



Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial

The photovoltaic systems and territorial ordination

María - Rodríguez Gámez
Antonio - Vázquez Pérez

Miguel - Castro Fernández
Miriam – Vilaragut Llanes

Recibido: Noviembre del 2012
Aprobado: Abril del 2013

Resumen/ Abstract

La generación fotovoltaica con sistemas conectados a red eléctrica en el esquema de generación distribuida, es una alternativa que contribuye con beneficios a la reducción del pico de demanda vespertina, a la disminución de pérdidas por distribución; siendo una opción en el desarrollo de las inversiones que incrementan la capacidad de la red de distribución en un escenario a gran escala, pudiendo sustituir inversiones en capacidad de generación y transmisión. Esta idea supone la penetración de la tecnología fotovoltaica aumentando su presencia en la generación eléctrica.

Los resultados presentados forman parte de la elaboración de los estudios de prefactibilidad para determinar la incidencia de la radiación solar, considerando la ordenación del territorio a partir de las condiciones de la ubicación geográfica, haciendo la selección de los sitios adecuados por las características de potencial solar, eficiencia de la infraestructura eléctrica y disponibilidad del espacio para la introducción de los sistemas fotovoltaicos.

Palabras clave: generación distribuida, ordenación territorial, potencial solar, sistemas fotovoltaicos conectados a red.

The photovoltaic generation with connected systems to electric grid in the outline of distributed generation, is an alternative that contributes with benefits to the reduction of the pick of evening demand, to the decrease of losses for distribution; being an option in the development of the investments that it increase the capacity of the distribution grid in a scenario to great scale, being able to substitute investments in generation capacity and transmission. This idea supposes the penetration of the photovoltaic technology increasing in the electric generation.

The presented results are part of the elaboration of the studies of feasibility to determine the incidence of the solar radiation, considering the ordination of the territory starting from the conditions of the geographical location, making the selection of the places adapted by the characteristics of solar potential, the electric efficiency, infrastructure and readiness of the space for the introduction of the photovoltaic systems.

Key words: distributed generation, territorial ordination, solar potential, connected photovoltaic systems to grid.

INTRODUCCIÓN

En la realización de los estudios de prefactibilidad se deben considerar las condiciones de la ubicación geográfica del sitio seleccionado en relación con la geometría del sol, evaluando el comportamiento del potencial solar para la introducción de las tecnologías que aprovechan esta fuente renovable, además del uso del suelo que está reconocido en la actualidad como una de las limitantes para la introducción de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

Los sistemas de información geográfica (SIG), pueden ser utilizados para los análisis de potenciales de las fuentes renovables de energía [1], específicamente la solar por encontrarse distribuidas en todos os territorios. En el caso de la tecnología fotovoltaica para centrales de un Mega Watt pico (MWp) o mayores, es necesario el estudio previo sobre la disponibilidad de los suelos que serán utilizados para la implantación de la tecnología, debido a las implicaciones asociadas a la utilización de estos en la producción de alimentos y los compromisos de la ocupación del espacio por otros intereses del desarrollo económico y social. La propuesta que debela solución a la demanda de la capital debe estar dirigida con el uso de los sistemas fotovoltaicos conectados próximo a las cargas e instalados en los techos, ejemplos de estudios realizados lo tenemos en Alemania y en las propuestas que se hacen en el programa español del 2050, el estudio considera instalaciones poner sobre techos y fachadas [2].

La Habana es la provincia de mayor demanda de energía, en ella radica la capital del país, constituyendo la ciudad mayor del Caribe y donde se concentran aproximadamente 2.156.650 millones de habitantes, pero a su vez es la más pequeña desde el punto de vista territorial.

La ordenación del territorio es una disciplina con una visión amplia, que observa el espacio y que sirve de instrumento para planificarlo por muy pequeño que este sea, es capaz de encontrar el punto de conexión espacial en relación con otras disciplinas, permitiendo la generación de enfoques unidireccionales, como es el estudio del comportamiento de la radiación solar, el viento, los recursos hídricos y la biomasa. La ordenación territorial como disciplina científica, técnica, administrativa y política, posee un enfoque multidisciplinario, permitiendo ordenar el territorio para lograr un desarrollo socioeconómico equilibrado de las regiones, el mejoramiento de la calidad de vida, la gestión responsable de los recursos naturales y la protección del medio ambiente [3].

El estudio está encaminado a la ordenación energética territorial y persigue como objetivo central y concepto rector, el desarrollo energético equilibrado de La Habana y la organización física del espacio y dentro de él, la ubicación armónica de los elementos correspondientes al perfil energético, entre los que se destacan los sistemas renovables de energía por su capacidad de inserción en el entorno y el aprovechamiento que realizan de las capacidades potenciales energéticas locales.

Según algunos autores definen al capital territorial como un componente esencial de la competitividad, que se precisa como el conjunto de elementos a disposición del territorio, de carácter tanto material como inmaterial, que pueden constituir en ocasiones un activo o una dificultad. Todos estos elementos conforman la riqueza del territorio (actividades, paisajes, patrimonio, conocimientos, población, etcétera) [4].

Considerando al territorio como una construcción de la sociedad a la que alberga, en esa medida expresa las formas de apropiación de los recursos naturales, la distribución de los beneficios y por tanto, refiere el estado de desarrollo alcanzado por dicha sociedad; es decir, se le asigna al territorio la función de factor de desarrollo local y regional, que deberá ser analizado en el marco de la ordenación del territorio [5]. La investigación desarrollada expone la importancia del comportamiento del potencial solar en el territorio de la provincia La Habana, previos a la ejecución de las inversiones en sistemas fotovoltaicos conectados a la red, demostrando que los resultados obtenidos en la aplicación de las técnicas administrativas del ordenación territorial en la temática de las energías, constituye una herramienta de apoyo a las inversiones, donde se valorarán parámetros de especial interés, fundamentalmente las relacionadas con el potencial solar, los impactos energéticos, económicos y medioambientales asociados a la introducción de la tecnología

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la ordenación del territorio de la provincia La Habana, se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG), cartografías en escala 1:100000, para determinar los parámetros de interés que inciden en los estudios de preinversión, se tomó como punto de partida el uso eficiente del suelo y la evaluación de la calidad de la radiación solar incidente en el territorio.

Para ello se utilizó las bases de datos de radiación solar publicadas por los servicios Web del SWERA¹, así como datos de la demanda promedio anual y de generación por provincias, para la obtención de los resultados.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La Habana se encuentra ubicada en la región Norte-Occidental del país, entre los 22° 58' y 23°10' de latitud norte y los 82°30' y 82°06' de longitud oeste. Presenta un área de 727 km² y una población de: 2.156.650 habitantes, en la figura 1, se observa la ubicación geográfica del territorio de La Habana, pudiendo comprobar que esta provincia es la menor del país desde el punto de vista territorial, presentando la mayor demanda de energía eléctrica promedio anual, estando integrada por 15 municipios.



Fig. 1. Ubicación geográfica de la provincia y la demanda eléctrica promedio.

Para realizar la evaluación del potencial solar se consideraron los diferentes parámetros que intervienen en el proceso inversionista para los sistemas fotovoltaicos conectados a red. Se procesó la información de los objetivos que afectarían las inversiones de las Centrales Fotovoltaicas (CFV) como son; las redes de viales, ríos, arroyos, calles, la orografía, puentes, etc. y a partir del procesamiento de esta información se obtuvo las zonas viables en la provincia para el aprovechamiento del recurso solar mostrado en la figura 2 (A), en estas zonas se han tenido en cuenta que las superficies de los edificios y viviendas pueden ser aprovechados para la instalación de los sistemas fotovoltaicos, a este mapa se le superpone la capa del potencial solar mostrado en la figura 2 (B) y se obtiene el mapa de zonas viables para el desarrollo de los sistemas fotovoltaicos conectados a red, mostrado en la figura 2 (C), con esta información se pueden determinar los sitios con condiciones de terrenos aptos para la inversión.

Los resultados obtenidos permiten hacer un análisis de prioridad a partir de la calidad del potencial solar, pudiendo estimarse la productividad específica, el promedio de la energía que se puede generar al año y durante el ciclo de vida, así como el ahorro económico por concepto de combustible (petróleo) dejado de consumir y la cantidad de CO₂ que puede dejarse de emitir a la atmósfera.

¹Solar and Wind Energy Resource Assessment

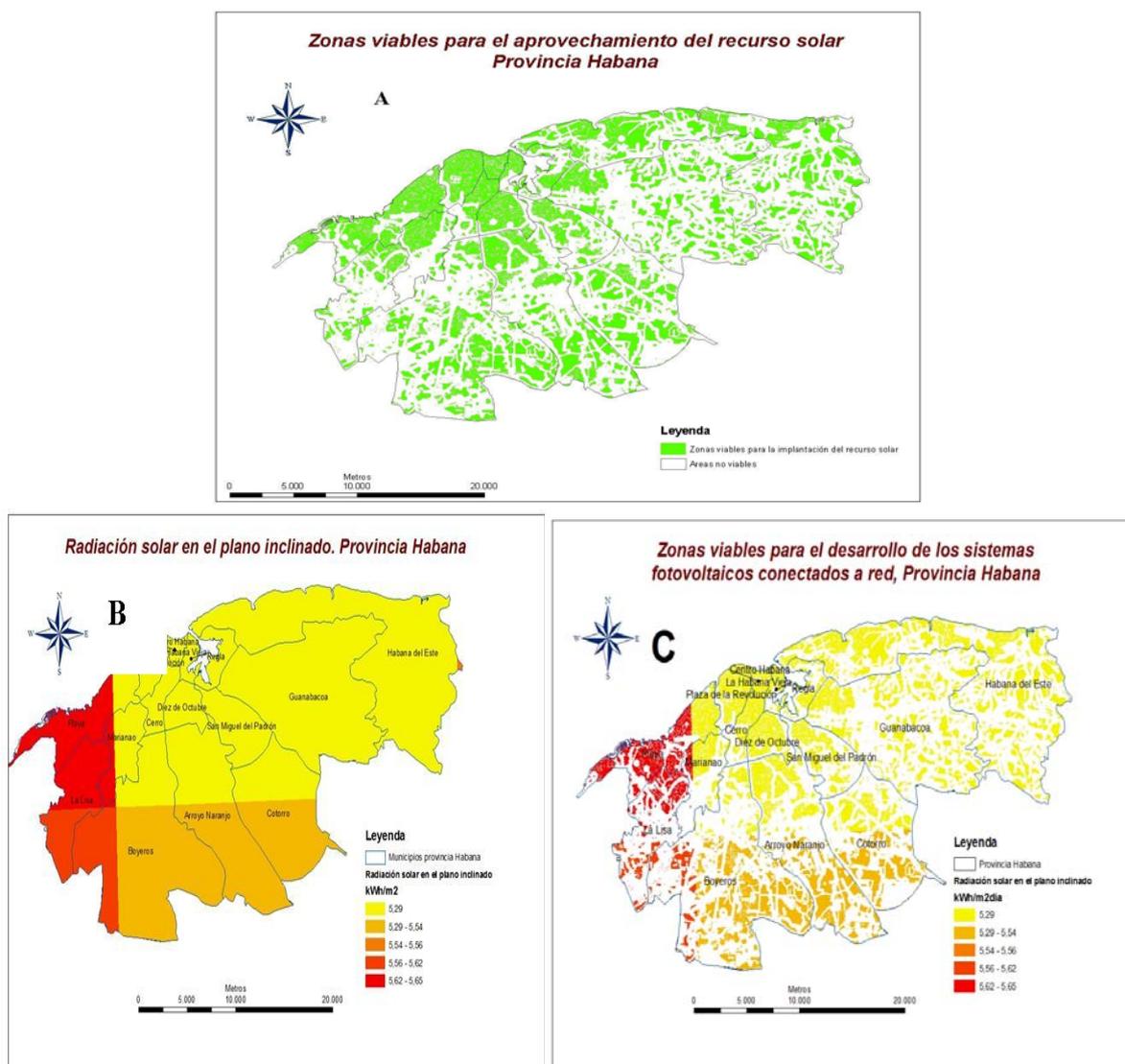


Fig. 2. Mapa de zonas viables (A), potencial solar (B), y la superposición de ambos (C).

La productividad específica es un indicador para simplificar el cálculo de la energía que puede ser generada durante un año por cada kWp instalado, a partir de un potencial solar incidente determinado e incluye las pérdidas técnicas calculadas en función de la tecnología y la influencia de las condiciones climáticas apreciadas, con los paneles inclinados en un ángulo igual a la longitud donde se ubica el sitio de instalación, este se determina mediante la siguiente ecuación 1,

$$Pe = Ps * Ac * \eta_c * \eta_m * As \quad (1)$$

Donde:

Pe → Productividad específica.

Ps → Potencial solar promedio anual.

Ac → Área de celda para un kWp.

η_c → Eficiencia de captación de la celda (14,28 %).

η_m → Eficiencia del módulo (83 %).

As → Año solar para Cuba (362 días).

La productividad específica constituye un dato fundamental para determinar la energía que puede generarse en la CFV, siendo una información vital durante el dimensionado de los sistemas, evitando con ello que se puedan producir sobredimensionamientos y subdimensionamientos tecnológicos. Este

indicador puede aplicarse además para estimar la energía generada partiendo de la radiación solar media máxima y mínima, así como las máxima y mínima absoluta.

El estimado de energía a generar durante un año por una CFV de 1 MWp puede calcularse utilizando la ecuación 2.

$$Eg = Pe * Ppi \quad (2)$$

Donde:

Eg → Energía generada.

Pe → Productividad específica.

Ppi → Potencia pico instalada.

Con la estimación de la energía que puede generarse en un año con 1 MWp, es posible calcular la producción energética que puede lograrse durante el ciclo de vida previsto para la instalación. Conociendo que la tecnología se prevé para ser explotada durante 25 años y que la potencia de los módulos fotovoltaicos suelen sufrir un decrecimiento de su eficiencia equivalente al 13 %, pudiendo estimarse la energía producida mediante la ecuación (3).

$$Ecv = Eg * Cv * \eta_{cv} \quad (3)$$

Donde:

Ecv → Energía generada durante el ciclo de vida.

Eg → Energía generada en un año.

Cv → Ciclo de vida.

η_{cv} → Eficiencia de los módulos en el ciclo de vida (87 %).

Estos resultados permiten estimar el ahorro económico aproximado por concepto de combustible (petróleo) dejado de consumir, que puede representar la generación de una CFV de un MWp durante el ciclo de vida, si conocemos que el consumo de petróleo promedio para la generación de 1 kWh con una CE convencional está estimado en 0,000086 tonelada por cada kWh generado y que cada tonelada de petróleo es equivalente a 7,25 barriles calculado a un precio fijo de 100 USD, se calcula mediante la ecuación (4).

$$Ae = Ecv * Cp * Ebp * Cbp \quad (4)$$

Donde:

Ae → Ahorro económico por concepto de petróleo dejado de consumir.

Ecv → Energía generada durante el ciclo de vida.

C_p → Coeficiente de consumo de petróleo por kWh generado.

E_{bp} → Equivalencia de barriles de petróleo por tonelada.

C_{bp} → Costo fijo estimado del barril de petróleo (100 USD).

La cantidad de CO₂ que puede dejar de emitirse a la atmósfera durante el ciclo de vida, se puede estimar si se conoce que por cada kWh de generación con combustibles convencionales, se emiten como promedio 0,00075 tonelada de CO₂, esto se puede calcular mediante la ecuación (5).

$$Ce = Ecv * Cea \quad (5)$$

Ce → Toneladas de CO₂ que deja de emitirse a la atmósfera.

Ecv → Energía generada durante el ciclo de vida.

Cea → Toneladas de CO₂ emitido por kWh generado con combustibles convencionales.

En la tabla 1, se pueden apreciar los impactos energético, económico y medioambiental, que pueden representar la aplicación de las centrales eléctricas fotovoltaicas, atendiendo a la calidad del potencial solar incidente en los municipios de la provincia.

Con el objetivo de enfatizar en la importancia que reviste la calidad de la radiación solar y su incidencia en el rendimiento energético, la rentabilidad económica y la protección medioambiental, se muestran los resultados de simulaciones realizadas en sitios que aunque próximos territorialmente, presentan diferentes niveles de calidad de la radiación solar, según se muestra en la figura 3.

Como se observa una de las centrales se ubicó en el municipio La Lisa, que se corresponde con el territorio de la provincia donde incide la mejor radiación solar, la otra fue ubicada en el municipio de Marianao, donde el potencial es menor.

En el análisis de los resultados se pudo comprobar que la CFV ubicada en las áreas de mejor potencial solar (municipio de la Lisa) puede generar durante el ciclo de vida unos 1935,1 MWh más que la ubicada en las áreas del municipio Marianao, representando una diferencia en la reducción de gastos económicos por concepto de combustible (petróleo) dejado de consumir equivalente a 120.652,29 USD y una diferencia de 1678,5 ton de CO₂ dejados de emitir a la atmósfera.

Tabla 1. Impactos energético, económico y medioambiental.				
Municipios	Ps Potencial solar (kWh/m ² día)	Ecv Energía durante el ciclo de vida (MWh)	Ae Ahorro económica (USD)	Ce CO ₂ dejando de emitir (ton CO ₂)
La Lisa	5,648	34545,4	2153902,7	25909
Playa	5,544	33909,2	2114241,6	25432
Boyeros	5,528	33811,4	2108139,9	25359
Cotorro	5,440	33273,1	2074580,5	24955
Arroyo Naranjo	5,431	33218,1	2071148,3	29914
Marianao	5,357	32765,5	2042927,9	24574
Habana del Este	5,296	32392,4	2019665,2	24294
Guanabacoa	5,296	32392,4	2019665,2	24294
San Miguel del Padrón	5,296	32392,4	2019665,2	24294
Plaza de la Revolución	5,296	32392,4	2019665,2	24294
Plaza de la Revolución	5,296	32392,4	2019665,2	24294
Cerro	5,296	32392,4	2019665,2	24294
Regla	5,296	32392,4	2019665,2	24294
Centro Habana	5,296	32392,4	2019665,2	24294
Habana Vieja	5,296	32392,4	2019665,2	24294

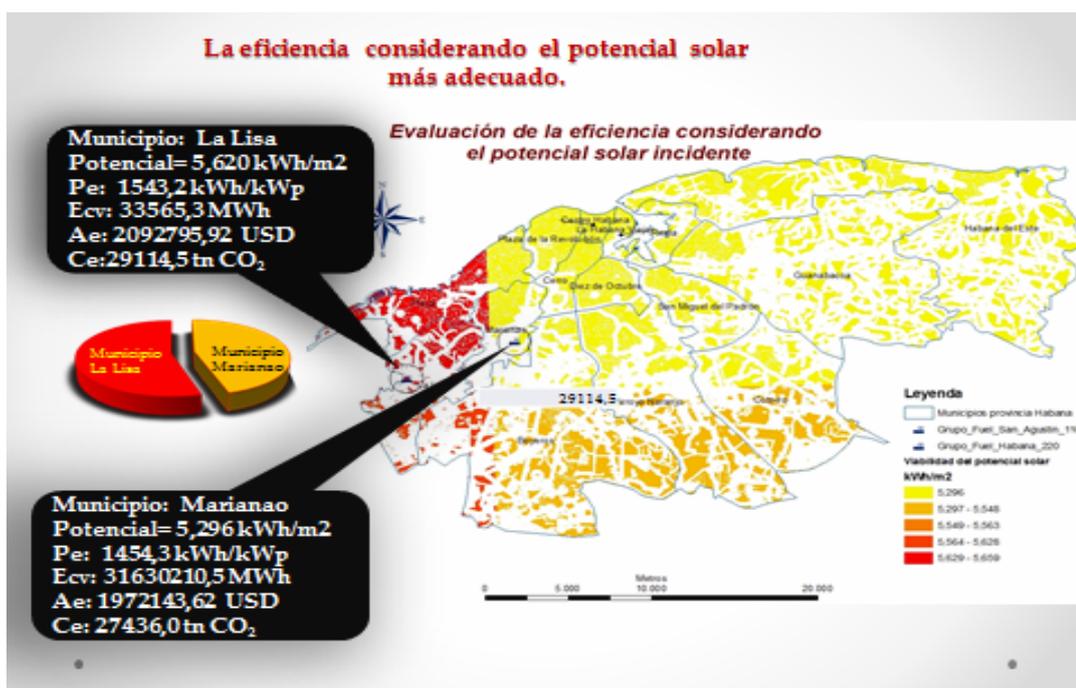


Fig. 3. Comparación de impactos energéticos, económicos y medioambientales.

Los cálculos aportados permiten establecer un orden de prioridad para el desarrollo de las centrales fotovoltaicas conectadas a la red, atendiendo la calidad de la radiación solar incidente, lo que se traduce en poder lograr una mayor aportación de energía con impactos económicos y medioambientales más favorables, dirigidos al aseguramiento de una gestión económicamente rentable, según se muestra en el gráfico de la figura 4.

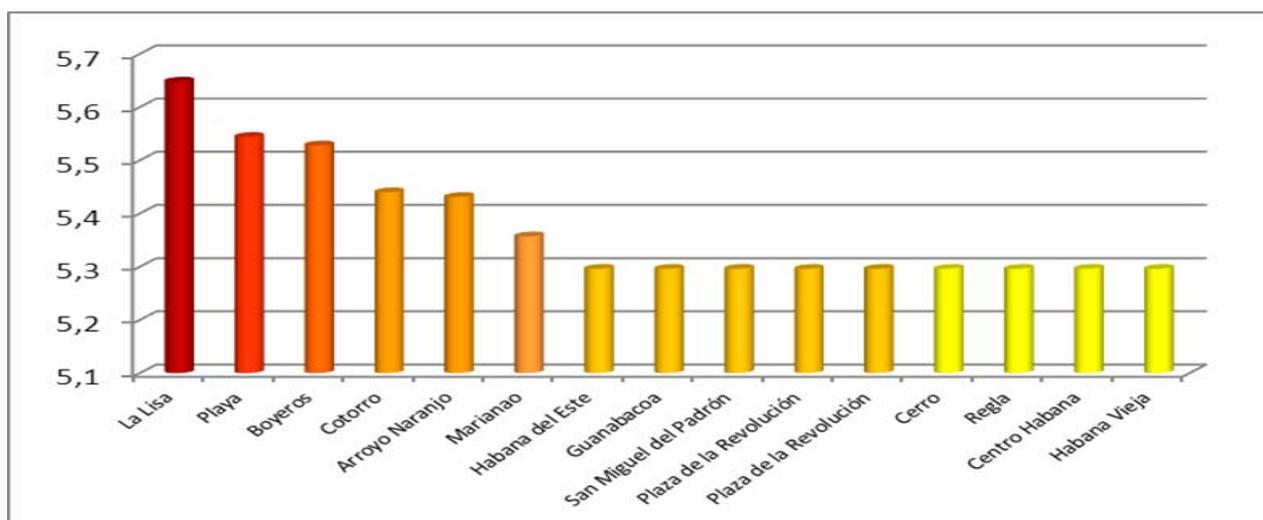


Fig. 4. Prioridad de inversión para CFV conectados a red por municipios, a partir de la calidad de la radiación solar incidente.

La eficiencia considerando la infraestructura eléctrica de las instalaciones de la generación distribuida.

El desarrollo de la generación distribuida en Cuba con fuentes convencionales, permitió crear una infraestructura eléctrica que pueden ser utilizadas para viabilizar la energía generada por las centrales fotovoltaicas, pudiendo representar una reducción importante de los gastos de inversión, al no tener que construirse nuevas instalaciones.

El ordenamiento territorial como técnica administrativa en la política de desarrollo, es moldeable en función de los intereses a los que está dirigida, siendo de utilidad para proyectar una imagen para las inversiones en los SFV conectados a red a menor costo, logrando tener presente el aprovechamiento de las infraestructuras eléctricas existentes en el territorio.

Análisis de las posibilidades de instalación de las CFV en zonas próximas a las centrales eléctricas (CE) de la generación distribuida.

La experiencia en trabajos de aplicación práctica durante el diseño de CFV, ha permitido conocer que por cada kWp a instalar en campo abierto, se requieren cuando menos 14 m², asegurando con este espacio además de la instalación de la tecnología, permita la realización de la operación, trabajos de limpieza, mantenimiento, reparaciones y el control técnico general con adecuada seguridad para el personal que realiza las labores, esta información permite estimar que para instalar un MWp de FV se requieren 1,4 ha.

En la figura 5, se muestra la ubicación por municipio de la infraestructura de la generación distribuida en la provincia (baterías Diesel, aisladas y fuel oil), pudiéndose notar que se encuentran dispersas en casi todos los municipios, alternativa idónea para la instalación de las CE fotovoltaicas conectadas a red, de forma que se puedan aprovechar las infraestructuras existentes en las áreas perimetrales a esta instalaciones logrando con ello reducir los costos en el proceso de inversión inicial. Con esta información se realizó el estudio de las zonas próximas a 2 km de las CE, que pudieran ofrecer viabilidad para el desarrollo de CFV conectadas a la red, en la figura 6, se puede apreciar el mapa con la representación espacial de las zonas viables para la instalación de la tecnología FV, como se observa a esta distancia de estudio en todas las CE existen zonas disponibles, esto facilita a los inversionistas la tomo de decisiones y la disminución del impacto económico. Con el SIG, se calcularon estas áreas próximas a 2 km de las CE de la generación distribuida, existiendo más de 140.000 ha que presentan viabilidad para ser analizadas durante el proceso de penetración de las CFV conectadas a la red, si se estiman que sólo el 0,5 de estas puedan poseer disponibilidad real para ser utilizadas, pudieran instalarse hasta 500 MWp.

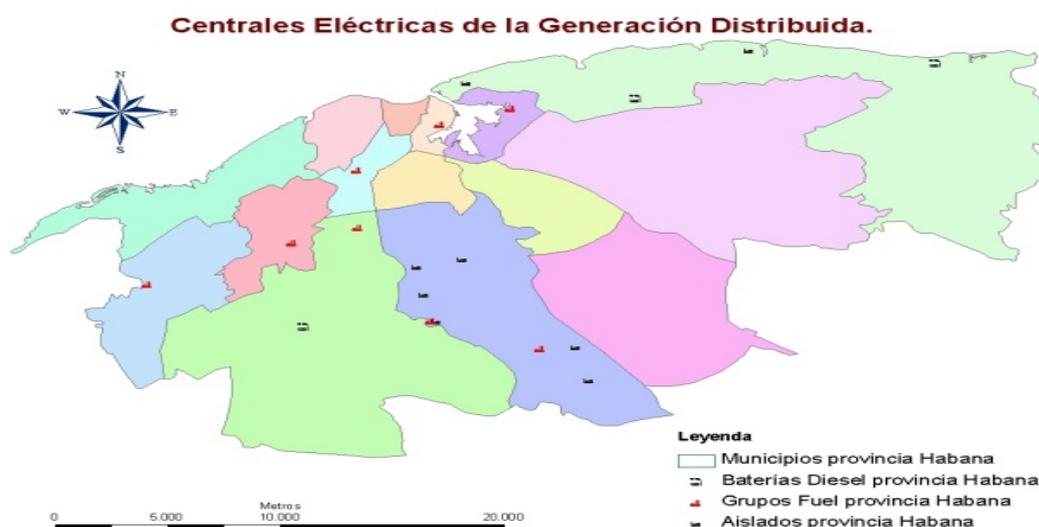


Fig. 5. Ubicación de las CE de generación distribuida.

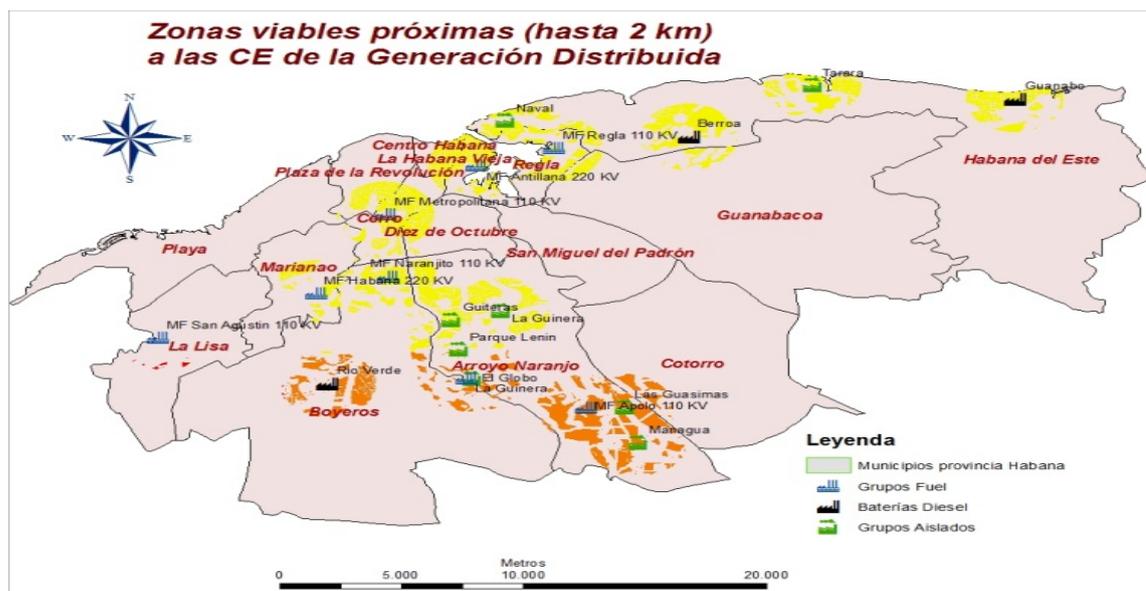


Fig. 6. Zonas viables próximas a 2 km de las CE de la Generación Distribuida.

La capacidad posible a instalar (C_p) puede determinarse mediante la ecuación 6.

$$C_p = Z_v * A_d / N_e \quad (6)$$

Donde:

C_p → Capacidad posible a instalar (kWp).

Z_v → Total del área territorial en zonas viables (ha).

A_d → Áreas que pueden presentar disponibilidad real para el desarrollo de las CFV conectadas a la red (0,5 %).

N_e → Necesidad de espacio (0,0014 ha/kWp)

El análisis ofrecido anteriormente demuestra las posibilidades reales que ofrece la ordenación del territorio como herramienta de apoyo a los inversionistas para la introducción de las fuentes renovables de energía que utilizan para su explotación gran cantidad de espacios en este caso CFV, donde se han estudiado las áreas cercanas a las instalaciones de la generación distribuida del territorio para el aprovechamiento de las infraestructuras eléctricas existentes.

Las zonas viables y las que pueden presentar disponibilidad real para el desarrollo de las CFV conectadas a la red en el territorio de la provincia.

La competitividad territorial se relaciona con la ordenación territorial y con la construcción de una imagen objetiva de lo que ocurre en los espacios, que orienta el sentido de las transformaciones del territorio. Los resultados de este análisis demuestra la posibilidad real que ofrece la ordenación territorial para resolver problemas complejos para el desarrollo de las CFV en cualquier municipio de la provincia demostrando que un territorio es competitivo si puede afrontar la competencia del mercado y garantizar al mismo tiempo la viabilidad medioambiental, económica, social y cultural, aplicando análisis lógicos del uso del espacio.

Donde se toman en cuenta los recursos existentes en el territorio, implicando a los elementos ya existentes y donde están implicados agentes e instituciones que integran los sectores de actividad estudiada en una lógica de innovación y cooperar con otros territorios [6]. El estudio realizado ayuda a definir aquellas zonas del territorio que reúnan las mejores condiciones para la captación y utilización de estas energías, denominadas áreas con disponibilidad real para las CFV, sirviendo para el planeamiento de esta tecnología.

En la figura 2C, se muestra el mapa de la provincia con las zonas viables que pueden ser analizadas para el desarrollo de las CFV conectadas a la red. En la tabla 2, se muestran los datos estadísticos del comportamiento de la viabilidad y la disponibilidad del territorio por municipios, con el estimado de la capacidad en MWp de FV que pudiera desarrollarse si se utilizara el 0,5 % de las áreas estudiadas.

Tabla 2. Comportamiento de la viabilidad y la disponibilidad del territorio por municipio			
Municipios	Zv Zonas viables (ha)	Ad Estimado de áreas disponibles (0,5 % de las Zv) (ha)	Cp Potencia que puede instalarse (1,4 ha/MWp)
La Lisa	969	4,8	3
Playa	2081	10,4	7
Boyeros	3961	19,8	14
Cotorro	2165	10,8	8
Arroyo Naranjo	2863	14,3	10
Marianao	725	3,6	3
Habana del Este	5154	25,8	18
Guanabacoa	3358	16,8	12
San Miguel del Padrón	839	4,2	3
Plaza de la Revolución	821	4,1	3
Plaza de la Revolución	770	3,9	3
Cerro	531	2,7	2
Regla	406	2,0	1
Centro Habana	282	1,4	1
Habana Vieja	244	1,2	1
Total Provincial	25169	126	90

Como se puede observar se muestra la capacidad posible a instalar (Cp), específicamente se calculó el total para cada territorio y como resultado se obtuvo que en la provincia se puede instalar 90 MWp con la tecnología fotovoltaica.

Análisis de la eficiencia en el aprovechamiento de la energía fotovoltaica en sustitución del consumo de energía generada con el petróleo.

En la actualidad el Sistema Electroenergético Nacional (SEN) basa su capacidad de producción eléctrica en más de un 95 %, en grandes y medianos centros de generación y que a pesar de las mejoras introducidas en los últimos años con la aplicación del modo de la generación distribuida, prevalecen los complejos procesos de distribución y transportación de la electricidad, asociados a ciclos técnicos de elevación y del voltaje, transportación mediante redes a diversas distancias, reducción del voltaje para poder suministrarla y que finalmente pueda ser consumida por los centros de demanda. Este proceso supone un esquema típico de pérdidas que van a estar en dependencia de la complejidad de los procesos de distribución, las distancias de transportación de la electricidad, así como el estado técnico de las redes y el resto de los elementos del sistema.

En algunas publicaciones reconocidas internacionalmente como la SchneiderEléctric, en su publicación "Guía de Soluciones de Eficiencia Energética" [7] plantea: que las acciones locales de eficiencia energética tienen un importante efecto productivo, debido a las pérdidas en la red de distribución y transmisión, 1 kWh de uso en un edificio requiere 3 kWh de producción. Debido en parte a las razones analizadas anteriormente, en el año 2009 se consumieron a nivel del país 14.918.655

MWh, para lo que el SEN se vio obligado a generar unos 17.305.982,9 MWh[8], es decir, por cada kWh consumido fue necesario generar 1,16 kWh, donde la provincia en estudio puede haber presentado un esquema de pérdidas similar al nacional.

En países como Alemania y España que son líderes europeos en el desarrollo de sistemas fotovoltaicos conectados a la red, prevalece el concepto de concentrar la energía solar en grandes instalaciones, para luego distribuir y transportar la electricidad bajo los mismos criterios aplicados al esquema energético tradicional; pero es perfectamente verificable que en las condiciones del sistema eléctrico cubano, dicho modo de aprovechamiento de la energía fotoeléctrica del recurso solar, no en todos los casos puede resultar económicamente rentable, siendo factible aplicar modalidades de conexión que garanticen reducir unas pérdidas que le son típicas a esos sistemas tradicionales. Partiendo de la realidad espacial donde la energía solar es la más distribuida, predecible y estable de las fuentes renovables, no siendo necesaria su distribución ni traspotación para ser suministrada y consumida. El suministro directo a los centros de demanda de la energía eléctrica generada con sistemas fotovoltaicos, puede representar en unos casos una relación de ahorro de 1,05 kWh generado con petróleo, por cada kWh consumido de fotovoltaica y en otros casos la relación del ahorro de energía generada con petróleo puede llegar a 1,16 kWh, por cada kWh de fotovoltaica consumido.

Los análisis anteriores, se corroboran con los resultados obtenidos en una simulación de dos CFV conectadas a la red de 1 MWp cada una, en sitios donde incide una radiación solar similar al promedio anual, pero con diferentes modos de conexión.

La primera CFV conectada a la red de distribución, estimándose pérdidas promedio del 4 % asociada a los procesos de distribución y transportación, así como un 5 % vinculada a energía generada y no entregada por fallos de la red; la segunda conectada directamente a la carga del centro de demanda y partiendo de que en ningún sistema eléctrico las pérdidas llegan a ser iguales a 0, se prevén mermas energéticas del 2 %. Los resultados del análisis se pueden apreciar en la tabla 3, donde se observan los valores estimados de la eficiencia energética, económica y medioambiental de dos CEFV en diferentes modos de conexión a la red.

Tabla 3. Eficiencia energética, económica y medioambiental de dos CFV de 1 MWp en diferentes modos de conexión a la red.							
Variante	Pe (kWh/kWp)	Eg (MWh)	Efv (MWh)	Ec (MWh)	Ap (MWh)	Ae (USD)	Ce (ton CO ₂)
Conectado a la red de distribución del territorio.	1700,55	1700,55	*1632,53	** 550,9	©1799,04	112170,4	1349,3
Conectado directamente a la red del centro de demanda.	1700,55	1700,55	***	1666,5	©1933,18	120534	1449,9
* Estimado del 4 % de pérdida de energía fotovoltaica generada dejada de entregar dado los procesos de distribución y transportación.							
** Estimado del 5 % de pérdida de energía fotovoltaica generada dejada de entregar por fallos inherentes a la red eléctrica.							
** Estimado del 2 % de pérdida de energía fotovoltaica generada dejada de entregar por fallas de conexión al centro de carga.							
© Se estima que por cada kWh de energía fotovoltaica suministrada, se puede ahorrar hasta 1,6 kWh de energía generada con el petróleo.							

Nomenclatura de la tabla:

Pe→ Productividad específica

Eg→ Estimado de energía que puede generarse en un año

Efv→ Estimado de energía fotovoltaica que puede entregarse a la red

Ec→ Estimado de energía que puede ser suministrada al consumo final en un año

Ap→ Cálculo del ahorro de energía generada con petróleo en un año

Ae→ Estimado del Impacto económico

Ce→ Estimado del Impacto ambiental

Se puede apreciar en las variantes analizadas, que la diferencia de los impactos energéticos, económicos y medioambientales, van a estar dados esencialmente por las pérdidas asociadas a los procesos de distribución y transportación de la energía y las pérdidas estimadas por los fallos de la red, que en sólo un año pueden llegar a establecer diferencias de 134,14 MWh de energía generada con el petróleo dejada de ahorrar, 8.363,58 USD por conceptos de combustible dejado de consumir y 100,60 tn de CO₂ dejados de emitir a la atmósfera.

En el ámbito de la evaluación de pérdidas y del análisis energético tradicional, estas cifras pueden parecer irrelevantes y despreciables; pero la penetración de las tecnologías de aprovechamiento fotoeléctrico del recurso solar en la base energética nacional, van a quedar justificadas en la medida que su introducción se realice con el mayor apego al logro de elevados niveles de eficiencia energética, rentabilidad económica y protección del medio ambiente. El esquema de pérdidas analizado anteriormente supone que estas pueden incrementarse gradualmente, en la medida que se desarrolle la introducción de la tecnología sin observar medidas adecuadas de conexión a la carga. Desde el punto de vista analizado anteriormente, se debe enfatizar que en materia de eficiencia no existe ningún indicador o pérdidas que sean irrelevantes por pequeñas que sean y mucho menos despreciables, se trata de aplicar las variables técnicas y los modos adecuados que permitan asegurar el mayor aprovechamiento de los recursos de todo tipo y dentro de ellos con especial atención los energéticos donde la ordenación territorial adquiere un carácter imprescindible para el conocimiento de lo que ocurre en el territorio permitiendo con los resultados obtenidos trazar estrategias que permitan la administración eficiente del espacio con fines energéticos teniendo claro los aspectos de impactos económicos, ambientales.

CONCLUSIONES

1. La evaluación del potencial solar, así como las condiciones particulares del ordenación territorial en las zonas donde se emprenderán las inversiones en centrales eléctricas fotovoltaicas, constituyen elementos claves como parte del proceso de preinversión y los estudios de prefactibilidad, en función de brindar los argumentos e información necesaria en el proceso de toma de decisiones para trazar una estrategia en el desarrollo de las CFV.
2. El modo de conexión a la red de distribución de la energía generada con tecnología fotovoltaica, implica unas pérdidas asociadas a los procesos eléctricos tradicionales, que pueden afectar la eficiencia de los sistemas y el ahorro del consumo de electricidad generada con el petróleo, siendo factible aplicar otras variantes y modos de conexión que reduzcan las pérdidas, eleven la eficiencia y posibiliten un impacto más favorable desde el punto de vista energético, económico y medio ambiental.

REFERENCIAS

- [1] Domínguez, J.; Amador, J., "Geographical information systems applied in the field of renewable energy sources". Computers & Industrial Engineering, Elsevier, 2007, vol.52, n.3, p. 322–326, ISSN 0360-8352, [Consultado: Noviembre 2012], Disponible en: www.elsevier.com/locate/dsw.
- [2] Greenpeace, "100% Renewables: A renewable electricity system for mainland Spain and its economic feasibility". 2007, p. 15, [Consultado: Diciembre 2012], Disponible en: <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/resumen-costes-100-renovables.pdf>.
- [3] Peña, V. and M.E. Orozco, "La ordenación del territorio y el nuevo currículo de la licenciatura en Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México", México en su unidad y diversidad territorial en INEGI2002, MEXICO. p. 690-705.
- [4] Campo, C.d., "Nuevos conceptos y nuevos indicadores de competitividad territorial para las áreas rurales". Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 2000, n. 20, Editorial Lerko, p. 69-84.
- [5] Ortega, J., "El patrimonio territorial: el territorio como recurso cultural y económico". Revista de Urbanística de la Universidad de Valladolid, 1998. Ciudades 4(Secretariado de Publicaciones): p. 33-48, [Consultado: Septiembre 2012], Disponible en: http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/patrimonio-territorial-territorio-como-recurso-cultural-economico/id/44754513.html
- [6] Hernández, M.E. and V. Peña, "Evaluación diagnóstica para el ordenamiento territorial de la cuenca alta del río Lerma, México". Actas L. de V., 2004. Tomo 27, p. 107, [Consultado: Diciembre 2012], Disponible en: www.wgsr.uw.edu.pl/pub/uploads/actas04/10-orozco-pena.pdf
- [7] España, S.E., "Guía de Soluciones de Eficiencia Energética". Departamento legal: B. 49.739, 2008(600026 K08), p. 3, [Consultado en: Septiembre 2012], Disponible en: http://www.schneiderelectric.es/sites/spain/es/clientes/instaladores/guia_soluciones.page.
- [8] UNE, "Informe del Despacho Central de Carga". Archivo del Despacho Central de Carga. Cuba, 2010, p. 2.

AUTORES

María Rodríguez Gámez

Licenciada en educación en la especialidad de Física, Doctora en Ciencias Técnicas, Investigador, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergética, CIPEL. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba.

e-mail: maria@electrica.cujae.edu.cu

Antonio Vázquez Pérez

Licenciado en Derecho, Profesor Principal, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergética, CIPEL. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba.

e-mail: antoniov@tesla.cujae.edu.cu

Miguel Castro Fernández

Ingeniero electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Investigador, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergética, CIPEL. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba.

e-mail: mcastro@electrica.cujae.edu.cu

Miriam Vilaragut Llanes

Doctora en Ciencias Técnicas, Profesara titular del Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergética, CIPEL. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba.

e-mail: miriamv@electrica.cujae.edu.cu