

LOS SIG Y LA INTEGRACIÓN IBEROAMERICANA A PARTIR DEL USO DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.

¹ María Rodríguez G., ¹ Antonio Vázquez P., ² Javier Domínguez B., ³ Ricardo Quijano H. ⁴ Ciaddy R. Rodríguez B.

1 Universidad Técnica de Manabí (UTM), Ave. Universitaria, Portoviejo. mariarodriguez@utm.edu.ec, antoniov0506@gmail.com

2 Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), España. E_mail:javier.dominguez@ciemat.es,

3Universidad Nacional de Colombia, rquijano@unal.edu.co.

4Corporación Eléctrica Nacional de Venezuela (CORPOELEC). reginacuba77@gmail.com.

RESUMEN

Desde hace varios años, se han desarrollado algunas experiencias en el campo de las fuentes renovables de energías (FRE), colaborando a promocionar la integración Iberoamericana. Estas experiencias han estado vinculadas con la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para diferentes objetivos, como estudios e inventarios de recursos renovables o el planeamiento energético (estudios de estrategias, toma de decisiones y el desarrollo local).

El Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), ha realizado durante varios años esfuerzos de colaboración con Cuba y otros países del área, encaminados al desarrollo de las FRE, centrándolo en la cooperación internacional y reportando avances para la integración regional iberoamericana.

Países como Colombia, Venezuela, Guatemala, México, Argentina o Cuba, se encuentran realizando estudios del potencial de sus recursos renovables, de forma tal, de poder estimar adecuadamente la capacidad energética disponible, que los resultados se puedan implementar en los territorios para elevar las condiciones de vida de la población y en muchos casos, mejorar el hábitat rural. Actualmente se trabaja por insertar al Ecuador, introduciendo estas tecnologías desde la Universidad Técnica de Manabí (UTM), aprovechando las acciones que se desarrollan en función de cambio de la matriz energética.

Los SIG han venido a revolucionar los estudios integrales en el conocimiento del papel de las FRE, en su dimensión territorial y social, conjugando de forma acertada el papel de las renovables, en el desarrollo local de muchos países del área Iberoamericana.

Palabras claves: sig, fuentes renovables energías, integración regional, desarrollo local, cambio de matriz energética.

ABSTRACT

The Geographical Information Systems (GIS), and Ibero-American integration starting from the use the renewable energy sources.

For several years, some experiences have been developed in the field of the renewable sources of energies (RSE), collaborating to promote the Ibero-American integration. These experiences have been linked with the application of the Geographical Information Systems (GIS) for different objectives, as studies and inventories of renewable resources or the energy (studies of strategies, taking of decisions and the local development) planning.

The Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), has carried out during several years efforts of collaboration with Cuba and other countries of the area, guided to the development of RSE, centering it in the international cooperation and reporting advances for the regional Ibero-American integration.

Countries like Colombia, Venezuela, Guatemala, Mexico, Argentina or Cuba, they are carrying out studies of the potential of their renewable resources, in a such way, of being able to estimate the energy available capacity that the results can be implemented in the territories to elevate the conditions of the population's life appropriately and in many cases, to improve the rural habitat.

SIG has come to revolutionize the integral studies in the knowledge of the paper of RES, in their territorial and social dimension, conjugating in a guessed right way the paper of the renewable ones, in the local development of many countries of the Ibero-American area.

INTRODUCCIÓN

Lo SIG actualmente constituyen un instrumento necesario en la gestión y la planificación territorial. Desde hace tiempo son unas herramientas muy útiles en la integración de elementos vinculados a la optimización y uso adecuado del territorio.

Las fuentes renovables de energía (FRE) se encuentran distribuidas de forma global por todo el planeta. Esta cualidad privilegia su uso, ya que alguna de las fuentes siempre puede ser utilizada en cualquier lugar con la limitante del uso del suelo, que también puede ser gestionado.

La preeminencia de los SIG radica en que pueden gestionar desde pequeños hasta grandes territorios, además de incorporar diferentes temas de análisis, que de una forma u otra, son capaces de relacionarse.

El uso de la energía es una necesidad vital, su gestión mediante un SIG permite resolver problemas comunes en zonas que no presentan características similares, como por ejemplo: cuando se hacen análisis de áreas de influencia, todo lo que se encuentra en ese entorno, pudiera tener soluciones típicas (la contaminación provocada, las pérdidas de energía por transmisión, el aprovechamiento eficiente de los recursos energéticos, etc.). Esto implica que los resultados de las investigaciones pueden aplicarse de forma integradora y en una escala regional.

En los estudios de estrategias 100 % renovable desarrollados por Greenpeace [1], se hace un análisis de los costos detallados para cada tipo de fuente de energía renovable en diferentes regiones. Estos estudios lo realizaron utilizando un SIG como herramienta, que integraba diferentes variables para mostrar la solución de un problema complejo.

Ya desde la mitad de la década de los 90, el CIEMAT, aprovechando el marco del Programa de investigación de la Unión Europea JOULE II, y con el objetivo de desarrollar una aplicación SIG, capaz de evaluar el potencial regional de varios tipos de sistemas de electrificación descentralizada, propuso la implementación de estas herramientas para integración regional [2], fundamentando su uso para la planificación energética. Esta experiencia mejorada se aplicó más tarde a otros territorios.

La amplia distribución geográfica de los recursos renovables, la modularidad y los beneficios ambientales, tanto a escala local como global, hacen de los SIG una herramienta universal en las aplicaciones vinculadas con el esquema energético. Entre las diversas aplicaciones de los SIG se reportan: la evaluación de recursos regionales y locales; la localización de emplazamientos para instalaciones de transformación energética; y la evaluación de la competitividad territorial de las FRE frente a las fuentes convencionales. En la mayoría de estas aplicaciones, predomina una visión técnico-económica frente a una aproximación más geográfica o ambiental. Para conseguir una integración efectiva, es necesario superar esta dialéctica con un planeamiento integrado, que combine el sistema energético, el económico, el social, el ambiental y el territorial [3].

A pesar de los esfuerzos realizados por diferentes países para reducir los impactos ambientales provocados por la generación de energía, en la actualidad predominan los combustibles fósiles en la matriz energética mundial, no obstante ya se muestran acciones concretas en la disminución de los suministros convencionales, el aprovechamiento de las fuentes renovables, el ahorro y la eficiencia energética, sólo por nombrar algunos. Estas acciones dependen de los intereses de los organismos o instituciones, que diseñan y deciden los escenarios energéticos.

Existe una propuesta de la viabilidad de la energía mundial proporcionada para diferentes usos (energía eléctrica, transporte, el calor, frío, etc.), utilizando FRE como el viento, el agua y la luz del sol (Wind, Water, Sun), para satisfacer la demanda de la energía actual y futura, a partir del estudio de tecnologías y dispositivos que deben instalarse [4]. Esta propuesta expone la disponibilidad de las FRE y su uso integrado para dar soluciones universales.

La acción individual de algunos países y regiones, se encamina a la diversificación de la matriz energética, fundamentalmente de países desarrollados europeos que no cuentan con reservas de combustibles fósiles. Algunas naciones en vías de desarrollo, han optado por acogerse a esta hoja de ruta, entre las que se encuentran las ubicadas en la región latinoamericana.

En el trabajo se exponen algunas experiencias referidas a países que han tenido estrecha relación en el uso de los SIG para el inventario y explotación de las FRE. Uno de los ejemplos más representativos es el caso de Colombia con el MODERGIS, Plataforma Integrada de Modelación para la planificación Energética Sostenible “Estudio de caso”, presentado en la reunión de la OLADE (Octubre 2012), con el lema “Nos une la energía” [5].

Se pueden citar otras experiencias como las de Venezuela y México, que siendo países con grandes reservas de combustibles fósiles, apuestan por el desarrollo de las tecnologías renovables. En el caso de Venezuela, país que hoy cuenta con una de las mayores reservas de petróleo del mundo, se encuentra introduciendo tecnologías fotovoltaicas y eólicas para la electrificación rural [6]. Ambos países utilizan la aplicación de SIG para determinar distancias, potencial solar y eólico, además de la ubicación de las poblaciones necesitadas.

Se podrían mostrar ejemplos de Argentina, donde se ha utilizado el SIG para la electrificación de comunidades aisladas en Chubut [7], Perú con el PNER GIS [8], México con la aplicación SIGER [9], Chile con el CNE [10], Ecuador con la aplicación Ecuador Solar [11], Costa Rica [12], en Brasil se ha desarrollado el modelo institucional del sector eléctrico [13]. En otros países como Honduras se han trazado sus estrategias para la penetración de la energía renovable utilizando el SIG [14], Nicaragua que realiza la gestión hídrica [15], Panamá desarrolló una metodología para el cálculo de costos de los proyectos de electrificación rural [16], en Bolivia se elaboró el atlas de radiación solar por el CINER (Centro de Información en Energías Renovables) [17]. Estos países gestionan los procesos de introducción de las tecnologías renovables a partir del uso del SIG, poniéndose de manifiesto que las condiciones están creadas, en cuanto a conocimiento y experiencia de la aplicación de esta tecnología, pudiendo ampliarse a otros países de la región que presentan necesidades energéticas y características similares (idioma, cultura, entre otros aspectos).

Hace más de 15 años que Cuba viene acumulando experiencias en esta temática: realizando el inventario de las instalaciones, llevando a cabo estudios de los potenciales de las FRE que pueden explotarse, determinando las áreas viables para la instalación de tecnologías renovables, realizando estudios y evaluación vinculados con la eficiencia de la red eléctrica, definiendo las áreas de influencia de la generación convencional, determinando las pérdidas por transmisión y distribución de electricidad, realizando estudios de la demanda, evaluación de riesgos de impactos ambientales de la generación eléctrica convencional y estudios de reducción de desastres naturales a la infraestructura eléctrica de los territorios [18], pero además ya se pueden realizar evaluaciones y a ordenación territorial para implantar tecnologías que aprovechan los sistemas fotovoltaicos [19] a partir de información obtenida en las bases de datos de que ofrece un portal de energía (www.sigfre.cujaee.edu.cu).

El objetivo central del presente trabajo es exponer las posibilidades que tienen las herramientas de los SIG en los estudios integrales para el aprovechamiento de las FRE, así como en mostrar la situación que presentan algunos países del área iberoamericana, en la utilización de esta herramienta, demostrando que las condiciones están creadas para articular proyectos de integración regional, en función de extender y regularizar el uso de esta tecnología en el región.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizan parte de los análisis realizados con los SIG, de forma cooperada por algunos países de Iberoamérica, partiendo de la implementación del IntiGIS en el municipio de Guamá de la Provincia de Santiago de Cuba y su implementación en zonas de Guatemala y México.

Se muestran los resultados obtenidos en Cuba en Cartografía en 1:100000 en la implementación de los SIG, para planeamiento eléctrico utilizando las FRE, los estudios de potenciales, los análisis económicos, disminución de las emisiones contaminantes a partir de los estudios integrados, que pueden extenderse a otras zonas de América Latina, señalando además los aportes realizados en Colombia con el uso multicriterio de los SIG y la implantación de los sistemas híbridos instalados en Venezuela, utilizando la herramienta para el análisis de potencial y de apoyo a los entes decisores en la selección de sistemas con menores impactos económicos y sociales. En el caso de la inserción en Ecuador se utilizará información aportada por la empresa eléctrica en su portal de energía.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los primeros resultados obtenidos en Cuba en la utilización de los SIG, se encuentran referidos en distintos artículos científicos [20], experiencias que fueron extendidas a diferentes partes del territorio nacional, realizando el planeamiento con fuentes renovables a nivel del territorio de una provincia. Como se muestra en la figura 1, la propuesta preliminar del planeamiento para las comunidades que se encontraban sin electrificar, se optó por la solución de sistemas fotovoltaicos autónomos (FVA) y, donde se justificaba económicamente, la extensión de la red. Como se observa en el mapa la solución FVA se aplica fundamentalmente en zonas montañosas y aisladas, donde resulta muy costoso extender el servicio de la red.

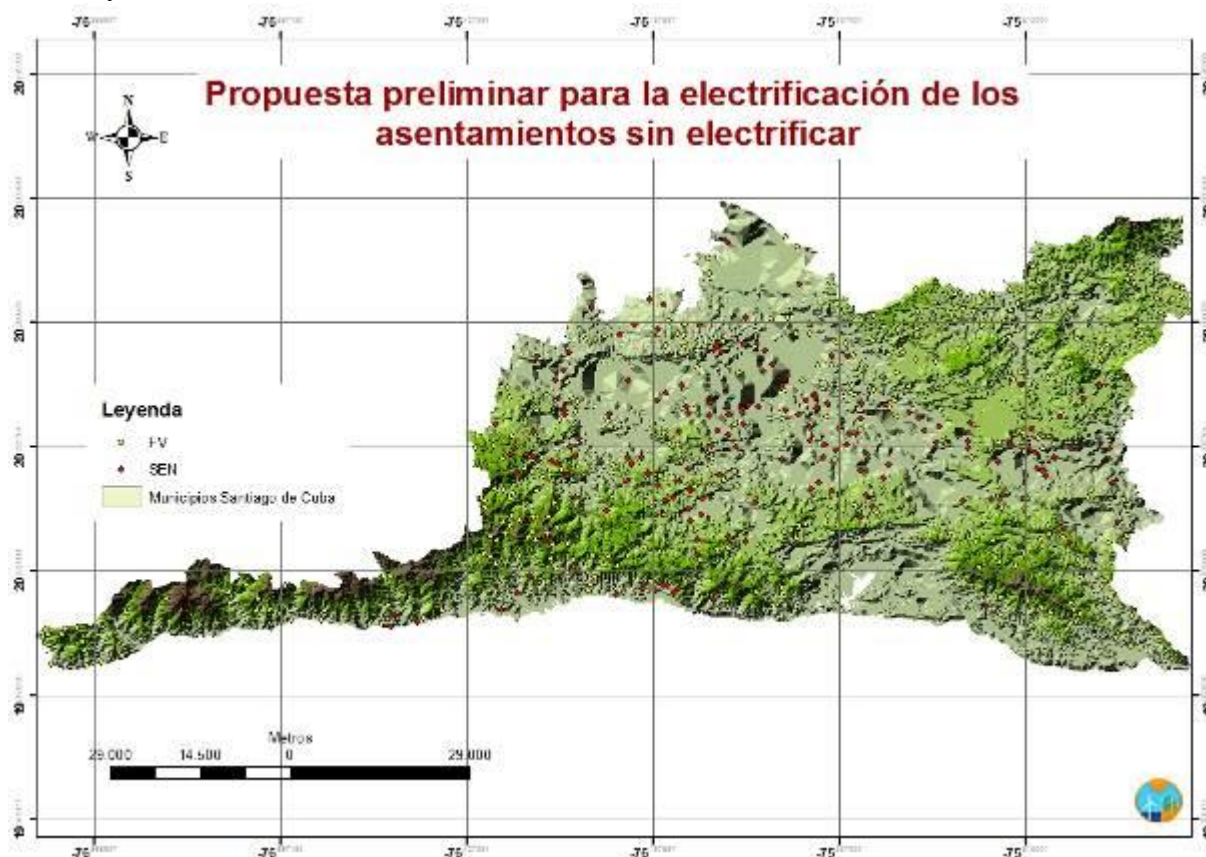


Figura 1. Propuesta para el planeamiento con FRE en comunidades aisladas.

Fuente: Elaborado por SIGFRE

Este resultado fue implementado en cinco provincias, para realizar inventarios de asentamientos sin electrificar y prever como alternativa el uso local de las fuentes renovables de energía [21].

La experiencia obtenida permitió trazar estrategias con la utilización de los SIG en el planeamiento energético. Luego, en colaboración con el CIEMAT, se implementó IntiGIS 1.0. Esta herramienta es un SIG para la electrificación rural con energías renovables en Latinoamérica [22]. A partir del cálculo de la demanda y el cálculo del LEC¹¹, se evalúa la competitividad de algunas tecnologías para la electrificación rural, este sistema permite adaptarse a las condiciones geográficas del lugar. Al terminar los análisis se generaron los informes de los resultados obtenidos, agrupados en función de la tecnología a emplear.

Los resultados logrados en el municipio de Guamá, se muestran en la figura 2, donde aparecen dos coloraciones en los puntos de las comunidades: los rojos indican valores del LEC adecuados para la implantación de sistemas FVA; y los de color verde corresponden a LEC acorde con la extensión de la red.

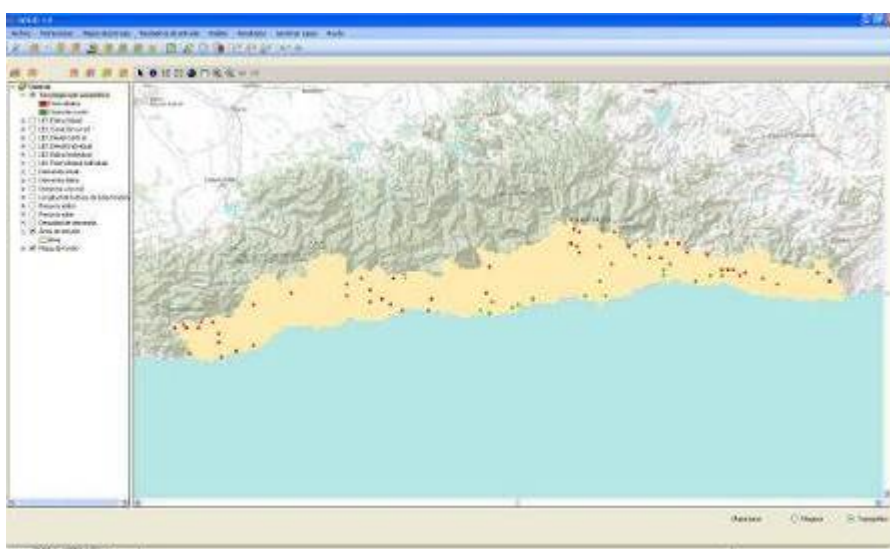


Figura 2. Resultados obtenidos en el análisis del LEC en el IntiGIS.

Fuente: Proyecto IntiGIS (CIEMAT).

Este resultado se puede introducir en estudios similares de comunidades en Guatemala y México, corroborando la versatilidad del sistema para regiones con características geográficas y sociales diferentes.

Otro de los resultados obtenidos en Cuba ha sido, el estudio de los potenciales (solar, eólico, hidráulico y de biomasa), mostrado en la figura 3. Estos constituyen las fuentes de estudios a diferentes niveles del país, con el objetivo de ir incorporando tecnologías renovables en el esquema de la generación distribuida, en sistemas conectados a red y otros próximos a la carga. Actualmente se trabaja con el SIG y se ha desarrollado la GeoWeb: Sistema de Información Geográfica de Fuentes Renovables de Energía (SIGFRE) mostrado en la figura 4, que constituye un sistema informativo que agrupa diferentes resultados, para diferentes análisis como: conexión de los sistemas renovables a la red eléctrica; estudios de sensibilidad espacial; análisis de la influencia de la nubosidad en el rendimiento energético de los sistemas fotovoltaicos; estimación de riesgos de descargas eléctricas y su influencia en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red; estudios de

¹¹ Coste de electrificación equivalente.

reducción de emisiones contaminantes (al suelo, aire y agua); evaluación de riesgos de desastres naturales a la infraestructura eléctrica del territorio; obtención de datos para los estudios de prefactibilidad económica; evaluación de pérdidas de energía por transmisión y distribución; y evaluación de la eficiencia técnica de sistemas fotovoltaicos conectados a la red. Todos estos estudios han estado encaminados al apoyo del proceso de toma de decisiones, por las personas facultadas y dirigidos a lograr el paradigma de la sostenibilidad energética.

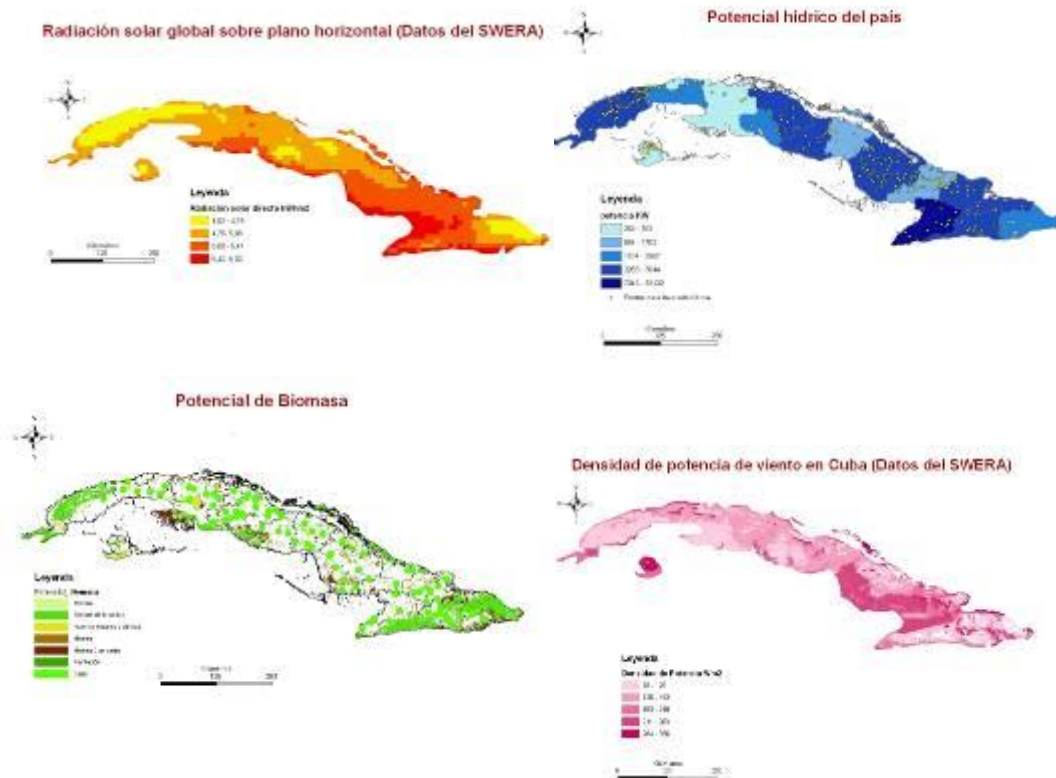


Figura 3. Potenciales renovables estudiados.

Fuente: Fuente: Elaborado por SIGFRE

La GeoWeb del SIGFRE, se convierte en una preeminente herramienta dirigida a la solución integrada de diversos y complejos problemas técnicos, que permite el aporte de conocimientos científicos por parte de expertos del tema energético.

En la figura 4 se observa el potencial solar que incide en el territorio nacional de Cuba y al marcar cualquier parte del mapa, el sistema brinda una tabla con información de los promedios mensuales y anuales, esta información puede ser obtenida para cualquiera de los potenciales estudiados, permitiendo el conocimiento de la disponibilidad de potencial renovable en cualquier punto del territorio nacional, facilitando el análisis para el aprovechamiento integrado de todas las fuentes renovables, en función de desarrollar estrategias encaminadas al desarrollo local y comunitario con una visión energética sostenible, además de poder comparar en cada sitio, cual es el potencial adecuado para la inversión.



Figura 4. Potencial solar.

Fuente: Elaborado por SIGFRE

En Colombia también se gestionan las FRE con los SIG y se han desarrollado diferentes estudios de especial interés para el conocimiento de los potenciales renovables. MODERGIS fue desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia y contó con el apoyo del CIEMAT, como proyecto de investigación en el marco del convenio de cooperación entre las partes. El objetivo del sistema es determinar la potencialidad de los recursos energéticos renovables, simulando escenarios energéticos que involucra criterios de desarrollo sostenible, brinda seguridad en el suministro y ofrece elementos de juicio en la toma de decisiones sobre la participación de fuentes renovables en la matriz energética, mediante una plataforma de planificación integrada de todas las FRE [5].

La concepción de MODERGIS se convierte en un Instrumento de gran ayuda a la planificación, al integrar en el SIG el modelo de prospección de oferta y demanda de energía, herramientas de análisis multicriterio y multiobjetivo, buscando un mismo objetivo común. Es una aplicación que puede ser utilizada para realizar simulaciones agregadas de todas las fuentes energéticas en el orden nacional (caso Colombia) o puede usarse para una sola fuente de energía (biocombustibles) y de orden regional (caso Costa Rica). Su forma novedosa radica en cuantificar potenciales renovables de energía, como solar, eólica y biomasa de manera integral, representando una optimización en el uso de la información cartográfica y los recursos computacionales.

Las simulaciones de escenarios pueden emerger de la concepción netamente energética o de la mezcla con problemáticas ambientales y naturales, resultando una fortaleza de MODERGIS, como son los casos de fenómenos de sequía o abundancia hidráulica, disminución en radiación solar o viento y las consecuencias energéticas que se pudieran generar de estos fenómenos [23]. En la figura 5, se observa la estructura general del MODERGIS, como se observa integra tres sistemas (ENERGIS, ENERDEN y ENERSOS), esta combinación de la información cartográfica, energética y algunos parámetros indicadores de sostenibilidad, llevan a obtener como resultado final, la evaluación y clasificación sostenible de las fuentes renovables de energía [24].

MODERGIS Estructura General

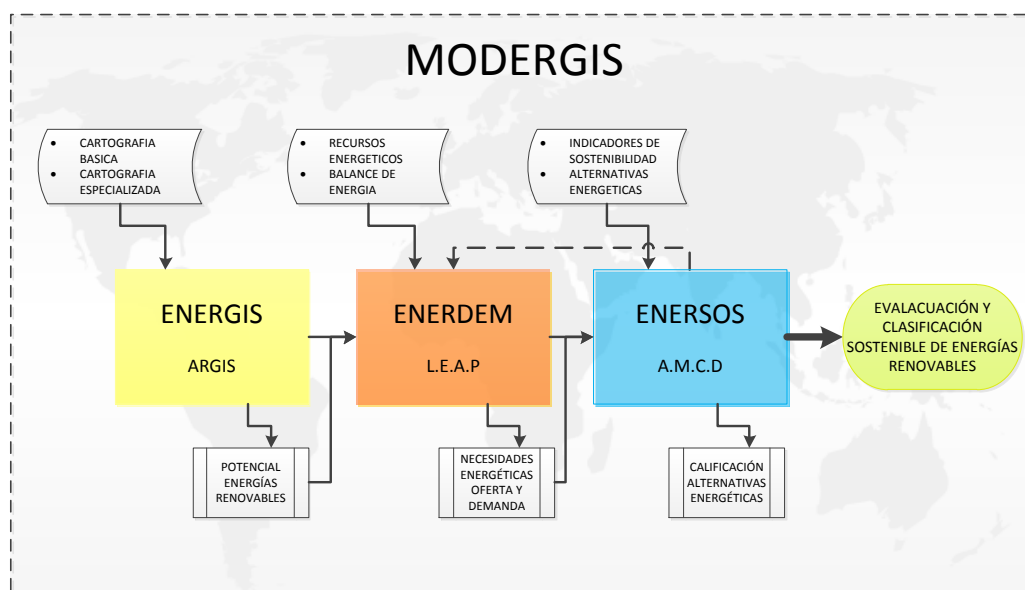


Figura 5. Estructura general del MODERGIS.

Fuente: MODERGIS 2012.

Uno de los resultados de MODERGIS se presenta en la siguiente figura 6 sobre el potencial de la energía eólica en Colombia, con un valor de 26500 MW de potencia instalable, solamente en el territorio continental sin incluir valores en costa fuera, para potencias de 1200 MW y diámetro de rotor de 60 m. Se ha clasificado por rango de viento en 5 y 7 m/s en 17000 megavatios y de 6m/s a 7 m/s en 8900 megavatios y mayor de 7 m/s en 570 megavatios. Su gran potencial se encuentra en el departamento de la Guajira, Magdalena, Atlántico, Cesar, Norte de Santander y la desembocadura de río Atrato en el golfo de Urabá [25].

Con el fin de dar difusión al modelo y poder colocar los resultados e información relacionada con el modelo se encuentra en una página WEB propia de MODERGIS, <http://www2.unalmed.edu.co/~modergis/> en el dominio de la universidad, donde se colocara toda la información concerniente al modelo y una vez surtan los permisos y licencias de uso por parte de la Universidad, quedará montado el modelo para uso público, resaltando los créditos y demás lineamientos que deberán hacerse a los autores del modelo y a las entidades desarrolladoras y colaboradoras en este trabajo [27].

En Venezuela, a partir del uso del SIG, se estimó el comportamiento de diversas variables características de los sistemas energéticos, para la comparación integral de las tecnologías y sus necesidades de uso en la valoración de soluciones energéticas de cada comunidad o conjunto de ellas.

Dado el interés mostrado por la Empresa Eléctrica Estatal (CORPOELEC), con respecto a estudiar las posibilidades para la electrificación de la región Guajira y con el objetivo de evaluar un conjunto de comunidades cercanas a San José de la Sierra, se procedió, mediante la aplicación de un SIG, a identificar las características de irradiación solar, viento y estimación de consumo de estas comunidades, empleando informaciones disponibles en ese formato. En la figura 7 se muestra el mapa de distribución de la red y las comunidades sin servicio eléctrico, estas se encuentran representadas con unas circunferencias rosadas [26].

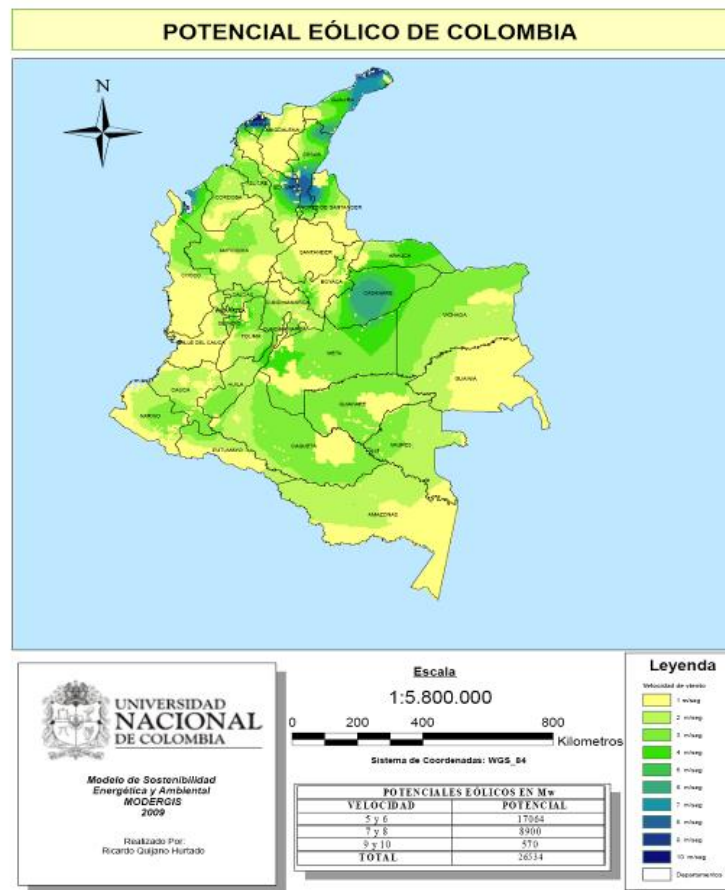
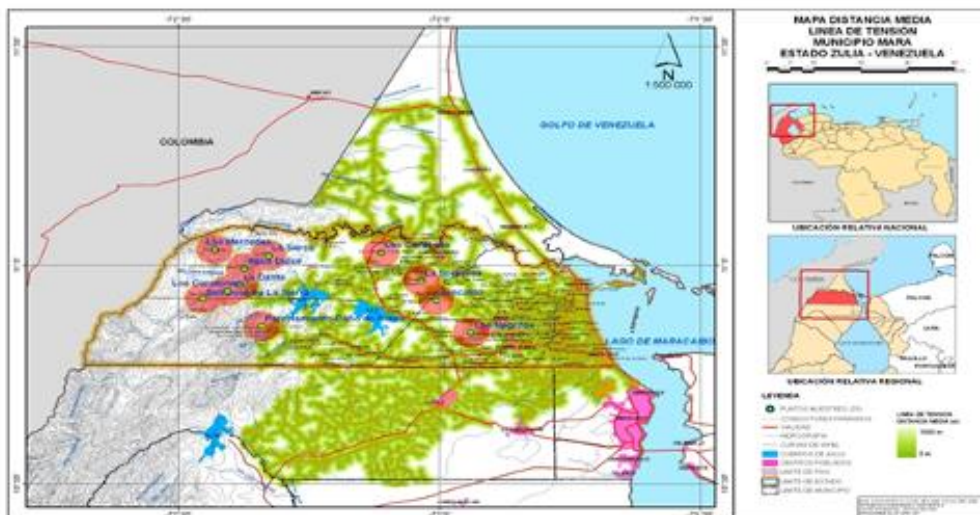


Figura 6. Potencial Eólico de Colombia.

Fuente: MODERGIS 2012

La posibilidad de electrificación rural mediante la extensión de las líneas eléctricas resulta inviable, para regiones muy alejadas de la red, por lo que se han implementado diferentes tipos de soluciones tecnológicas para satisfacer esta necesidad (y aún sigue investigándose); entre las tecnologías que se emplean actualmente, se encuentran las de uso exclusivo de generadores diésel, las que presentan determinado impacto ecológico, económico y de manejo técnico y social.

7.



Figura

Comunidades seleccionadas para el estudio en Venezuela.

Fuente: Cita incluida en [6]

Con el uso de los SIG se generaron los datos para determinar la viabilidad económica, técnica y ambiental de los proyectos, además de permitir estimar el comportamiento de la irradiación solar, velocidad de viento y consumo de energía, logrando una valoración integral en las comunidades seleccionadas, lo que permitió determinar el empleo de diferentes sistemas híbridos como la variable tecnológica más adecuada. El SIG facilitó un análisis más ágil y eficiente, en el proceso de valoración de todas las comunidades sin electrificación en las zonas de la geografía venezolana.

Desde los primeros momentos, el uso del SIG en la integración iberoamericana para la gestión del esquema energético, se desarrolló de forma espontánea, vinculándose un grupo de especialistas de diferentes países del área, con ideas comunes y dispuestos a emprender la búsqueda de alternativas novedosas, en función de dar solución a los complejos problemas que se plantean en interés de la diversificación sostenible de la matriz energética, con el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.

A partir del año 2007 y bajo el liderazgo del CIEMAT de España, se comenzó a desarrollar en una primera etapa, la puesta en práctica del IntiGIS en regiones geográficas diferentes de América Latina. Esta institución mantiene una línea de investigación para la aplicación de los SIG en la integración regional de energías renovables, dentro de la cual, se ha desarrollado un fecundo proceso de rediseño y aplicación de la metodología SOLARGIS.

Los proyectos desarrollados por el CIEMAT así como, diferentes universidades de los países iberoamericanos y entes públicos han demostrado que la integración regional, es poderosamente apoyada con el uso del SIG, por lo que estos trabajos se han convertido en un referente del trabajo científico en función de la innovación tecnológica, para otras instituciones y personas interesadas en vincularse a la temática. En esta línea, los contactos han sido muy importantes y han derivado en proyectos formativos y de transferencia de conocimientos, así como en el desarrollo de proyectos nacionales [27].

En la actualidad el equipo continúa trabajando en el Proyecto INTIGIS, con el objetivo de dotar a estas herramientas de un carácter mucho más flexible y dinámico, de forma tal que su aplicación se pueda universalizar, aprovechando las enormes ventajas que en la actualidad ofrecen las Tecnologías de la Información Geográfica.

En la figura 8 se observa la página web de IntiGIS, la descarga de este software no comercial implica la aceptación expresa de las condiciones de uso contenidas en esta página, así como el respeto de los derechos de propiedad intelectual del CIEMAT.



Figura 8. Página web de IntiGIS

Fuente: CIEMAT.

Actualmente la empresa eléctrica de la provincia de Manabí ha desarrollado un SIG para su programa eléctrico, esto asociado a los estudios de potenciales de las fuentes renovables de energía permitirá direccionar su acción al cambio de matriz energética con el apoyo de las instituciones académicas como es la UTM, se podrán realizar estudios de potenciales renovables que ayudará a la diversificación de su sistema eléctrico, en la figura 9, se observa el potencial a partir de los estudios realizados por la NASA relacionados con la radiación global [28].

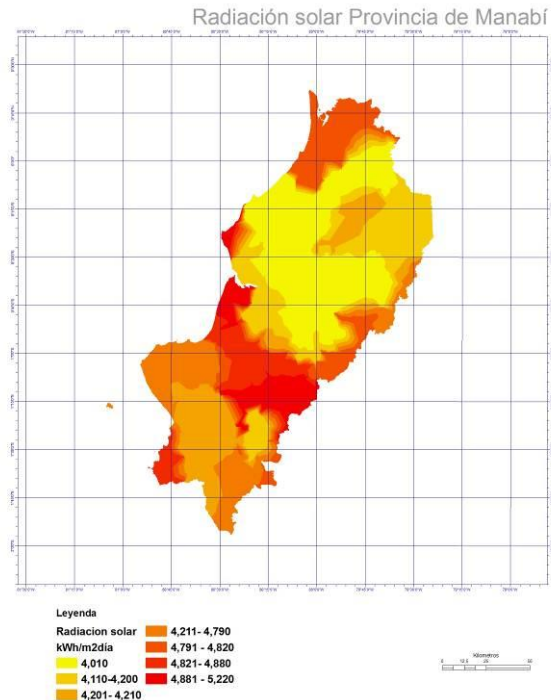


Figura 9. Radiación solar

Fuente: Elaboración propia a partir de [28].

En el estudio preliminar se puede observar que el Ecuador, específicamente la provincia de Manabí, presenta condiciones para encamina su programa energético a la diversificación de las fuentes de energía renovable.

Considerando las experiencias de los esfuerzos realizados por la integración latinoamericana en materia de aplicación de estas herramientas t otras como el MODERGIS, se han presentado proyectos al programa CYTED para materializar una red iberoamericana, para la aplicación de los SIG en función de desarrollar las fuentes renovables de energía; pero hasta el momento no se ha obtenido el beneficio de aprobación. La argumentación ha estado centrada en la promoción de la cooperación y transferencia de conocimientos entre sus miembros, para el desenvolvimiento de iniciativas encaminadas al uso de estas herramientas para el desarrollo de las FRE en el área.

La aprobación y concertación de un proyecto de integración latinoamericana, dirigido a desarrollar los SIG en función del estudio y la penetración de las fuentes renovables, puede constituir un hito en la innovación tecnológica de los modelos y herramientas que poseen estos sistemas, posibilitando la generalización de las mejores experiencias obtenidas en cada país, con relativos bajos costos económicos y gastos de recursos, contribuyendo de una forma efectiva a mejorar la calidad de la planificación energética regional, mediante un mejor conocimiento y evaluación de los potenciales energéticos y el estudio compartido de los conflictos técnicos que suelen surgir durante la penetración de estas fuentes energéticas.

En el planteamiento analizado anteriormente, será fundamental la aplicación de las Tecnologías de la Información Geográfica en una triple vertiente: la utilización de sensores remotos para la evaluación de recursos energéticos; el desarrollo de modelos de análisis espaciales basados en SIG,

que permitan cruzar múltiples variables para la toma de decisiones de manera eficaz; y el desarrollo de GEOPORTALES que den acceso a la información geográfica de los recursos y faciliten la planificación.

En el trabajo sólo se ha hecho referencia a algunos ejemplos para el desarrollo e integración. Existiendo suficientes experiencias en Iberoamérica y en otras regiones, que permitirían globalizar la temática en post del desarrollo energético sostenible. Lograr materializar la integración iberoamericana sería un gran reto, porque nos une el pensamiento energético y la sostenibilidad.

La caracterización espacial de las fuentes renovable de energía, muestra la enorme variabilidad espacio-temporal de estos recursos, frente al diseño concentrado de los combustibles fósiles. La desconcentración existencial de las FRE como propiedad natural, le otorga una especial preeminencia para su aprovechamiento frente a las fuentes tradicionales. Su distribución implica que prácticamente en cualquier lugar de la tierra, se pueda contar con al menos una fuente de carácter autóctono. Esta característica propia de las renovables que puede lucir como una ventaja, implica un considerable nivel de complejidad para su estudio, en función de lograr su óptimo aprovechamiento.

La heterogeneidad espacial de las fuentes renovables, hace que se adecuen especialmente en términos de producción de electricidad, tanto a la resolución de problemas de electrificación rural, como a la generación distribuida de electricidad en sistemas conectados a la red.

Los argumentos señalados anteriormente y otros que pueden ser explicitados convenientemente en una versión más amplia del trabajo, evidencian que la utilización de los SIG es adecuada, para el estudio de las fuentes renovables de energía y su aprovechamiento, dada la gran variabilidad y complejidad del sistema oferta-demanda basado en estos recursos, lo cual viene avalado por la enorme literatura con la que se puede contar al respecto [29].

CONCLUSIONES

1. Se muestran las experiencias desarrolladas por un grupo de especialistas de diferentes países de la región latinoamericana, en función de utilizar los SIG para el planeamiento energético a diferentes escalas y regiones, mostrando sus ventajas para la aplicación e integralidad del territorio.
2. Se exponen los resultados concretos obtenidos por Cuba, el CIEMAT de España, el MODERGIS en Colombia y Venezuela, en función de lograr la integración iberoamericana, para la utilización de los SIG en estudio, desarrollo de proyectos y otras etapas requeridas para el aprovechamiento las fuentes renovables de energía.
3. Queda evidenciado que la integración Iberoamericana, puede facilitar mediante la implementación de los SIG el desarrollo de estrategias para lograr un mundo sostenible energéticamente.
4. Los estudios integrales realizados mediante SIG, permiten diseñar estrategias de desarrollo para una nueva matriz energética con un mayor empleo de las fuentes renovables donde se encuentren integrados los países en vías de desarrollo de la región Iberoamericana..

BIBLIOGRAFIA

1. Greenpeace, *100% Renewables Comparison of costs. A renewable electricity system for mainland Spain and its economic feasibility*. 2007(www.greenpeace.es).
2. Guerra, J.A. and J.D. Bravo, *Los Sistemas de Información Geográfica en la Integración Regional de Energías Renovables*. Informes Técnicos Ciemat, nº 947. Ciemat (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas). Ministerio de Ciencia y Tecnología. Madrid (Spain). Depósito Legal: M-14226-1995, 2000. ISSN: 1135-9420, NIPO: 238-00-002-0: p. Editorial CIEMAT.

3. Domínguez, J., *La integración económica y territorial de las energías renovables y los sistemas de información geográfica.*, in *Departamento de Geografía Humana*. 2002, Universidad Complutense de Madrid (UCM): Madrid. p. 471.
4. Mark Z.Jacobson, M.D., *Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials*. Elsevier, 2011. **Energy policy** **39**: p. 1154-1169.
5. Ricardo Quijano, J.D.y.S.B., *MODERGIS Application: Integrated simulation platform to promote and develop renewable sustainable energy plans, Colombian case study, Renewable and Sustainable Energy Reviews*. . 2012. **Vol 16**(Issue 1, ISSN - 1364-0321): p. 5176-5187.
6. Ciaddy R. Rodríguez, C.y.A.S., *Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural*. Revista Ingeniería Mecánica. Vol. 14. No. 1, Enero-Abril 2011, p. 13-21, Cuba., 2011.
7. Franco, J., et al., *Electrificación eólica en poblaciones rurales aisladas del Chubut*. www.c.franco-ferrari.htm, 2007.
8. GIS, P., *Haciendo camino*. <http://www.PNERGIS>, 2011.
9. Ubaldo Miranda, R. Saldaña, and M.F. Morales., *El Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables (SIGER) en México* Boletín IIE, octubre-diciembre del 2003., 2003. <http://www.smsiger.iie.org.mx>.
10. Salazar, D., *Marco para el desarrollo de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en Chile*. Gobierno de Chile, 2008. <http://www.cne.cl>.
11. López, P., *Bases de la electrificación rural descentralizada en Ecuador*. www.dosbe.org, , 2008. <http://www.Ecuador/solar.html>.
12. Jácome, L.F.A., *Análisis y proyección de la demanda eléctrica de un sistema de distribución para la planificación de obras, utilizando el Sistema de Información Geográfico (SIG)*. Congreso Latinoamericano, CLADE 2008, Mar del Plata argentina., 2008.
13. MOREIRA, A.H., *Energía Renovable en Brasil*. MS, Consultoria, 2008. **Engeharia&Marketing**.
14. Rodezno, M., *La Electrificación Social en Honduras*. Empresa Nacional de Energía Eléctrica, 2003. www.enee.hn.
15. Leguía, E.J., et al., *Servicios ecosistémicos e hidroelectricidad en Nicaragua1*. Recursos Naturales y Ambiente., 2007. **no. 51:41-51**.
16. USAENE, *Program de eelctricación rural en Panamá*. Web: www.usaene.com, 2005.
17. Espinoza, W.C., *atlas de radiación solar en Bolivia*. Universidad de Calgary., 2005.
18. Rodríguez, M., *La ordenación y la planificación de las fuentes renovables de energía en la isla de cuba desde una perspectiva territorial. Estudio de caso en el municipio de guama a partir de un geoportal*. Revista CIEMAT, 2012. **ISBN 978-84-7834-689-9**.
19. María Rodríguez G., A.V.P., Miguel Castro F., Miriam Vilaragut Ll., *Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial*. Ingeniería Energética 2013. **Vol. XXXIV** (No. 3, ISSN: 1815 - 5901.): p. p. 247 - 259. www.renergetica.cujae.edu.cu.
20. Rodríguez, M., *INFOSOLAR: Sistema Gráfico Informativo de electrificación rural*. . Energía y Desarrollo E&D, 1999. **No 15**(Bolivia.Sept. 99): p. www.ciner.org.
21. María Rodríguez and E.C. Zoila Millet R, Inaudis Cisnero, Margenis Morell, *Uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta en la toma de decisiones en el programa de electrificación rural*. Revista científica de las energías renovables ISSN:1028 6004, 2005.
22. Pinedo, I., *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Integración de las Energías Renovables en la Producción de Electricidad en las Comunidades Rurales. Caso de Estudio: Electrificación del Municipio Cubano de Guamá*. Editorial CIEMAT, 2007. **Depósito Legal: M -14226-1995**(ISSN: 1135 - 9420. NIPO: 654-07-054-0): p. 87.
23. Quijano, R., *Diseño e Implementación de una Plataforma Integrada de Modelación para la Planificación Energética Sostenible – ModerGIS – Estudio de caso Colombia*. Informes técnicos CIEMAT. Madrid España. D.L:M26385-2011, ISSN: 1135-9420, NIPO: 721-12-051-X, 2012.
24. Quijano, R., Domínguez, J. y Botero, S, *Aplicaciones del modelo ModerGIS en el uso sostenible de la dendroenergía y los biocombustibles para países en vía de desarrollo – caso Colombia*. En: Ojeda, J.,

- Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 1.053-1.073. ISBN: 978- 84-472-1294-. 2010.*
25. Quijano, R., Domínguez, J. y Botero, S, *Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, aplicación del Modelo ModerGIS para la potencialización de Biocombustibles sostenibles en Costa Rica y Paraguay. San José de Costa Rica, Diciembre 2011. 2011.*
 26. Borges, C.G.R., *Valoración integral de sistemas híbridos para la electrificación rural. Tesis Doctoral, 2011. E fase publicación,.*
 27. Domínguez Bravo, J.P.P., Irene y Augusto González, Jorge, *HERRAMIENTAS SIG PARA LA INTEGRACIÓN DE RECURSOS DE ENER-GÍAS RENOVABLES EN ELECTRIFICACIÓN RURAL. INTI-GIS. ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria., 2008(ISBN: 978-84-96971-53-0.): p. 552-563.*
 28. NASA, *Solar: monthly and annual average global horizontal irradiance GIS data at one-degree resolution of the World from NASA/SSE. Global Horizontal IrradianceNASA Surface meteorology and Solar Energy (SSE) Release 6.0 Data Set (Jan 2008)22-year Monthly & Annual Average (July 1983 - June 2005).*
 29. Javier Dominguez, y.J.A., *Geographical information systems applied in the field of renewable energy sources. Computers & Industrial Engineering. . A Cluster on Planning and Management of Energy and Infra-structure Engineering Projects, 52 (3). 2007: p. 322-326.*