela Domingo French

- 25 de Mayo

Escuela con maestra, cocinera y dos alumnos.

Sistema eólico: Es la escuela más alta del camino, con lo cual el funcionamiento del aerogenerador es muy bueno.

Sistema solar: Posee ocho paneles solares montados en sobre un poste.

Sistema de baterías: Posee cuatro baterías que le permite una amplia capacidad. La maestra aclara que pocas veces se ha quedado sin luz. Sin embargo, relata que, al principio, tenía tres baterías en mal estado, lo que provocaba que tuviera poca autonomía.

Sistema de agua: Abastecimiento por bomba eléctrica accionada por grupo electrógeno.



Figura 14. Escuela 25 de mayo

- Paraje San Francisco

Cuando se visitó la escuela, había inspección de docente, con lo cual no había nadie en el establecimiento.

Sistema eólico: Se contaba con aerogenerador. La zona es llana, con lo cual es probable que el funcionamiento del aerogenerador sea efectivo.

Sistema solar: Posee ocho paneles solares sobre un poste.

Sistema de agua: Abastecimiento por molino de viento.



Figura 15. Escuela Paraje San Francisco

- Huerta Vieja

Es una de las escuelas más alejadas del camino (30 km) y en un lugar alto en las sierras. En este lugar, tampoco estaba el docente, por inspección, pero se pudo entrevistar a una persona a cargo del lugar.

Sistema eólico: El aerogenerador había sido derribado por vientos fuertes hacía unos años y solo quedaba la torre estructural retorcida.

Sistema solar: Posee ocho paneles solares

Sistema de baterías: Posee cuatro baterías.



Figura 16. Escuela Huerta Vieja

## 5.5 Resumen de actividades

ACTIVIDADES PROPUESTAS	ACTIVIDADES REALIZADAS
<p>Etapa de preparación de los instrumentos de medición para el trabajo de campo</p> <p>Diagramación de la logística</p> <p>Adquisición de instrumental</p>	<p>Se contaba con un anemómetro manual, fue suficiente para hacer las mediciones.</p> <p>Se realizó, con la colaboración del personal administrativo de la UNGS</p> <p>Se adquirió una valija solar portátil de 12 Vdc o 220Vac.</p>
<p>Visita a cada una de las 17 escuelas para entrevistas/encuestas técnicas</p> <p>Medición de las variables técnicas de los equipos instalados (P, V, I, <math>\eta</math>, etc.)</p> <p>Instalación de registradores de datos</p>	<p>Se visitaron 11 en 2 campañas</p> <p>No fue necesario medir porque esta información fue suministrada</p> <p>No se instaló ningún registrador por el costo</p>
<p>Procesamiento, análisis de datos</p>	<p>Se desgrabaron las entrevistas, con colaboración de un becario</p>
<p>Socialización de los resultados en la UNGS</p>	<p>El Viernes 2 de Junio de 2017 se realizó una jornada de exposiciones:</p> <p>Lic. Guillermo Pleitavino maestrando de la MAES: <i>Sostenibilidad de sistemas de generación eólica de baja potencia. Análisis de Casos: PERMER Córdoba - PERMER Chubut - Experiencia en Malvinas Argentinas - Wind Empowerment. Aportes desde la Perspectiva de la Economía Social.</i></p> <p>Ing. Juan Carlos Agotegaray, ID de la UNGS: <i>Generación de Energía Eléctrica mediante la Energía Eólica. Generación distribuida, aislada, urbana. Caso de las escuelas rurales de Córdoba. Aplicaciones posibles en microeólica.</i></p> <p>Mg Sergio Vera Director del Centro de Servicios: <i>Una mirada amplia sobre el uso de las energías alternativas.</i></p>
<p>Divulgación de los resultados en congresos afines</p>	<p><i>1-Implementación de energías alternativas en zonas aisladas para la mejora de la calidad en la educación rural.</i></p> <p><i>2- Sostenibilidad de sistemas de Energías Renovables (baja potencia): Análisis de procesos de gestión y efecto socio-económico.</i></p> <p><b><i>Presentados en II Congreso Argentino de Energías Sustentables. Organizado por</i></b></p>

	Universidad Tecnológica Nacional Regional Bahía Blanca, Universidad Nacional del Sur y Universidad Nacional del Comahue. Realizado del 26 al 28 de Octubre, Bahía Blanca, Argentina. ISBN 9789871896622
--	--

## CONCLUSIONES

Las zonas aisladas de la red eléctrica son principalmente zonas rurales con comunidades reducidas donde existe una escuela a la cual asisten los niños hasta su adolescencia. La posibilidad de disponer de energía eléctrica en la escuela a partir de energías alternativas presenta ventajas como la mejora en la calidad de la educación básica al tener acceso a tecnologías como la computadora y el internet, que incentiva la creación de más proyectos de electrificación de zonas aisladas. Sin embargo, hay que considerar que la mejor solución de abastecimiento sería conectarse a la red eléctrica, pero debido a las distancias y a los costos que conlleva el tendido de cables y postes se opta por el empleo de aerogeneradores y paneles solares. Las escuelas más cercanas al pueblo, desean poder conectarse a la red solicitando que se realice el tendido necesario, de esta manera, no solo la escuela podría acceder al beneficio, sino también, las casas del alrededor.

El abastecimiento de energía eléctrica en la escuela permite el uso de dispositivos eléctricos como equipos audiovisuales, equipos de audio para los actos y las *netbooks* que habían sido adquiridas a través del programa conectar igualdad, que son herramientas que complementan la enseñanza básica del docente, sumado a la posibilidad de acceder a internet satelital y acercar al alumno a las nuevas tecnologías.

Las maestras explicaban que en los últimos años la gente del campo, en especial los jóvenes, comenzaban a migrar a los pueblos, quedando en el campo la gente mayor. Este fenómeno se genera por el hecho de que en las zonas rurales no se encuentran las mismas condiciones y servicios que en los pueblos, como la electricidad y la comunicación. Entonces, a través de sistemas fotovoltaicos o eólicos, se busca suplir esas necesidades y que se mantengan pobladas las zonas rurales.

El proyecto de electrificación de las escuelas motivó que algunos vecinos compraran paneles solares y baterías para realizar su propia instalación hogareña, que permita aprovechar la energía generada para necesidades básicas como la iluminación y la recarga de celulares.

La experiencia de electrificación puede servir como modelo, teniendo en cuenta acciones que se deben replicar y las que se deben evitar o mitigar, como puede ser instalar equipos

en zonas en las cuales no estén dadas las condiciones para que los mismos funcionen o realizar la instalación sin una estructura de soporte técnico para los responsables.

El grupo electrógeno es el equipo que se utiliza desde mucho tiempo en las zonas aisladas de la red. Alimentado a partir de nafta o diésel, permite la alimentación de consumos elevados por tiempos reducidos, como, por ejemplo, bombas centrífugas para el abastecimiento de agua o motores de lavarropas o herramientas eléctricas. Además, en algunos casos, se los utiliza de noche para la iluminación y la televisión. Esto representa un costo elevado por el precio de los combustibles, sumado a la necesidad de comprar en el pueblo y transportarlo hasta el campo. La generación mediante energías alternativas se visualiza como el complemento al grupo electrógeno para ser utilizado en el abastecimiento de energía eléctrica en casos básicos como la iluminación y la alimentación de electrodomésticos de bajo consumo, dejando para los equipos de potencia el uso del grupo electrógeno.