



# Estudios de factibilidad de implementación de sistemas de generación de energía eléctrica distribuida mediante sistemas solares híbridos en Santiago del Estero.

Carlos Ramón Juárez<sup>1</sup>, Rubén Ángel Fernández<sup>2</sup>, Mario Alberto Díaz<sup>3</sup>, Mónica Mattar<sup>4</sup>

(1) *Instituto de Tecnologías Aplicadas. Departamento Académico de Física y Química, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.*  
[cjuarez@unse.edu.ar](mailto:cjuarez@unse.edu.ar)

(2) *Instituto de Tecnologías Aplicadas. Departamento de Electrónica, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.*  
[raf@unse.edu.ar](mailto:raf@unse.edu.ar)

(3) *Instituto de Tecnologías Aplicadas. Departamento de Electricidad, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.*  
[m\\_diaz@arnet.com.ar](mailto:m_diaz@arnet.com.ar)

(4) *Instituto de Recursos Hídricos. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.*  
[mmattar@unse.edu.ar](mailto:mmattar@unse.edu.ar)

**RESUMEN:** En este trabajo se presentan estudios preliminares para la determinación de la factibilidad de implementar sistemas de generación eléctrica mediante energía solar con sistemas híbridos en localidades de la provincia de Santiago del Estero. En esta primera etapa se realiza el relevamiento de información disponible y se visita una localidad en la zona limítrofe interdepartamental entre Departamentos Figueroa, Banda y Robles.

## 1 INTRODUCCION

### 1.1 Datos provinciales.

La provincia de Santiago del Estero está ubicada en el Noroeste Argentino (NOA) integrando una región mayor denominada Norte Grande Argentino. Está ubicada entre los 25° 39' y los 30° 41' 20" de latitud sur y los 61° 39' y 65° 34' de longitud oeste y tiene una superficie de 136,351 km<sup>2</sup> que se distribuyen en 27 departamentos. Desde el punto de vista geofísico en una gran llanura que desciende gradualmente desde los 300 m sobre el nivel del mar, en su extremo noroeste hasta los 180 m sobre el nivel del mar en el extremo sureste. Cuenta con pequeñas serranías, en el extremo noroeste (Sierras de Medina de Tucumán), y en las zonas sur y suroeste (Sierras de Ambargasta y Sumampa) (Basualdo 1994; Sitio Oficial...2013). Es una provincia típicamente mediterránea cruzada por dos ríos, El Dulce y el Salado, disímiles tanto en su caudal como en las posibilidades de aprovechamiento.

La provincia de Santiago del Estero está altamente condicionada por la cantidad, calidad y distribución de sus recursos naturales. La

distribución de población está en relación con las posibilidades tecnológicas de aprovechamiento de sus recursos.

Según datos del censo 2010 la población total es de 896,461 habitantes. Los departamentos más poblados son Capital (267,125), Banda (142,279), Río Hondo (54,867) y Robles (44,417) (INDEC 2010). Las superficies y densidades poblacionales correspondientes a cada uno de los departamentos anteriores son: Capital: 2116 km<sup>2</sup>, 126.2 hab/km<sup>2</sup>; Banda: 3597 km<sup>2</sup>, 39.6 hab/km<sup>2</sup>; Río Hondo: 2124 km<sup>2</sup>, 25.8 hab/km<sup>2</sup> y Robles: 1424 km<sup>2</sup>, 31.2 hab/km<sup>2</sup>. Se destaca que el departamento Figueroa es el de mayor índice NBI (necesidades básicas insatisfechas) de la provincia, según la misma fuente. Este departamento tiene una superficie de 6695 km<sup>2</sup> y una población de 17820 habitantes, dando una densidad de 2.7 hab/km<sup>2</sup>.

Considerando información del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de 2009, Santiago del Estero es la penúltima provincia del país en desarrollo humano (IDH: Índice de desarrollo humano, indicador social estadístico compuesto por tres parámetros: vida larga y saludable, educación y nivel de vida digno), y la antepenúltima en Producto Bruto Geográfico (PBG) que mide el valor de la producción de

bienes y servicios finales atribuible a factores suministrados por residentes (PNUD 2009).

### 1.2 Situación Climática.

La región tiene una estación lluviosa, con fuertes calores entre los meses de octubre y marzo, mientras que la estación de estiaje se da entre los meses de abril a septiembre.

En verano, puede llegarse a temperaturas extremas del orden de los 45 °C y en invierno las mínimas absolutas oscilan entre -5 °C y -10 °C. La temperatura media anual es de 21 °C.

La relación entre días claros y días nublados es de 259/105 dando una proporción de 71% los primeros y 29% los segundos. La proporción de horas de sol posibles para la provincia, por su latitud, es de 69% en el año.

### 1.3 Situación Energética.

La población está distribuida de manera desigual en el territorio provincial. Los departamentos Capital y Banda agrupan cerca de la mitad de la población total (INDEC 2010).

De este modo, desde el punto de vista energético, prácticamente el 90% de la provincia se alimenta del Sistema Interconectado Nacional, desde la Estación El Bracho, Tucumán, mediante tres líneas de 132 KV de aproximadamente 160 km de extensión cada una.

Estas líneas son operadas por la empresa TRANSNOA SA. A partir de las estaciones transformadoras toma servicio la empresa EDESE que comercializa la energía en toda la provincia y abastece domiciliariamente a los usuarios. Es decir, los grandes centros de consumo se encuentran alejados de los grandes centros de generación.

Si bien la provisión de energía no representa un gran problema, sí lo es el transporte de la misma asegurando condiciones de calidad de servicio, particularmente en el extremo de las líneas. A consecuencia de que la estructura de las líneas de sub-transmisión y distribución es radial, la calidad del servicio se ve afectada por cortes o disminución de tensión.

Una opción que permitiría solucionar este inconveniente, manteniendo el nivel de voltaje, es la generación distribuida. Para implementar esta opción adecuadamente es necesario desarrollar indicadores aptos para la toma de decisiones, de modo que los sistemas generadores aporten la solución buscada, esta sea acorde a la necesidad, y produzca un impacto importante de desarrollo regional.

## 2 INDICADORES DE FACTIBILIDAD.

### 2.1 Criterios a considerar.

Para analizar la factibilidad de implementar sistemas de generación eléctrica distribuidos, híbridos con energía solar, se tienen en cuenta tanto indicadores técnicos como económicos y sociales. Del análisis desarrollado en el grupo de proyecto se determinó que deberían tenerse en cuenta los siguientes:

Tabla 1. Indicadores acordados para analizar la factibilidad de implementar sistemas híbridos de generación eléctrica distribuida con energía solar.

1	Accesibilidad del lugar.
2	Posibilidad de acceder a energía eléctrica por red.
3	Potencialidad de desarrollo económico de los pobladores del lugar.
4	Índice de necesidades básicas insatisfechas.
5	Índice de desarraigo.

### 2.2 Información disponible.

A los efectos de verificar la accesibilidad de una determinada localidad se cuenta con el mapa de rutas de la provincia que se presenta en la Fig. 1.

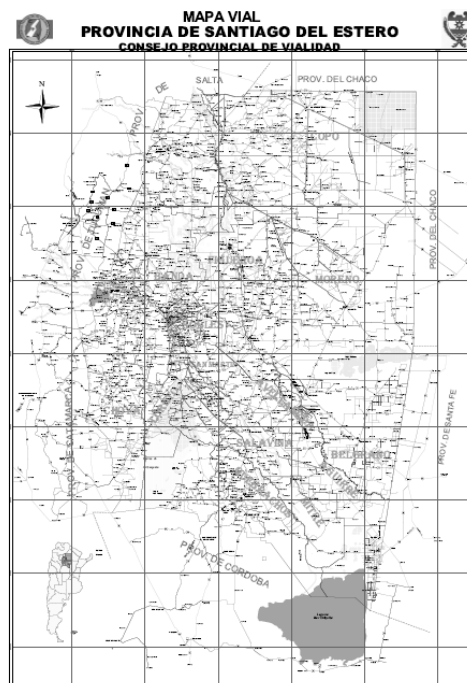


Figura 1. Mapa vial de la provincia de Santiago del Estero. Una zona de interés puede ampliarse a la escala que sea necesaria (CPV-2001).

Esta información fue provista por dependencias de Vialidad de la Provincia de Santiago del Estero. En el mapa pueden apreciarse las rutas primarias (pavimentadas), secundarias (consolidadas) y terciarias (de tierra) de la provincia.

Para el análisis de la posibilidad de que una localidad acceda a una red de distribución eléctrica se cuenta con plantillas de la red de distribución de media tensión. Información provista por la empresa transportadora TRANSNOA SA y distribuidora EDESE, que puede ser referenciada territorialmente a través de mapas de Google Earth.

En cuanto a los puntos 3, 4 y 5 de la Tabla 1 se trabajó con datos censales, estadísticos y sociales. De ellos se obtiene que Santiago del Estero ocupa el cuarto lugar de provincias con mayores índices de NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas) de la Argentina (INDEC – Censo 2001) (Nassif 2011).

Según Nassif (2011) “de los 27 departamentos de la provincia, 14 tienen más del 40% de los hogares con NBI, siendo los más afectados los Departamentos Figueroa, Mitre, Alberdi, Juan Felipe Ibarra, Avellaneda, Jiménez, Pellegrini y Salavina”.

En la Fig. 2 se muestra el mapa de estos departamentos en el contexto provincial.

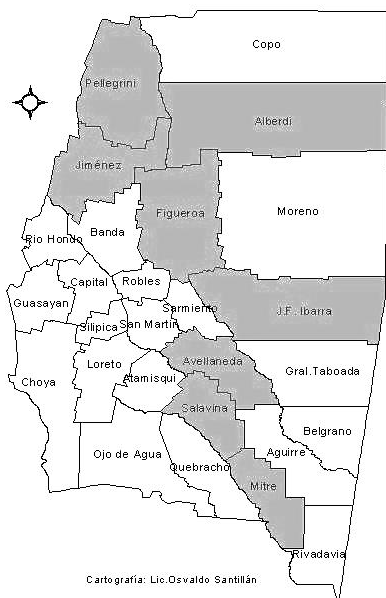


Figura 2. Departamentos con NBI más afectados. Fuente: INDEC censo 2001.

También a partir del trabajo de Nasiff (2011) puede establecerse una correspondencia con el Índice de Privación Material de los Hogares IPMH. La misma puede observarse en la Fig. 3.

Resulta así evidente que no es necesario alejarse mucho de los cuatro departamentos más poblados para encontrar localidades con necesidades por cubrir, las energéticas entre otras de tanto o mayor relevancia.

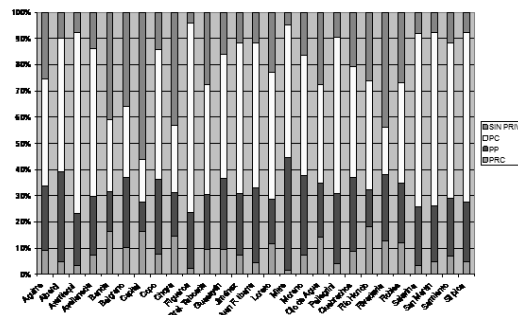


Figura 3. Incidencia de los tipos de privación correspondientes al IPMH según Departamentos Provinciales de Santiago del Estero. Sin Priv: Sin Privación, PC: Privación Convergente, PP: Privación Patrimonial, PRC: Privación de Recursos Corrientes. Fuente: Nassif 2011

### 3. ACCIONES EFECTUADAS.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se optó por seleccionar tres departamentos. Uno al este, otro al norte y otro al sur del conjunto Capital, Banda, Rio Hondo, Robles.

Los departamentos seleccionados, de este modo, son Figueroa (este), Jimenez (norte) y Silípica (sur)

La primera visita efectuada fue en dirección al Departamento Figueroa. El objetivo fue hacer un reconocimiento de una localidad donde un canal de riego que une los cauces del rio Dulce con el Salado presenta un desnivel que podría ser relevante para un aprovechamiento híbrido hídrico-solar. El canal mencionado se denomina canal de Jume esquina. Se visitó la localidad denominada El Barrialito, a 38 km de Santiago Capital, en donde existe una obra con esclusas y una descarga que constatamos en el lugar es de muy poca altura (0.70 cm). La localidad se encuentra en una zona limítrofe interdepartamental entre los departamentos Banda, Robles y Figueroa.

El agrupamiento está constituido por 20 casas en un radio a 4 km desde una ruta provincial. En el lugar no hay agua potable. Solo se recibe en camiones y se almacena en tanques de PVC, cada 15 días. La provisión no es muy regular. A veces los pobladores consumen agua del canal agregando cloro, pero esto no siempre es saludable para los más pequeños. En invierno el flujo de agua se interrumpe por dos o tres meses para mantenimiento, coincidiendo con la estación seca.

Por otro lado las casas donde viven se encuentran en terrenos fiscales.

En el lugar hay una escuela, la N° 363, que recibió módulos fotovoltaicos y parecen encontrarse en buenas condiciones de funcionamiento.

La localidad se encuentra a unos 9 km aguas abajo del desnivel del canal que buscábamos inicialmente. A ese sector le denominan “la rapidita” o “la rápida”. Se trata de un tramo de canal de 650 m en el cual el desnivel es de 5 m de extremo a extremo. Sumado a las condiciones anteriores el ancho del canal se enangosta y por ese motivo la velocidad aumenta apreciablemente. En una consulta con el Ing. Ramón E. Paz, de la Cátedra de Hidráulica Aplicada, de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE se obtuvo información sobre el caudal típico en ese sector ( $7,15 \text{ m}^3/\text{s}$ ). En la Fig. 4 se presenta una imagen de este sector.



Figura 4. Sector del canal de Jume Esquina denominado “la rapidita”. Fuente: GoogleEarth

Consideramos que el lugar puede ser propicio para un emprendimiento de generación eléctrica mediante un sistema combinado solar micro hidráulico, para de allí alimentar la localidad El Barrialito mediante una línea unifilar.

#### 4. CONCLUSIONES.

Si bien aún falta hacer mediciones más precisas para evaluar el recurso hidráulico la perspectiva es alentadora.

Por otro lado aún están previstas visitas a localidades en los departamentos Jiménez y Silípica.

Además, a la fecha de la redacción de este trabajo contamos con una herramienta para el registro de datos de tipo social elaborada por integrantes del INENCO, lo cual permitirá cuantificar con mayor claridad la factibilidad de cada lugar.

#### 5. REFERENCIAS

Basualdo M. A., *Nueva Geografía Amena de Santiago del Estero*, Argentina, 1994.

Sitio Oficial de la Provincia de Santiago del Estero,

<http://www.sde.gob.ar:84/geografia/Default.aspx>, 22/6/2013.

INDEC, *Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas 2001*, 2001.

INDEC, *Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas 2010*, 2010.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), *Aportes para el Desarrollo Humano en Argentina*, 2009.

Consejo Provincial de Vialidad de Santiago del Estero, *Mapa Vial de Santiago del Estero*, 2009.

Nassif N., *Territorios y Pobreza: La situación de los hogares en la provincia de Santiago del Estero*, Determinantes del desarrollo en pequeñas urbanizaciones y áreas rurales de Santiago del Estero, CICyT-UNSE, 2011.