

SÍNTESIS Y ACTUALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE INDICADORES PARA ORIENTAR PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE FUENTES RENOVABLES CON SISTEMAS HÍBRIDOS EN ARGENTINA Y EN SANTIAGO DEL ESTERO

Carlos Ramón Juárez¹, Alejandro Remigio Ferreiro², Emilce Ottavianelli^{3,4}

¹CESPER – ITA – FCEyT – UNSE - Av. Belgrano (S) 1912 – G4200 – Santiago del Estero – Argentina
Tel.:0385 4509 500 Int. 1823 – e-mail: cjuarez@unse.edu.ar

²CESPER – ITA – FCEyT – UNSE - Av. 2 de Septiembre y La Forja – Parque Industrial – La Banda – G4300 – Santiago del Estero – Argentina - Tel.:0385 437 2354 – e-mail: ferreiro@unse.edu.ar

³Facultad de Ciencias Exactas y Consejo de Investigación, Universidad Nacional de Salta.

⁴Instituto para la Industria Química (INIQUI), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
Avda. Bolivia N 5150 – 4400 - Salta.- e-mail: ottavianelli@exa.unsa.edu.ar

Recibido:12-06-15; Aceptado:28-07-15.

RESUMEN.- El trabajo registra una síntesis actualizada de lo elaborado con el objeto de mejorar la gestión y la toma de decisiones referidas a emprendimientos de generación eléctrica mediante sistemas híbridos con energía solar. Se desarrolló un indicador que tiene en cuenta principalmente necesidades energéticas en zonas rurales dispersas. Para ello se analizan datos de Argentina y de la provincia de Santiago del Estero que permitan decidir la transferencia de tecnología a distritos o localidades con requerimientos energéticos y con potencial de desarrollo. Con este fin se efectuaron consultas a distintas fuentes de información estadística tales como censos, encuestas, entrevistas, notas periodísticas, etc. El objetivo del trabajo es definir y evaluar en forma combinada varias dimensiones que permiten obtener un indicador que se entiende apropiado para orientar la toma de decisiones respecto de la ejecución de un proyecto de provisión de energía eléctrica. Los resultados alcanzados permiten identificar tanto las provincias a nivel nacional como los departamentos a escala provincial con mayores necesidades energéticas en zonas rurales dispersas brindando una nueva herramienta para alcanzar los objetivos propuestos.

Palabras claves: Energía eléctrica, fuentes renovables, sistemas híbridos, indicadores.

SUMMARY AND UPDATE OF STUDY OF INDICATORS TO GUIDE PROJECTS OF POWER GENERATION FROM RENEWABLE SOURCES WITH HYBRID SYSTEMS IN ARGENTINA AND SANTIAGO DEL ESTERO

ABSTRACT.- This work is an updated summary of the elaborated work facing the improvement in management and decision making referred to electric generation by hybrid systems with solar energy. An indicator was developed which takes into account energetic needs in rural areas. In order to achieve this, data from Argentina and Santiago del Estero province is analyzed to decide the technology transfer to energy needed areas with a potential development. Facing this target we looked up indifferent statistic information sources, like housing and population census, interviews, journalistic notes, etc. The goal was to define and evaluate, in a combined way, several dimensions to obtain an indicator to guide decisions about carrying out electric energy projects. The results show the provinces, in a national vision, and the departments, in provincial scale, with most energetic needs giving a new tool to reach the targets.

Keywords: Electric energy, renewable sources, hybrid systems, indicators.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

Este estudio está orientado a regiones rurales de la República Argentina, en particular a la provincia de Santiago del Estero, partiendo de los datos obtenidos de reparticiones y organismos tales como Consejo Provincial de Vialidad (2009), Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC, 2001, 2010), Secretaría de Energía de la Nación (Informe Sector Eléctrico, 2005; Prospectiva 2002). También se tienen en consideración las publicaciones

realizadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2009) (PNUD, 1990) (PNUD, 2010), los trabajos de Ottavianelli E. y Cadena C. (2012), y de Nassif N. y Diaz R. (2011).

En los documentos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo se plantean indicadores alternativos al PBI (Producto Bruto Interno) para medir el grado de desarrollo de una región.

Resulta de particular interés para este trabajo el Índice de Privación Material de los Hogares (IPMH), implementado por el INDEC, que considera elementos tales como Privación Patrimonial (PP), Privación de Recursos Corrientes (PRC) y Privación Convergente (PC).

En el trabajo de Ottavianelli y Cadena se propone la utilización de una herramienta matemática que valore en forma conjunta parámetros técnicos, ingenieriles y sociales, para una mejor selección de los lugares en donde implementar sistemas de generación híbrida aislada con participación fotovoltaica (Ottavianelli, 2014).

Por otra parte existen trabajos efectuados por Díaz R. y Nassif N. que estudian puntualmente la situación en que se encuentra la provincia de Santiago del Estero desde el punto de vista social. En estos trabajos se analiza la evolución de la población en Argentina entre 1980 y 2001, el proceso de urbanización en la provincia, la evolución de la población rural en la provincia de Santiago del Estero y la incidencia de la población rural dispersa. También se analiza la pobreza desde el punto de vista del indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y del IPMH.

También aporta al estudio de la situación rural provincial, el trabajo de Barembaum M. Anastasio M., titulado "Caracterización económica de la provincia de Santiago del Estero: Evolución de la agricultura en la provincia". En este trabajo se registran datos de explotaciones agropecuarias y variaciones entre 1998 y 2002, tanto a nivel provincial como por departamento. Además se plantea una propuesta de regionalización de la provincia en 8 microregiones.

1.2. Estado actual del desarrollo mundial y de Argentina

Antes de focalizar la atención en el marco provincial se considera necesario tener una visión general del mundo y de Argentina, buscando conocer el estado actual del desarrollo energético y las posibilidades de proporcionar soluciones ingenieriles a las problemáticas presentes. Se debe tener presente que la ingeniería puede describirse como una equilibrada combinación de ciencia y arte que, a partir de fuentes naturales, incluidas las energías, genera transformaciones que resultan en productos, estructuras o máquinas que benefician a los seres humanos (Collins, 2003). De esta definición, se entiende la estrecha relación de la ingeniería con la energía, pues esta última posibilita la operación de múltiples sistemas y máquinas, con las consecuentes ventajas y beneficios.

Las necesidades para promover desarrollos sustentables requieren de energía y erróneamente las decisiones se orientan a la electrificación, dejando de lado el impacto ambiental (Cadena C. 2006).

Son numerosos los estudios estadísticos que continuamente se realizan para obtener índices que den información para la toma de decisiones técnicas y políticas en relación a la producción de energía. En nuestro país se hicieron estudios que contemplan factores sociales en la provincia de Salta (Ottavianelli E., 2013). Respecto a las condiciones de desarrollo de la sociedad, y teniendo en cuenta la expectativa de vida de los individuos que la componen, un indicador de aplicación generalizada es el Índice de Desarrollo Humano (IDH) elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2010) (PNUD, 2011). El IDH se emplea para medir el progreso de un país, mediante el análisis de 3 dimensiones: salud (esperanza de

vida al nacer); educación (años de escolarización en adultos y años de escolarización previstos en niños con edad escolar); e ingresos (riqueza o estándares de vida digna).

Teniendo en cuenta el Informe sobre Desarrollo Humano 2011 de Naciones Unidas (PNUD 2011), Argentina ocupa el lugar 45 en la lista de 187 países ordenados según su IDH, integrando el grupo de 47 países con desarrollo humano muy alto, en el cual tiene el primer puesto Noruega. Considerando que dicho informe fue elaborado con datos al 15 de mayo de 2011, la tendencia marcaba para nuestro país, un valor de 0.797 con una tasa promedio de crecimiento anual durante el período 2000 – 2011 de 0.57%, indicando una evolución positiva. Por otro lado, el informe del PNUD elaborado para Argentina en el 2013 (PNUD, 2013), coordinado por la representación residente del PNUD con datos completos de 2011, resulta un IDH de 0.848. A modo de referencia en la Tabla 1 se indican los rangos de IDH conforme a dicha clasificación.

Si bien en general, el desarrollo humano en Argentina es muy alto, al analizar las provincias se observan algunas desigualdades en las dimensiones que integran el IDH. Estas desigualdades dan cuenta de las diferentes realidades en cada provincia. En algunas de ellas el desarrollo está condicionado a la disponibilidad energética y esta es limitada por razones geográficas, técnicas y económicas. Teniendo en cuenta que el desarrollo humano está relacionado con la disponibilidad de energía se plantea el estudio evaluativo de los requerimientos energéticos concretos y potenciales de cada provincia.

En el trabajo de Ferreiro & et al. (2014), primero se muestran y analizan resultados obtenidos mediante una reconocida expresión matemática que vincula IDH con el consumo de energía. Como estos resultados se estiman insuficientes, se propone un procedimiento alternativo tendiente a determinar un ranking de las necesidades energéticas en las distintas jurisdicciones.

Tabla 1. Rangos de IDH según clasificación PNUD.

Rango de IDH	Clasificación según PNUD
> = 0.790	Desarrollo Humano Muy Alto.
0.789 - 0.699	Desarrollo Humano Alto
0.698 – 0.520	Desarrollo Humano Medio
< = 0.510	Desarrollo Humano Bajo

1.3. Desarrollo humano en base a consumos energéticos en Argentina.

Una primera evaluación se realiza a partir de información estadística que permite establecer la cantidad de energía consumida en cada provincia, obtenidas de distintas fuentes. Para ello se consideran tres dimensiones: energía eléctrica de red, gas de red (gas natural), combustibles líquidos (gas oil, naftas). Se han organizado los datos totales por jurisdicción para el año 2011, unificando unidades para poder combinarlas (Tabla 2).

La literatura registra para distintas naciones la relación entre el consumo de energía y la calidad de vida, siendo que esta última variable se cuantifica mediante el Índice de Desarrollo Humano (IDH). Este indicador se suele vincular matemáticamente con el consumo anual de energía per cápita, aunque lo frecuente es relacionarlo con la demanda

de energía eléctrica por habitante (*EEpc*) mediante la denominada ecuación de Pasternak (Pasternak 2000) expresión (1).

$$IDH = 0.091 * \ln(EEpc) + 0.0724 \quad (1)$$

Tabla 2.- Energía anual por jurisdicción.

Jurisdicción	Energía consumida MWh	MWh/hab
Buenos Aires	106,844,215.6	6.84
C.A.B.A.	24,740,546.6	8.56
Catamarca	2,793,038.9	7.59
Chaco	5,087,506.5	4.82
Chubut	7,418,393.6	14.57
Córdoba	26,202,468.3	7.92
Corrientes	5,023,551.6	5.06
Entre Ríos	8,423,967.3	6.82
Formosa	1,722,469.0	3.25
Jujuy	2,840,719.9	0.42
La Pampa	3,558,091.3	11.16
La Rioja	2,033,883.3	6.10
Mendoza	13,691,274.7	7.87
Misiones	5,568,198.7	5.05
Neuquén	5,335,882.2	9.68
Río Negro	5,675,724.0	8.89
Salta	5,589,653.6	4.60
San Juan	4,585,881.8	6.73
San Luis	3,138,882.3	7.26
Santa Cruz	4,257,963.6	15.54
Santa Fe	27,458,038.0	8.60
Santiago del Estero	3,282,992.3	3.76
Tierra del Fuego	1,568,672.6	12.33
Tucumán	6,338,453.9	4.38
Total País	283,180,469.5	7.00

La Figura 1 exhibe la relación para el entorno de valores de *EEpc* que se consigna, destacando los pares de valores correspondientes a naciones como Noruega, Estados Unidos de América, Reino Unido, España y otras. La calidad de vida se estima aceptable si *EEpc* es superior a 4000 kWh, lo que corresponde a un valor de *IDH* ≈ 0.82, según línea discontinua en la gráfica. El *IDH* puede tener valores entre cero y uno, cuando es próximo a cero se estima que la calidad de vida es baja, mientras que si se acerca a uno se considera que es alta.

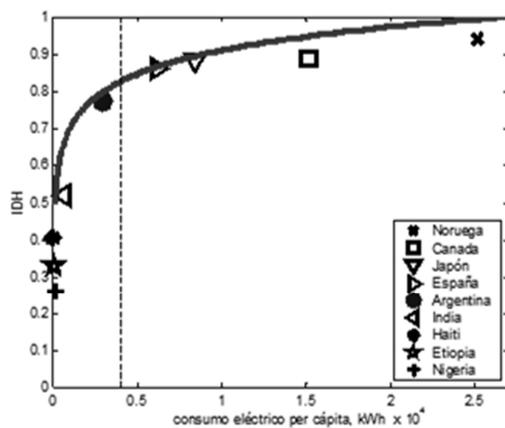


Fig. 1: IDH vs. *EEpc*

El consumo anual de energía por habitante (*Epc*) se considera representativo de los requerimientos correspondientes de un país (o región), dado que es el valor medio de la energía consumida por cada uno de ellos. Se considera que la *Epc* representa un índice de la intensidad de demanda de energía (*DE*) por individuo, resultante del cociente entre el total anual consumido en el mismo y su población. Este indicador permite establecer una base común para comparar el consumo energético entre distintas regiones.

Se entiende que también puede aplicarse dicha ecuación a regiones de una nación, como las provincias de Argentina, pero considerando como datos la combinación de los principales consumos energéticos en las correspondientes jurisdicciones. La Figura 2 muestra valores de *Epc*, al 2011, en MWh/habitante, obtenidos a partir de los consumos de electricidad, gas en red y combustibles líquidos (nafta y gas oil) (SE Informe Sector Eléctrico, 2012; Ente Nacional Regulador del Gas, 2014; SE Refinación y Comercialización..., 2014). Se advierten como *Epc's* más elevados los de las provincias de Santa Cruz y Chubut, luego los que se verifican en Tierra del Fuego, La Pampa, Neuquén, Río Negro y otras, mientras que las jurisdicciones con menores demandas son Formosa, Santiago del Estero, Jujuy, Tucumán, Salta, Chaco, Misiones, Corrientes. De estos resultados puede inferirse que algunos se encuentran distorsionados por causas locales como por ejemplo, condiciones climáticas extremas, disponibilidades de fuentes energéticas (v. gr. existencia de pozos gasíferos) o presencia de grandes consumos industriales, tal como acontece respectivamente en Tierra del Fuego, Neuquén y Catamarca.

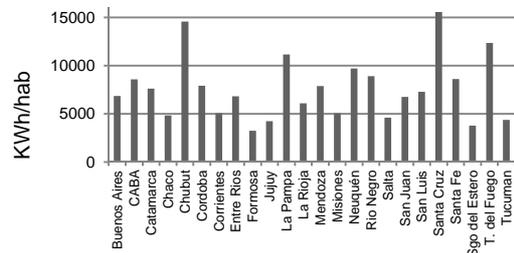


Fig. 2: Energía por habitante y provincia de Argentina

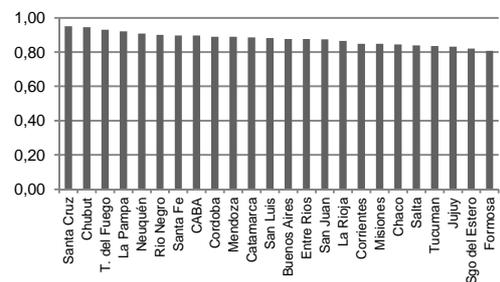


Fig. 3: IDH por Provincia (R. Argentina)

Con los datos de *Epc*, mediante la expresión de Pasternak se determinan los valores de *IDH*, que se exhiben en Figura 3 para los distintos territorios. Según esta gráfica las provincias con menores valores de *IDH*, que podría indicar mayores necesidades de desarrollo a cubrir, son Formosa, Santiago del Estero y Jujuy, lo cual se estima apropiado. Sin embargo, las restantes provincias del Noreste Argentino (Chaco, Corrientes y Misiones), registrarían resultados

levemente superiores al mínimo sugerido como representativo de una calidad de vida aceptable (0,82), las cuales no se correlacionan con las condiciones socioeconómicas imperantes. También se destacan apartamientos similares pronunciados en las provincias de Santa Cruz, Chubut, Catamarca, La Rioja.

2. PROPUESTA Y MÉTODO DE TRABAJO.

Según el trabajo de Ferreiro et al. (2014), lo expuesto sugiere la necesidad de explorar otra opción que permita identificar de manera más adecuada los requerimientos energéticos de las distintas provincias para determinar un ranking para visualizar las que registren mayores necesidades, con el objetivo de establecer, mediante un indicador, las zonas con requerimientos energéticos reducidos o dispersos, que no dispongan del suministro.

Para ello se consideran cinco dimensiones que se estiman representativas de las características económico-sociales de las jurisdicciones. Estas contemplan cinco índices, los que combinados mediante una ponderación dan como resultado el coeficiente que los totaliza. Como dimensiones se consideran dos estrechamente vinculadas al entorno socio-económico y las restantes vinculadas a la energía, pero fuertemente imbricadas con dicho entorno. Ellas se analizan con datos de INDEC (INDEC Censo 2010; INDEC Resultados Definitivos, 2013) y son: proporción de viviendas de baja calidad, representada por un *índice de viviendas por tipo (IVPT)*, ocupación del suelo, representada por un *índice de desocupación del suelo (IDS)*; uso de leña y carbón, representada por un *índice de uso de leña y carbón (IULC)*; carencia de gas mediante red representado por un *índice de carencia de gas por red (ICGR)*; consumo de electricidad representado por un *índice de consumo de electricidad (ICE)*. Estas dimensiones se combinan mediante factores de ponderación para dar lugar a un *Índice de Necesidades Energéticas en Zonas Rurales Dispersas (INED)*.

Para cuantificar las contribuciones de las cinco dimensiones consideradas (*índice de viviendas por tipo, desocupación del suelo, uso de leña o carbón, carencia de gas por red y de energía eléctrica*), se combinan estas mediante la ecuación 2. En ella las contribuciones adoptadas son estimativas de su representatividad para el objetivo del trabajo, habiéndose introducido factores de ponderación para cada una. Para fijar los valores de estos factores se han considerado en forma privilegiada fundamentos expuestos previamente al definir el número de dimensiones. En concreto, deben poner en evidencia, con gran fiabilidad, los resultados de las situaciones socio-económicas, en especial las necesidades energéticas, facilitando su interpretación. Estos factores, en un comienzo fueron delineados a partir de una relevancia equilibrada para todos. También se han evaluado otros valores para ellos optándose finalmente por los consignados en la ecuación 2, otorgando un 50% a las dimensiones sociales (*IVPT e IDS*) y un porcentual similar a las restantes relacionadas a la energía. A su vez se asignó en cada grupo una repartición equilibrada de las ponderaciones.

$$INED = 0.25*(IVPT + IDS) + (0.5/3)*(IULC + ICGR + ICE) \quad (2)$$

A continuación se describen las consideraciones efectuadas para la definición de cada dimensión.

2.1. Índice de Viviendas por Tipo.

Cabe considerar que habitualmente, se considera vivienda como el ámbito definido por paredes y techos de cualquier material, con entrada independiente, que se destina para vivir, esto es reposar, preparar e ingerir alimentos y protegerse de inclemencias climáticas y vicisitudes externas. El INDEC reconoce como tipos de vivienda a: casas; departamentos; habitaciones de hotel o pensión; ranchos; casillas; local no construido para habitación; vivienda móvil (INDEC, 2010). Las casas, departamentos y habitaciones de hotel o pensión implican alojamientos de aceptable calidad habitacional. Mientras que los ranchos, casillas, piezas de inquilinato, locales no construidos para habitación y viviendas móviles, se corresponden con una mayor precariedad, por lo cual se consideran como de calidad menguada. Se infiere que la mayor proporción corresponde a casas, le siguen departamentos, ranchos, casillas y piezas en inquilinato. Los tipos restantes en conjunto no superan el 1 % (INDEC, 2010).

De los resultados anteriores se infiere la relevancia de considerar el tipo de vivienda como un indicador de las características sociales de los núcleos poblacionales de cada provincia o departamento. De lo expuesto se considera que el Número de Viviendas de Calidad Menguada Respecto del Total para cada departamento (*NVCMRT*) es representativa de las realidades sociales. Se considera la provincia o departamento con el máximo valor (*NVCMRT_{max}*) y se lo toma de referencia para todos los demás. Entonces, se define el Índice de Vivienda por Tipo (*IVPT*) conforme la expresión 3.

$$IVPT = \frac{NVCMRT \text{ por prov.o depto.}}{NVCMRT_{max}} \quad (3)$$

2.2. Desocupación del Suelo.

Los asentamientos humanos, aún los dispersos, se dan en zonas con ciertas ventajas para el desarrollo humano, debido a actividades productivas, a su proximidad con fuentes de materias primas o de energía. Esto implica que la ocupación del suelo se encuentra asociada al desarrollo humano, a la calidad de vida y a las posibilidades de crecimiento de las personas.

Es así que, en las zonas con menor densidad de viviendas por unidad de superficie, para que la escasa población realice alguna actividad necesita la energía que no tienen. Por ello, se considera que en esas áreas hay requerimientos reales de energía para el desarrollo.

Para establecer el Índice de Desocupación de Suelo (*IDS*), se considera la inversa de la densidad de viviendas de cada provincia o departamento referida al mayor resultado logrado para la misma (ecuación 4).

$$IDS = \frac{1/\text{Dens.de viv. por prov.o depto.}}{1/\text{Dens}_{min} \text{ de prov.o depto.}} \quad (4)$$

2.3. Uso de Leña y Carbón

Como se ha mencionado, se mantienen en continuo crecimiento los requerimientos energéticos de la población. Ante esta realidad muchos hogares de áreas rurales y de las periferias de los centros urbanos, satisfacen sus demandas con recursos dendroenergéticos, principalmente con leña o carbón. Así, estos hogares prescinden o reducen las

erogaciones por energía. Tales consumos de energía están asociados con sectores que registran niveles degradados de desarrollo humano, por lo cual es adecuado incluir un indicador que los contemple.

Por ello, se determina para cada jurisdicción la relación entre cantidad de viviendas particulares que utilizan leña y carbón como combustible relativo al total de unidades habitacionales – VLCRT - (INDEC, 2010). Con estos datos, se calcula para cada provincia o departamento el Índice de Uso de Leña y Carbón (*IULC*) como el cociente de cada VLCRT referenciado a su mayor valor de todos los obtenidos para las jurisdicciones consideradas.

2.4. Carencia de gas por red

Se incluye un indicador que refleja los consumos de gas por redes, ya que en la mayor parte de las provincias, los hogares con poder adquisitivo medio y elevado tienen acceso a dicho combustible a través de las mismas. Es evidente que, en zonas rurales, en especial con agrupamientos poblacionales dispersos, se abastecen de gas mediante garrafas, tubos o a granel (zeppelin), lo cual fundamenta la incorporación del presente indicador.

Por ello, se calcula para cada provincia la relación entre número de viviendas que consumen gas por red y el total de unidades – VGRRT - (INDEC, 2013). Con estos datos se determina el Índice de Carencia de Gas por Red (*ICGR*) que resulta del cociente entre VGRRT por jurisdicción y el mayor valor alcanzado para él mismo.

2.5. Carencia de electricidad.

Se considera adecuado incluir un indicador que refleje la indisponibilidad de un servicio de provisión de energía eléctrica por red (EE), ya que en la mayoría de las provincias o departamentos provinciales los hogares con poder adquisitivo medio y elevado tienen acceso al mismo.

El suministro de electricidad por redes si bien se ha expandido con notoriedad, no cubre algunas regiones. Por esta razón en muchos departamentos provinciales, en especial en aquellos con zonas rurales con agrupamientos poblacionales dispersos, solo se abastecen con grupos electrógenos o con dispositivos no convencionales. Lo expresado fundamenta la incorporación del presente indicador.

A tal fin, se calcula para cada provincia o departamento la diferencia entre el número total de hogares y el de usuarios residenciales de EE (Secretaría de Energía, 2010), referida al total de hogares de la jurisdicción – NHCE - (INDEC, 2010).

Con estos datos se determina el Índice de Carencia de Electricidad (ICE) que resulta del cociente entre los NHCE para cada jurisdicción y su mayor valor alcanzado.

3. Aplicaciones y resultados.

Las figuras 4,5,6,7 y 8 muestran los resultados obtenidos para cada caso.

3.1. Para Argentina.

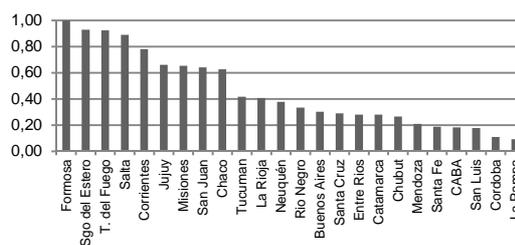


Fig. 4: IVPT para cada provincia

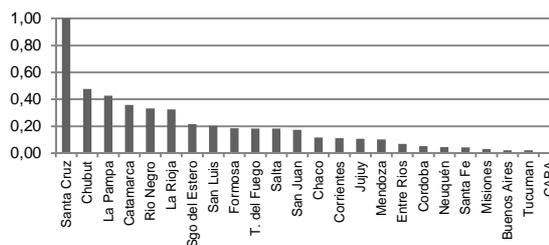


Fig. 5: IDS por provincia

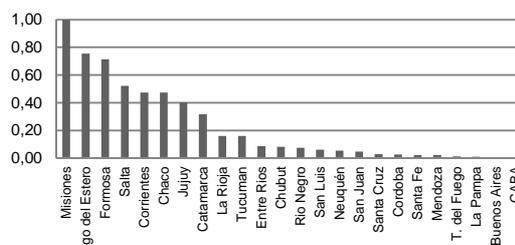


Fig. 6: IULC por provincia

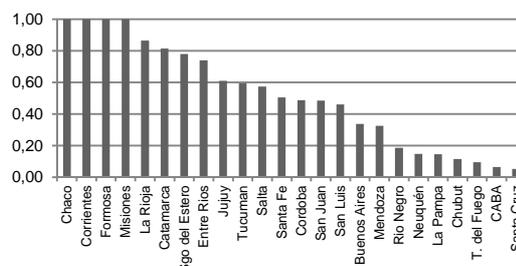


Fig. 7: ICGR por Provincia

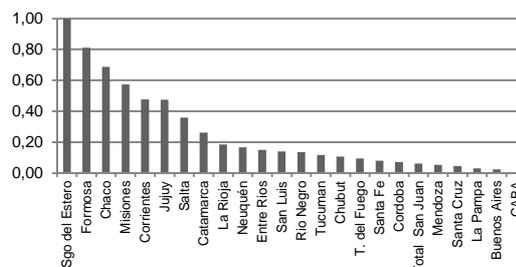


Fig.8: ICE por provincia.

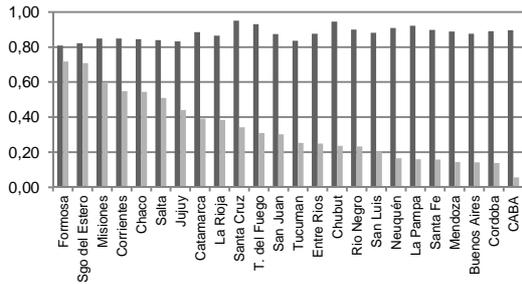


Fig. 9: Resultados de INED y datos de IDH

En la Figura 9 se muestran los valores de INED para las provincias argentinas. Además, en ella se exhiben los de IDH, que evidencian un perfil prácticamente “plano” con datos similares para todo el país.

En esta gráfica se observa para el INED un espectro más amplio de valores (entre 0.05 para CABA y 0.7 en Formosa) respecto del IDH, lo cual permite distinguir con claridad las necesidades energéticas provinciales más notorias.

En el trabajo de Ferreiro et al. se considera que un índice como el propuesto tiene mayor fidelidad para representar las necesidades energéticas de cada provincia en relación con las demás, aunque no necesariamente su potencialidad para cubrirla. Además se observa en los resultados del INED que las provincias con mayores requerimientos son del Norte Argentino. Más aún, las primeras nueve (entre las cuales se encuentra Santiago del Estero) tienen valores del índice superiores a 0.4 y se localizan en esa región, en la cual el recurso solar es abundante.

3.2. Para Santiago del Estero.

En la Figura 10 se muestra la distribución de hogares en la provincia, según la tenencia de EE (INDEC, 2010). Se infiere en forma clara que: 86% de las viviendas están conectadas a la red eléctrica; 5% poseen electricidad por generación propia a motor u otros medios; y 9% no cuentan con acceso a la EE, ni gozan de sus ventajas. De lo expresado surge la importancia de disponer de un indicador que permita establecer objetivamente las zonas con mayores retrasos de la provincia donde la implementación de redes de energía permita desarrollar y potenciar las actividades socio-económicas.

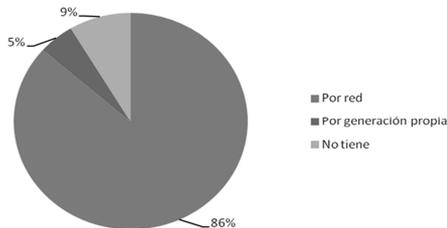
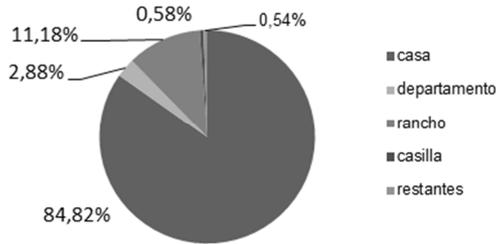


Fig. 10: Hogares de Santiago del Estero según tenencia de EE (INDEC, 2010)

La figura 11 exhibe porcentajes por tipo de vivienda de Santiago del Estero.

De la figura 12 se infiere que es muy notoria la prevalencia de viviendas precarias en los departamentos Figueroa y Mitre. Le siguen en un segundo nivel los departamentos

Salavina y San Martín, y en un tercer nivel Avellaneda, Sarmiento y Juan F. Ibarra. La variación de este indicador para las restantes jurisdicciones es decreciente. De estos datos y la realidad que se advierte en los citados territorios, se estima que el índice definido es adecuado a los fines de la presente etapa de este trabajo.



La Fig. 11: Hogares por tipo de vivienda (Pcia. de Santiago del Estero)

Para cada indicador definido previamente se obtienen las siguientes figuras.

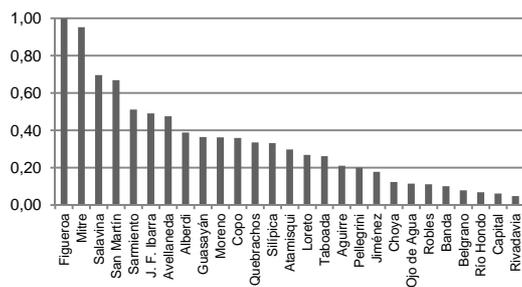


Fig. 12: IVPT por Departamento de la Pcia. de Santiago del Estero

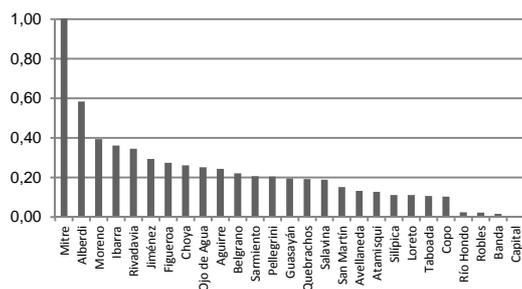


Fig. 13: IDS por Departamento (Pcia. de Santiago del Estero)

En la figura 13 se pone en evidencia que el Departamento Mitre es el de menor densidad poblacional. Los valores obtenidos (Figura 13), lo señalan como el que posee menor densidad de viviendas, aún más reducida que Alberdi, Rivadavia, Ibarra y Moreno.

El IULC alcanza su mayor valor correspondiendo al Departamento Figueroa. Los datos se exponen en Figura 14. Le siguen los departamentos San Martín, Atamisqui, Salavina, Silípica y Sarmiento.

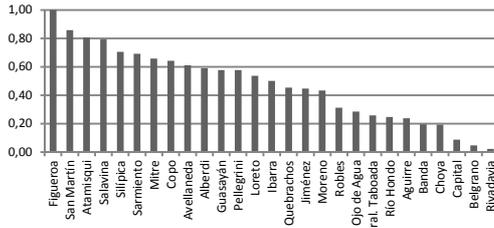


Fig. 14: IULC por departamento

En el otro extremo se ubican los valores correspondientes a Rivadavia, Belgrano y Capital. También, los resultados y las realidades propias de las geografías consideradas, indican que este índice es consistente para este trabajo.

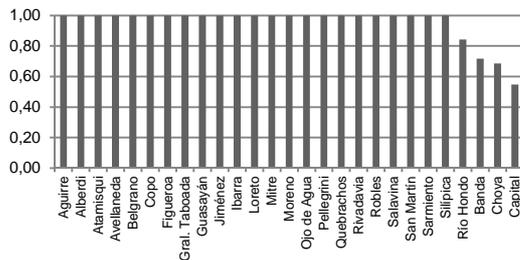


Fig. 15: ICGR por departamento de Santiago del Estero

En la Figura 15 se representa ICGR en donde se observa muchos departamentos con valor unitario debido a que a ellos no llega la red de gas.

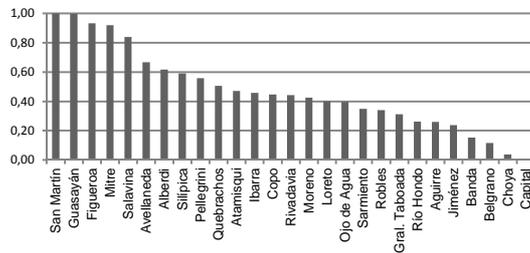


Fig. 16: ICE por cada jurisdicción departamental

En cuanto a la carencia de electricidad, el mayor alcanzado, corresponde a los Departamentos San Martín y Guasayán. Los resultados se muestran en la Figura 16.

En la Figura 17 se muestran los valores resultantes de INED por departamento de la provincia de Santiago del Estero, conforme la ecuación 2.1.

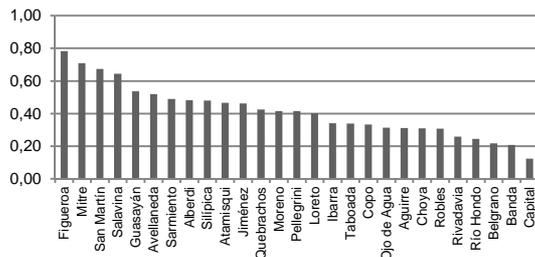


Fig. 17: INED por departamento de la Pcia. de S. del Estero

4. ANALISIS

Se advierte cierta paridad en los resultados correspondientes a algunos departamentos, lo que es en particular visible para los máximos valores del INED correspondientes a Mitre y Figueroa, lo cual se estima acorde a la realidad socioeconómica que se advierte para los mismos. En este sentido, el número de habitantes del Dpto. Mitre es reducido, siendo el de menor densidad de población de la provincia con solo 0.5 hab/km², lo que podría deberse a varios factores, entre los que en primera instancia se mencionan dos, por una parte inexistencia de rutas importantes o en buen estado, y por otra la topografía imperante en su territorio con una marcada proporción de terrenos bajos e inundables. En contraposición, los restantes departamentos tienen valores más elevados, siendo los correspondientes para Alberdi y Rivadavia los que tienen cifras superiores inmediatas en densidad poblacional, respectivamente con 1.3 y 1.5 hab/km².

Con el fin de analizar si los resultados logrados mediante el INED se ajustan a las realidades propias de los diferentes departamentos de Santiago del Estero, se estima apropiado examinarlos teniendo presente que el objetivo final de este indicador es propiciar aportes de energía que finalmente contribuyan al desarrollo humano en cada uno de ellos. En este sentido, se entiende adecuado considerar dichos resultados en correlación con los datos de población con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Estos últimos datos, obtenidos del INDEC (2001), se consideran representativos de los niveles de carencia en las condiciones de vida (y en cierto modo de la pobreza y precariedad) en cada jurisdicción, por lo cual aceptamos que se pueden asumir como representativos de necesidades de desarrollo humano. En este orden, los valores de NBI más notorios son los de los departamentos Figueroa y San Martín con 37 y 35,3% de hogares con estas características, mientras que en el extremo de valores menores se tienen a Rivadavia con 8,4% y Capital con 9,4% (DINREP, 2014). En estos resultados se advierte similitud en las posiciones extremas, lo cual infiere su razonabilidad.

Por lo expuesto, se considera que los datos logrados para el indicador determinado a través de la ecuación (2) resultan apropiados para establecer un ranking de las necesidades energéticas en las distintas jurisdicciones departamentales.

5. CONCLUSIONES

Se observa, de los resultados del INED a nivel nacional, que las provincias con mayores necesidades energéticas son las del norte argentino (NA). Más aún las primeras nueve, entre las cuales se encuentra Santiago del Estero, tienen valores del índice superiores a 0.35 y se localizan en el NA, en el cual el recurso solar es abundante.

Estos resultados tienen paralelismo con algunas conclusiones de Gonçalvez O. (s.d.), quien especifica que entre las provincias más recurrentemente mencionadas por pobreza y vulnerabilidad social se encuentra Santiago del Estero, y además que los departamentos en los que se evidencia mayor incidencia son Figueroa, Mitre, Alberdi, Jiménez e Ibarra. Estas últimas jurisdicciones son las que se ubican mayor cantidad de veces en los primeros lugares de cada uno de los indicadores aplicados por el citado para medir el nivel de pobreza y de vulnerabilidad social.

Entonces, de la figura 15 se evidencian como necesidades energéticas más notorias las correspondientes a los Departamentos Mitre y Figueroa, y en menor medida las de San Martín y Salavina. En este sentido, debe tenerse presente que Mitre es una jurisdicción con una densidad de población de sólo 0,5 habitantes/km². Es la más reducida de toda la provincia, lo que como se ha expresado, infiere una muy atenuada actividad productiva, comercial y administrativa. Por ello, se manifiesta el encumbramiento de este departamento en el orden tanto del *INED* como del índice de población con *NBI*.

También se advierte que varios departamentos, además de los citados precedentemente, registran valores del índice mayores a 0,5, tal es el caso de Guasayán y Avellaneda. Inmediatamente por debajo se ubican los datos alcanzados para Sarmiento, Alberdi, Silípica, Atamisqui y Jiménez. En cuanto a los departamentos cuyos indicadores resultan más atenuados, se destacan aquellos con valores por debajo de 0,3, concretamente Rivadavia, Río Hondo, Banda, Belgrano y Capital. Se destaca que el *INED* tiende a evidenciar necesidades energéticas, mientras que índice de población con *NBI* contempla además otros requerimientos, lo cual justifica cierta discrepancia entre sus valores, en particular para Río Hondo, Banda, Belgrano y Capital.

En tal sentido considerando que la provincia de Santiago del Estero integra el NA, en donde el recurso solar es abundante, se estima que las alternativas de producción y provisión de energía pueden incluir instalaciones híbridas no convencionales con componente solar. Cabe mencionar que estas instalaciones hasta el momento han tenido escasa aplicación en la provincia.

En virtud de lo expresado y de los resultados obtenidos, se considera que la metodología propuesta es apropiada para la determinación de un Índice de Necesidades Energéticas en Zonas Rurales Dispersas (*INED*).

REFERENCIAS

- Balachandra P. (2011). Dynamics of rural energy access in India: An assessment. *Energy*, **36**, 5556-5567.
- Barembaum M., Anastasio M. Caracterización económica de la provincia de Santiago del Estero: Evolución de Agricultura en la provincia.- Apuntes Agroeconómicos, Año 3 N° 4.- Facultad de Agronomía. – Universidad de Buenos Aires.
http://www.agro.uba.ar/apuntes/no_4/santiago.htm
- Cadena C. (2006). ¿Electrificación o Energización? Mediante Energías Alternativas en Zonas Rurales.- *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **10**, 04.83-04.90.
- Collins, J.A. (2003). Mechanical Design of Machine Elements and Machines, en “Serdar Özkana S., Karayela D., Vatansevera F., *Developing an integrated intelligent system using knowledge technologies for mechanical product design*, 5th International Advanced Technologies Symposium (IATS’09). Karabuk, Turkey”. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Consejo Provincial de Vialidad de Santiago del Estero, Mapa Vial de Santiago del Estero, 2009.
- Dirección Nacional de Relaciones Económicas con las Provincias (DINREP). *Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) - Información censal del año 2010*. 2014.
- <http://www2.mecon.gov.ar/hacienda/dinrep/Informes/arcivos/NBIAmpliado.pdf>
- Ente Nacional Regulador del Gas. (2014). Datos operativos. Gas Entregado y número de Usuarios por Tipo de Servicio.
<http://www.enargas.gov.ar/DatosOper/Indice.php>
- Ferreiro A., Ottavianelli E., Juárez C. (2014). Energía y Desarrollo: Una perspectiva del Vínculo en Argentina – *IV Congreso de Ingeniería Mecánica*.
- Gonçalves O. (s.d.). Consultoría Determinación de Áreas críticas forestales en el Parque Chaqueño - Informe 1 de consultoría socio – económica.
http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/CompBosNatBio/file/Producto%205_2%20analisis%20de%20datos.pdf.
- IAEA (2008). Indicadores Energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías.
- Ilskog E. (2008). Indicators for assessment of rural electrification—An approach for the comparison of apples and pears. *Energy Policy*, **36**, 2665– 2673.
- INDEC (2001). Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas.
- INDEC (2010). Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas.
- INDEC (2013). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas – Resultados definitivos. Glosario.
<http://www.censo2010.indec.gov.ar/resultadosdefinitivos.asp>
<http://www.censo2010.indec.gov.ar/cuadrosDefinitivos/glosario.pdf>. 2013.
- International Energy Agency (IAE). 30 Key Energy Trends in the IEA & Worldwide. www.iea.org, 2004.
- Juárez C. R., Ferreiro A., Ottavianelli E., Rigali S., Fernández R., Nassif N. (2014). Un Indicador con factores sociales para el análisis de requerimientos energéticos en zonas rurales de Santiago del Estero. AVERMA,
- Kanagawa M., T. Nakata. (2008). Assessment of access to electricity and the socio-economic impacts in rural areas of developing countries. *Energy Policy*, **36**, 2016–2029.
- Mathey D. (2007). Métodos e indicadores para la estimación de la pobreza rural en la Argentina. Instituto de Economía y Sociología. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA*.
http://inta.gob.ar/documentos/metodos-e-indicadores-para-la-estimacion-de-la-pobreza-rural-en-la-argentina/at_multi_download/file/dt_35.pdf, 28/9/14.
- Nakata T. (2004). Energy-economic models and the environment. *Progress in Energy and Combustion Science*, **30**, 417–475.
- Nassif N. & Diaz R. (2011). *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.
- Ottavianelli E., Cadena C. (2012). La importancia de factores sociales en estudios de factibilidad de instalación de sistemas solares para generación de electricidad en zonas rurales de la provincia de Salta.
- Ottavianelli E., Ibarra M., Cadena C. (2013). Uso de indicadores sociales en estudios de factibilidad de instalación de sistemas solares para generación de electricidad en localidades rurales. Provincia de Salta, XX Simposio Peruano de Energía Solar, Tacna (Perú).
- Ottavianelli E., Cadena C.; Ibarra P. M. (2014). Social Indicators in Preliminary Studies for the Installation of

- Solar Panels. Province of Salta, Argentina. *Journal of Energy and Power Engineering*, **8**, 11, 1869 - 1875.
- Pachauri S., Mueller A., Kemmler A., Spreng D. (2004). On Measuring Energy Poverty in Indian Households. *World Development*, **32**, 12, 2083–2104.
- Pasternak A. (2000). Global Energy Futures and Human Development: A Framework for Analysis. U.S. Department of Energy. Lawrence Livermore National Laboratory. <https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/239193.pdf>. 24/4/2013.
- PNUD (2013). Informe Nacional sobre Desarrollo Humano 2013. Argentina en un mundo incierto: Asegurar el desarrollo humano en el siglo XXI.
- PNUD (2010). Informe sobre Desarrollo Humano. Ediciones Mundi-Prensa.
- PNUD (2011). Informe sobre Desarrollo Humano. Ediciones Mundi-Prensa.
- Portal Valenzuela B. (2014). El impacto social sobre el bosque nativo de Chiloé insular. Universidad de Santiago de Chile, <http://www.cartografia.cl/download/belfor.pdf>.
- PNUD (2009). Aportes para el Desarrollo Humano en Argentina.
- PNUD). (1990). Desarrollo Humano - Informe 1990. *Tercer Mundo Editores*. Bogotá.
- PNUD (2010). Informe sobre Desarrollo Humano. *Ediciones Mundi-Prensa*.
- Secretaría de Energía. Informe Sector Eléctrico 2005. <http://energia3.mecon.gov.ar/>.
- Secretaría de Energía; *Informe Sector Eléctrico 2011*, <http://energia3.mecon.gov.ar/>.
- Secretaría de Energía. PERMER. Mayo de 2015 <https://www.se.gob.ar/permer/>
- Secretaría de Energía. Prospectiva 2002. <http://energia3.mecon.gov.ar/>.
- Secretaría de Energía. *Refinación y Comercialización de Petróleo, Gas y Derivados* -Tablas desde 2010, 2014 <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3300>