



## TRABAJO TEÓRICO EXPERIMENTAL

# Potenciales para la diversificación de la matriz energética del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado

## *Potentialities for the diversification of the energy matrix of the National Center for Applied Electromagnetism*

Mónica Rosario Berenguer Ungaro<sup>1</sup>  
Douglas Deás Yero<sup>1</sup>  
Ramón Arias Gilart<sup>1</sup>

Norma Rafaela Hernández Rodríguez<sup>2</sup>  
Jorge Prada Sánchez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de electromagnetismo Aplicado. Santiago de Cuba. Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba.

<sup>3</sup>Empresa Eléctrica. Santiago de Cuba. Cuba

E-mail: [monicab@uo.edu.cu](mailto:monicab@uo.edu.cu)

Recibido : abril del 2018      Aprobado: septiembre del 2018

Licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional.



### RESUMEN/ ABSTRACT

El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de diversificación de la matriz energética del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA). Esta evaluación se realizó a través de tres pasos. En el primer paso, se determinó la demanda de electricidad del CNEA, la factura eléctrica fue la fuente de información. En el segundo paso, se identificaron los posibles emplazamientos, para la instalación de paneles solares. En el tercer paso, se calculó el porcentaje de la demanda de energía eléctrica del CNEA que podría ser cubierto por la generación que se lograría con estos paneles fotovoltaicos. Como resultado, se identificaron cinco ubicaciones posibles, todas en el techo del CNEA. Con la propuesta se podría cubrir el 100% de la demanda de energía eléctrica del centro. Se recomendó continuar el estudio técnico-económico con el fin de presentar un proyecto para la búsqueda de financiación.

**Palabras claves:** matriz energética; paneles fotovoltaicos; demanda de energía

*The objective of this work is to evaluate the potential for diversification of the energy matrix for the National Applied Electromagnetism Center (CNEA). This evaluation was carried out through three steps. In the first step, the electricity demand of the CNEA was determined, the electric bill was the source of information. In the second step, the possible sites for the solar panels installation were identified. In the third step, the percentage of CNEA's electric power demand that could be covered by the generation, having into account these photovoltaic panels was calculated. As a result, five possible locations were identified, all on the CNEA roof. It could be cover the 100% of the demand for electricity in the center with the proposal. It was recommended to continue with the technical-economic study in order to present a project to search for financing.*

**Key words:** energy matrix; photovoltaic panels; energy demand.

### INTRODUCCIÓN

En diciembre del 2015 se celebró en París la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se aprobaron 17 objetivos de desarrollo sostenible, el número siete enuncia: “garantizar acceso a energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”, reconociendo que la forma de uso de la energía es el factor determinante del cambio climático, esta representa dos tercios del total de las emisiones de gases de efecto invernadero, también se reconoció que las fuentes renovables de energía constituye actualmente un 15 % de la matriz energética global. Cuba no escapa de esta realidad y el estado ha estimulado el uso de las fuentes renovables de energía[1]

El uso de las fuentes alternativas de energía cada día se extiende más en el mundo. Algunos países las desarrollan con el objetivo de alcanzar el autoabastecimiento energético y otros las identifican como parte de la solución para disminuir los efectos del cambio climático a nivel global. Para cumplir los objetivos anteriores se desarrollan tecnologías que aprovechan la energía del viento, del mar, el calor de la tierra, la biomasa y la energía de sol. Esta última se utiliza con diferentes fines: calentadores solares [2], secadores solares [3; 4] y para generar electricidad, conocida esta última como energía solar fotovoltaica. Esta es, a su vez, el método más directo de producir electricidad a partir de la radiación solar, sin producir ruido o emisiones de gases, se han estudiado las potencialidades de los territorios a partir de las condiciones en su ubicación geográfica, haciendo la selección de los sitios por las características de potencial solar, eficiencia de la infraestructura eléctrica y disponibilidad del espacio para la introducción de los sistemas fotovoltaicos [5].

Los sistemas fotovoltaicos se clasifican en: autónomos [6] y conectados a red. Los primeros deben abastecer en su totalidad la demanda energética sin la necesidad de contar con otro tipo de forma de energía. Los segundos deben ser capaces de trabajar con ambos tipos de energía, es decir cuando el sistema fotovoltaico no es capaz de entregar la cantidad de energía que se requiere, la red eléctrica entra en funcionamiento para suplir esta falta. Sin embargo, también son necesarios sistemas fotovoltaicos que entren a funcionar en un horario específico y que alimenten un porcentaje de la carga o una carga en específico, manteniendo el servicio de la red. Estos tienen como objetivo disminuir la demanda de energía eléctrica en el tiempo seleccionado.

Independientemente del tipo de sistema fotovoltaico que se utilice, es necesario escoger la localización donde se emplazarán los paneles solares. Muchas organizaciones solo cuentan para este fin con las fachadas y con la cubierta o techo [7; 8]. El uso de estas superficies es conocido como sistemas fotovoltaicos integrados a edificios, en inglés (**BIPV**) y cada día incrementan su presencia en los entornos urbanos. De forma particular, las cubiertas ofrecen mayor potencial de integración en términos de producción energética, por ser las superficies mejor situadas, con una mayor extensión, libres de obstáculos y restricciones. Por estas razones, el objetivo de este trabajo es evaluar las potencialidades para la diversificación de la matriz energética del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, utilizando la cubierta del centro para la generación de electricidad a partir de paneles fotovoltaicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de evaluar las potencialidades para diversificar la matriz energética, de forma particular con la generación de electricidad utilizando un sistema fotovoltaico, se diseñó una metodología formada por tres pasos:

### Primer paso

Objetivo: Caracterizar el consumo de electricidad

- Demanda de la energía eléctrica de la organización. Para conocer la demanda de energía eléctrica se utiliza como fuente de información la factura eléctrica de la organización, de esta se extrae la demanda registrada día y se determina la máxima demanda.
- Caracterización de la carga eléctrica de la organización (Se determina si la carga eléctrica es de iluminación o de fuerza).

### Segundo paso

Objetivo: Identificar y caracterizar los posibles escenarios para ubicar los emplazamientos de los paneles fotovoltaicos.

- Aplicación del procedimiento para identificar los escenarios; se utiliza como herramienta una vista aérea, esta permitirá detectar posibles sombras, debido a la cercanía de árboles u otras edificaciones, y con los resultados se calcula el área de cada escenario identificado. Se pueden utilizar fotografías, vista áreas y planos [9].
- Para calcular el potencial para la generación de electricidad, por cada escenario identificado, se toma como referencia que: el número de horas de irradiación solar constante es hipotéticamente 1000 kW/m<sup>2</sup> [10]. Esto significa que una hora solar pico (HPS, por sus siglas en inglés) equivale a 1 Kwh/m<sup>2</sup> o a 3,6 MJ/m<sup>2</sup>. En Cuba se comercializan paneles solares que generan 150 W/m<sup>2</sup>, por lo que se utiliza este factor para el cálculo de la potencia por área en cada escenario según la ecuación (1).

$$potencia = \text{área} \cdot 150 \quad (1)$$

### Tercer paso

Objetivo: Evaluar el porcentaje de la demanda que puede cubrirse con la generación fotovoltaica.

- Comparación de la demanda de energía eléctrica contra el potencial de generación de electricidad por cada escenario identificado. También se evalúa qué carga puede cubrirse.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología propuesta se aplica al Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado como un estudio de caso.

### Primer paso

Para la caracterización del consumo de electricidad del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), se utiliza la máxima demanda registrada día, porque en este indicador se unifican, la cantidad de carga (equipos, luminarias, etc.), el factor de coincidencia (equipos conectados simultáneamente) y el régimen de trabajo de los mismos. Para el estudio se utilizó como fuente de información primaria la factura eléctrica, de forma específica el dato relacionado con la demanda máxima registrada día, se calculó el promedio por mes, figura 1, de la misma se observa que la mayor demanda promedio se alcanza en el mes de junio, 52,67kW.

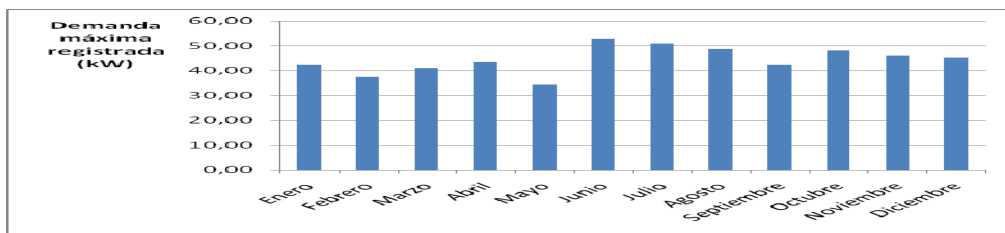


Fig.1. Demanda registrada día promedio de los años 2015, 2016 y 2017.

Es necesario señalar que la máxima demanda registrada correspondió al mes de junio del año 2016, con un valor de 59kW. Se pudiera agregar que los máximos valores obtenidos en este gráfico pertenecen a los meses del verano, por lo que este consumo está estrechamente relacionado con la refrigeración y con el desarrollo de las tesis de diploma. Para caracterizar la carga de iluminación y fuerza, se empleó un cartograma de cargas porque a través de este, se informa la estructura de la carga en cada área de la organización de forma rápida y simple. Las cargas se representan en círculos, los cuales se dividen en sectores coincidentes con las cargas de fuerza (color azul) y de iluminación (color rojo), como se muestra en la figura 2.

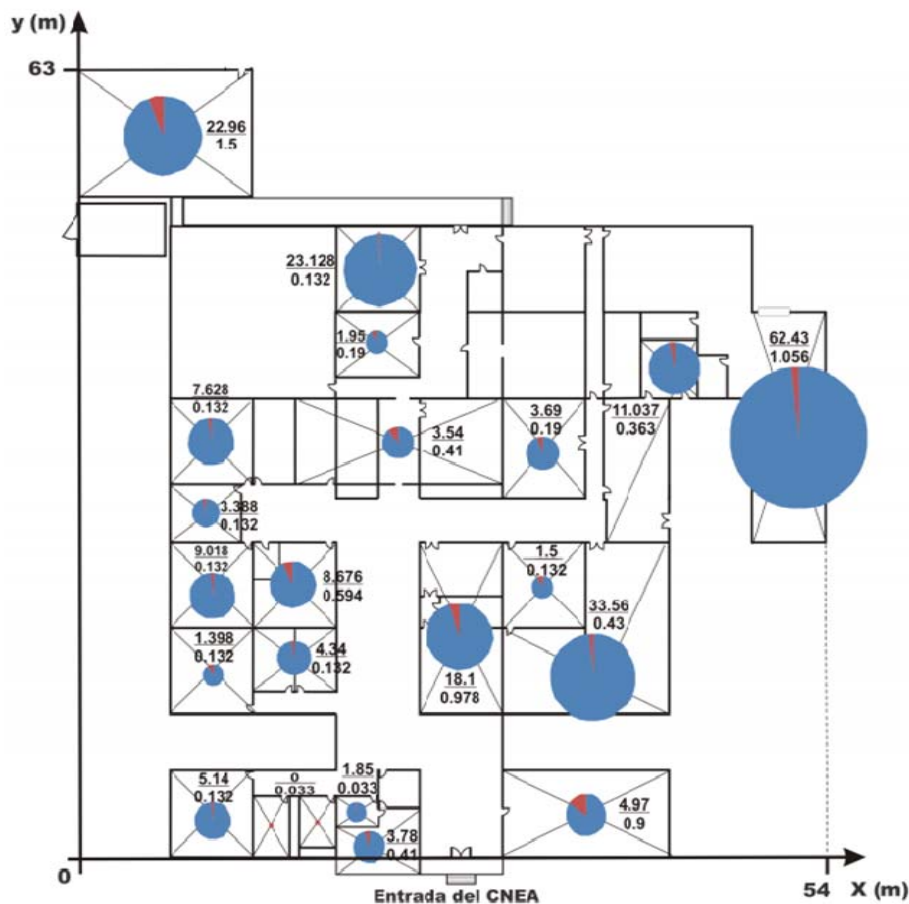


Fig. 2. Cartograma de carga del CNEA

Como se observa en la figura 2, en el centro analizado predominan las cargas de fuerza, la mayor concentración de estas cargas se localizan en las áreas del taller de mecánica y en los laboratorios de caracterizaciones magnéticas, de servicios ambientales y biotecnología vegetal.

### Segundo paso

Para identificar las zonas se utiliza una vista aérea del CNEA, que permitió identificar cinco posibles escenarios, los cuales se muestran en la figura 3.



Fig. 3. Localización de los cinco escenarios posibles en el CNEA.

Se determina el área de cada escenario identificado y se calcula la potencia que se pudiera generar en ellos, tabla 1.

Tabla 1 Potencia en kW por escenario		
Localización	Área (m <sup>2</sup> )	Potencia (kW)
1	144	21
2	150	22,5
3	288	43,2
4	216	32,4
5	220	33
Total	1018	152,1

De los escenarios identificados, el uno, dos y cuatro, son los que geográficamente se encuentran más cerca del transformador que alimenta al CNEA; sin embargo, son los que presentan más bajas potencialidades.

### Tercer paso

Se comparan los valores de la potencia generada para cada uno de los escenarios identificados con las demandas registradas día mensual, figura 4. Se aprecia que la potencia generada, por los escenarios de forma individual, no satisfacen la demanda día registrada; sin embargo esto se podría lograr utilizando varios escenarios a la vez.

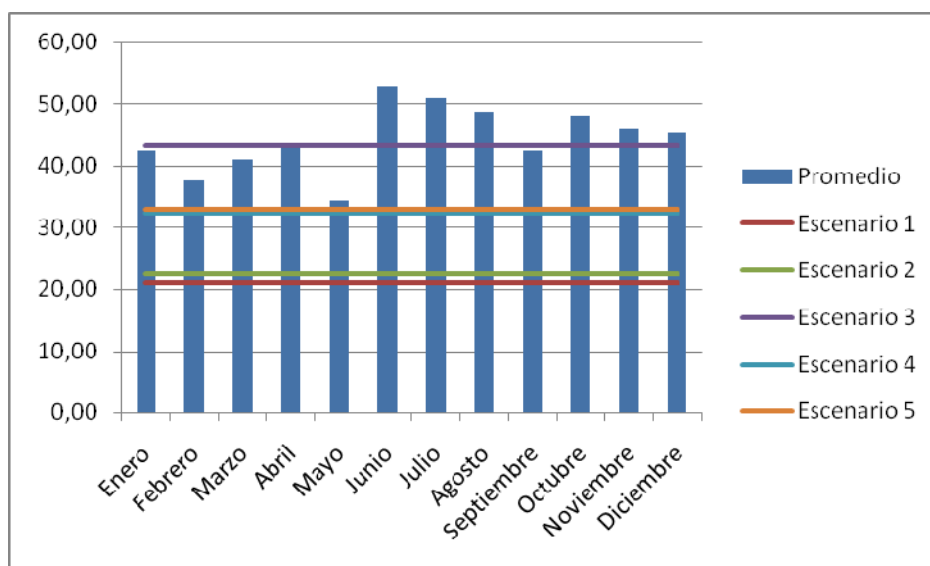


Fig. 4. Demanda día registrada cubierta por cada uno de los escenarios

De la figura 4, se aprecia que, la potencia generada por los escenarios de forma individual no satisfacen la demanda día registrada; aunque si se realizan combinaciones de escenario se lograría satisfacer la demanda actual.

## CONCLUSIONES

Se presentó una metodología sencilla que permite evaluar las potencialidades para diversificar la matriz energética en una organización e introducir la energía solar fotovoltaica.

La aplicación de la metodología en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, permitió identificar cinco escenarios y las potencialidades para cubrir el 100% de la demanda. Se recomienda realizar otros estudios que permitan la materialización de esta propuesta.

## REFERENCIAS

- [1]. BRAVO HIDALGO, D. Energía y desarrollo sostenible en Cuba. Centro Azúcar, 2015, 42(4), 14-25. ISSN: 2223-4861. [Consultado en: 13 de Abril 2017]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612015000400002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612015000400002)
- [2]. ABD-UR-REHMAN, H. M. AND AL-SULAIMAN, F. A. Optimum selection of solar water heating (SWH) systems based on their comparative techno-economic feasibility study for the domestic sector of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, 62, 336-349. ISSN: 1364-0321. [Consultado en: 24 Marzo 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/302922410\\_Optimum\\_selection\\_of\\_solar\\_water\\_heating\\_SWH\\_systems\\_based\\_on\\_their\\_comparative techno-economic\\_feasibility\\_study\\_for\\_the\\_domestic\\_sector\\_of\\_Saudi\\_Arabia](https://www.researchgate.net/publication/302922410_Optimum_selection_of_solar_water_heating_SWH_systems_based_on_their_comparative techno-economic_feasibility_study_for_the_domestic_sector_of_Saudi_Arabia).
- [3]. TORRES, A. P. G. AND MONTAÑA, J. E. C. Sobre el Rol Innovador de la Educación Energética para la Investigación en Ingeniería Ingeniería, 2014, 19(2). ISSN: 2344-8393. [Consultado en: 20 de Noviembre del 2016]. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/view/7595>.
- [4]. QUINTANAR OLGUIN, J. AND ROA DURÁN, R. Evaluación térmica y financiera del proceso de secado de grano de café en un secador solar activo tipo invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2017, 8(2), 321-331. ISSN: 2007-0934. [Consultado en: 28 de Marzo 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/2631/263150548006/>.
- [5]. RODRÍGUEZ LÓPEZ, M. D. C. AND RODRÍGUEZ GÁMEZ, L. I. *Mecanismos financieros para proyectos de energías renovables en la frontera México-Estados Unidos*. edited by REGIONAL. Edtion ed. Universidad Nacional Autónoma de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2018. 126 p. [Consultado en: 3 de Marzo de 2018] Disponible en: <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/3749>. ISBN 978-607-02-9998-8.

- [6]. VALDERRAMA, J. J. G., YARA, O. D. C. AND BALLESTEROS, M. J. E. Sistema de Refrigeración Autónomo Alimentado con Energía Solar. Revista del Sistema de Ciencia Tecnología e Innovación (SENNOVA), 2017, 2(2), 94-109. ISSN: 2389-9573. [Consultado en: 13 de Abril 2017]. Disponible en: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/sennova/article/view/551>.
- [7]. ALVARADO, R. G., LOBOS, D., NOPE, A. AND TINAPP, F. Evaluación del Potencial Solar de Techumbres Mediante Drones+ BIM. Blucher Design Proceedings, 2015, 2(3), 336-340. ISSN: 2318-6968. [Consultado en: 13 de Abril 2017]. Disponible en: [http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2015\\_8.81.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2015_8.81.pdf)
- [8]. OSORIO LAURENCIO, L. AND MONTERO LAURENCIO, R. Análisis energético de un sistema fotovoltaico integrado a una cubierta plana horizontal. Ingeniería Energética, 2016, 37(1), 45-54. ISSN: 1815-5901. [Consultado en: 13 de Abril 2017]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012016000100006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012016000100006).
- [9]. HERNANDEZ, J. M., DE CELIS ALONSO, B., NOCHEBUENA, M. C. V. AND OLIVER, J. S. Integración de sistemas de energía solar fotovoltaica en el edificio de oficinas del ZAE en Alemania. Hábitat Sustentable, 2013, 2(2), 59-72. ISSN: 0719-0700. [Consultado en: 11 de Abril 2017]. Disponible en: <http://remaderas.ubiobio.cl/ojs/index.php/ojsantiguo/article/view/382>.
- [10]. STOLIK NOVYGRD, D. La energía FV: oportunidad y necesidad para Cuba. Economía y Desarrollo, 2014, 152(2), 69-86. ISSN: 0252-8584. [Consultado en: 12 de Abril 2017]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0252-85842014000200005>