



REVISTA CIENTÍFICA TRIMESTAL DE CUBASOLAR

**REVISTA CIENTÍFICA de las
FUENTES RENOVABLES de ENERGÍA**

24



Método simplificado para la determinación del potencial eólico cuando se desean instalar pequeñas máquinas eólicas.....	1
Los retos de la gestión del conocimiento en energía para los municipios de Cuba.....	9
Utilización de un Sistema de Información Geográfica para realizar los estudios de impacto ambiental en la Empresa Eléctrica Provincial de Santiago de Cuba.....	43
Solución medioambiental sustentable en la cosecha de la caña.....	50
Cálculo de las pérdidas y ganancia energéticas de un secador solar doméstico tipo gabinete.....	62
Análisis preliminar de la variable estado del tiempo presente para cuatro estaciones relacionadas con el desarrollo eólico en Cuba.....	72

Método simplificado para la determinación del potencial eólico cuando se desean instalar pequeñas máquinas eólicas

Simplified method for the determination of the wind energy potential to install small wind generators

Por Conrado Moreno Figueredo y Omar Herrera Sánchez**
Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER), del Instituto
Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), Calle 114 No. 11901,
Marianao, Ciudad de La Habana, Cuba.*

** e-mail: conrado@ceter.cujae.edu.cu*

*** e-mail: oherreraz@ceter.cujae.edu.cu*

Resumen

Para evaluar el recurso eólico es una zona determinada se plantean generalmente dos situaciones: 1. A partir de las mediciones durante un periodo corto, si se desea extender estas mediciones a unos valores representativos de las características del viento del lugar a largo plazo (extrapolación temporal). 2. A partir de mediciones del viento durante un periodo de varios años en una estación de medición, si se desea extrapolar esas mediciones a otros puntos de la zona (extrapolación horizontal), o a otros niveles (extrapolación vertical), en los cuales no se han realizado mediciones. La primera situación es típica de cuando se trata de instalar parques eólicos; la metodología de evaluación del recurso eólico se realiza mediante procedimientos costosos en tiempo y financiamiento que los hace inviables para evaluar el recurso en el caso de los pequeños sistemas de conversión de energía eólica (PSCEE). Por otro lado, los parámetros requeridos sobre las condiciones meteorológicas del emplazamiento para el dimensionamiento de las instalaciones para zonas remotas, son en ciertos aspectos menos exigentes que los requeridos para los parques conectados a la red. Es por ello que se hace necesario elaborar procedimientos para estimar los recursos eólicos de los emplazamientos, al nivel requerido para este tipo de instalación, con unos costos más reducidos. El problema que se debe solucionar consiste en elaborar un procedimiento que resuelva la primera situación, que no implique tanto tiempo y financiamiento a través de la eliminación del equipamiento necesario para las mediciones (torre anemométrica con data logger) y en la disminución del tiempo que se emplea para realizar las mediciones, que duran al menos un año. La segunda situación es viable para cuando se trate de PSCEE, por cuanto no se necesitan mediciones en el sitio y se emplean los datos de una estación de medición con datos históricos con más de cinco años de medición. En este trabajo se presenta un procedimiento simplificado para la evaluación del potencial eólico cuando se trata de PSCEE.

Palabras clave: Energía eólica, potencial eólico, aerogeneradores.

Abstract

In order to evaluate the wind resource in a given zone two situations come into question generally: firstly from the measurements during a short period, if one wants to extend these measurements to some long-term values representative of the characteristics of the wind at the place (temporary extrapolation). Secondly from measurements of the wind during a period of several years in a measuring station, if the purpose is to extrapolate those measurements to other points of the zone (horizontal extrapolation), or to other levels (vertical extrapolation), in which measurements have not been carried out. The first situation is typical when installing wind farms. The methodology of evaluation of the wind resource is carried out by means of time demanding and expensive procedures that make them nonviable to evaluate the resource in the case of the small systems of wind energy conversion (SSWEC). On the other hand, the weather conditions parameters of the location required for the sizing of the facilities in remote zones are somehow less demanding aspects than the required for the wind farms connected to the grid. That is why it becomes necessary to elaborate procedures to estimate the wind resources of the sites, to the level required for this type of machine, with a reduction in the costs. The problem to be solved consists in elaborating a procedure that resolves the first situation, one that does not imply too much time and financing by eliminating the necessary equipment for the measurements (anemometers tower with the data logger) and in the reduction of the time to accomplish the measurements, that last for at least one year. The second situation is viable for a SSWEC because they do not need on-site measurements and they use historical data from a station of measurement with over five years of measurements. In this paper we present a simplified procedure for the evaluation of the wind potential for the installation of SSWEC.

Keywords: Wind power, wind potential, aerogenerators.

Introducción

Desde 1994, el Gobierno cubano y otras instituciones del país han promovido y a la vez apoyado innumerables proyectos de los cuales más de 400 están relacionados con la electrificación rural, especialmente en las zonas montañosas de la región oriental de la Isla. Hasta el momento, 226 consultorios médicos, 4 hospitales y 75 instalaciones de recreación han sido electrificados en esa región. Todas estas aplicaciones están alejadas del Sistema Eléctrico Nacional, el cual cubre alrededor de 95% de la población cubana. El uso de la hidroenergía se emplea tanto para la producción de electricidad como para el suministro de agua por gravedad, para el consumo humano y el riego. Decenas de mini y microhidroeléctricas han sido construidas y otras han sido acondicionadas. Más de 30 000 personas tienen acceso a la electricidad generadas con estaciones hidroeléctricas. Se estima que el país cuenta con un potencial de 650 MW, del cual se emplea menos de 10%. El uso de la energía eólica, sin embargo, ha sido limitado, debido fundamentalmente al desconocimiento del verdadero potencial eólico con que se cuenta.

Actualmente, un programa oficial de evaluación del recurso eólico está siendo llevado a cabo, dirigido por la Dirección Integrada de Proyectos de la Unión Eléctrica, perteneciente al Ministerio de la Industria Básica. Por efecto de este

programa se han instalado más de 90 estaciones de medición con sensores colocados a 10, 20 y 30 m por encima del suelo, los cuales miden los valores de la velocidad del viento y la dirección en esos niveles de altura. El objetivo principal de este programa es finalmente seleccionar los sitios más adecuados para la instalación de parques eólicos a través de mediciones de más de un año de duración. Además de esto, el Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET) posee datos históricos del viento de más de veinte años de duración en más de 50 estaciones meteorológicas a lo largo de todo el país.

El proceso empleado en este programa para determinar la potencialidad del recurso eólico a lo largo de toda la isla de Cuba es difícil, caro y requiere tiempo. Para satisfacer las necesidades en las comunidades, tanto de electricidad como de abasto de agua, es necesario instalar máquinas eólicas de pequeño porte. Usualmente el costo inicial de estas pequeñas máquinas es menor que el costo de llevar a cabo este proceso de medición, por lo que se hace indispensable poseer un método simplificado para la evaluación del recurso eólico.

El objetivo principal de este trabajo es describir un procedimiento simplificado para, haciendo uso de las datas históricas del Instituto de Meteorología, evaluar el recurso eólico cuando se trata de la instalación de pequeñas máquinas eólicas en áreas rurales, sin poner en práctica el programa clásico de medición de viento, que resulta caro y exige mucho tiempo para medir el viento.

Determinación de la potencialidad del viento

Para seleccionar una pequeña máquina eólica de forma tal que entregue la electricidad que se necesita y que opere eficientemente en las condiciones locales, se debe conocer el potencial del viento en el sitio donde esta máquina se va a instalar. Para esto se pueden emplear diferentes métodos:

1. Realizar mediciones en el sitio seleccionado previamente.
2. Determinar las velocidades en el sitio seleccionado a partir de las mediciones de viento en otro sitio cercano.
3. Aprovechar las experiencias de otros usuarios.

El método 3 se emplea con frecuencia cuando en la región hay instaladas otras máquinas. La experiencia de otros usuarios es generalmente un mejor indicador que las propias mediciones de viento.

El método 1 es a menudo usado cuando el objetivo es la instalación de parques eólicos. Realmente las mediciones de viento deben realizarse exactamente en el sitio propuesto, a la altura del eje de la máquina previamente seleccionado y en un período de al menos un año. Esta metodología de evaluación del régimen de viento se lleva a cabo por procedimientos realmente caros y consumidores de tiempo, lo que la hace inadecuada cuando se trata de evaluar el recurso en el caso de que se quieran instalar pequeñas máquinas eólicas.

El método 2 es más adecuado para pequeñas máquinas eólicas empleándose los datos de mediciones de viento hechas en lugares cercanos. Para tener en cuenta las diferencias entre las características del sitio donde se ha medido y el

sitio propuesto para instalar la pequeña máquina, deben tenerse en cuenta ciertas consideraciones.

Teóricamente los parámetros que deben ser medidos son:

1. Velocidad media anual del viento.
2. Velocidad media del viento cada mes del año.
3. El comportamiento típico diario cada mes del año.
4. La duración y distribución anual de los períodos de calma.
5. Las rachas máximas de velocidad de viento.
6. La dirección del viento.

Realmente es muy difícil obtener los valores numéricos de todos estos parámetros. El parámetro más importante para alcanzar una adecuada evaluación del régimen de viento y dimensionar correctamente el rotor de la máquina eólica es la velocidad media (anual y mensual). De ahora en adelante este trabajo será dedicado a ofrecer algunas indicaciones para resolver el método 2.

Superficie del terreno

El método 2 está basado en el uso de los datos provenientes de sitios cercanos donde las características de la superficie del terreno deben tenerse en cuenta.

La superficie del terreno interfiere considerablemente en el viento. La rugosidad de la superficie del terreno produce turbulencia en la capa límite del viento. La velocidad del viento varía en la dirección horizontal y en la vertical. Se entiende por extrapolación vertical la variación de la velocidad de viento en el plano vertical debida a la fricción de la corriente de aire con la superficie del terreno, y la extrapolación horizontal tiene en cuenta los cambios que ocurren en la velocidad de viento en el movimiento horizontal sobre la superficie del terreno. En estos cambios tiene una influencia significativa el tipo de terreno, los cambios de la rugosidad superficial y los obstáculos presentes.

Lo más práctico es emplear las mediciones de viento hechas en estaciones meteorológicas, en aeropuertos o provenientes de otras fuentes. Usualmente los datos de las estaciones meteorológicas ya han sido procesados y se encuentran almacenados, por lo que el método resulta más eficaz, más barato y razonablemente más exacto. En muchos casos la estación meteorológica no se encuentra lo suficientemente cercana al sitio propuesto; como una regla general la estación meteorológica debe estar dentro de los 30-120 km del punto seleccionado para instalar la máquina. La correlación será más exacta mientras más pequeña sea la distancia entre el sitio propuesto y la estación meteorológica. La distancia adecuada para aplicar cualquier correlación depende de las superficies de los terrenos en que se quiere aplicar la correlación, siendo necesario que sea más corta mientras mayor sea la diferencia entre las rugosidades superficiales de ambos sitios, y viceversa.

La rugosidad del terreno se caracteriza por un indicador conocido por altura de la rugosidad superficial. La tabla 1 presenta valores típicos de este indicador.

Tabla 1. Alturas de la rugosidad superficial según el tipo de terreno

Tipo de terreno	Característica	Valor de Z_o , m
Llano	Playa, océano, superficies arenosas	0,0003
Abierto	Hierba baja, aeropuertos, tierras de cultivos vacías	0,030
Poco rugoso	Hierba alta, cultivos bajos	0,100
Rugoso	Cultivos altos alineados, árboles bajos	0,250
Muy rugoso	Bosques naturales	0,500
Cerrados	Poblados, suburbios	> 1,000
Ciudades	Centro de ciudades, espacios abiertos en bosques	> 2,000

Una ecuación empírica que resulta práctica para realizar esta correlación se presenta seguidamente:

$$V_z = V_{zr} \frac{\ln(60 / z_{or}) \ln(z / z_o)}{\ln(60 / z_o) \ln(z_r / z_{or})}$$

Donde:

V_z : Velocidad media anual en el sitio donde se desea instalar la máquina a una altura del eje z .

V_{zr} : Velocidad media anual (*wind speed*) en la estación de referencia a una altura z_r .

Z : Altura del eje del rotor de la máquina eólica.

Z_r : Altura del anemómetro en la estación de referencia.

Z_o : Altura de la rugosidad superficial en el sitio donde se desea instalar la máquina.

Z_{or} : Altura de la rugosidad superficial en la estación de referencia.

Basado en esta ecuación, la tabla 2 ofrece coeficientes que resuelven este problema.

Tabla 2. Coeficientes de correlación para tener en cuenta los efectos de la diferencia de rugosidades superficiales

Tipo de superficie del terreno	Altura, m					
	5	10	12	14	16	18
Playa, océano, superficies arenosas, $Z_o = 0,0003$ m	0,80	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90
Hierba baja, aeropuertos, tierras de cultivos no sembradas, $Z_o = 0,03$ m	0,67	0,76	0,79	0,81	0,83	0,84
Hierba alta, cultivos bajos, $Z_o = 0,10$ m	0,61	0,72	0,75	0,77	0,79	0,81
Cultivos altos alineados, árboles	0,55	0,67	0,71	0,73	0,76	0,78

bajos, $Z_o = 0,25$ m						
Bosques naturales, $Z_o = 0,50$ m	0,48	0,63	0,66	0,70	0,72	0,75

La ecuación general propuesta en este trabajo para aplicar la tabla 2 es:

$$V_z = V_{zr} \times C_z / C_{zr} \quad (1)$$

Donde:

V_z : Velocidad del viento en el lugar seleccionado a una altura z .

V_{zr} : Velocidad del viento en el sitio de referencia con un anemómetro ubicado a una altura z_r .

C_z : Coeficiente en el sitio seleccionado con una altura z .

C_{zr} : Coeficiente en el sitio de referencia con una altura z_r .

Ejemplo

Se desea instalar un pequeño aerogenerador cuya altura de la torre es de 14 m, en una zona de cultivos de cítricos. La estación meteorológica más cercana se encuentra en un lugar caracterizado por tener hierba baja en sus alrededores. La altura del anemómetro en la estación es de 10 m y la velocidad media es de 4,65 m/s. Estimar la velocidad media del viento a la altura de la torre del pequeño aerogenerador en el sitio propuesto.

Solución:

Con los datos dados en el problema, la solución se encuentra en la aplicación de la ecuación (1). Primeramente deben determinarse los valores de la altura de la rugosidad superficial, z_o y z_{or} . De la tabla 1 se obtiene $z_o = 0,25$ m y $z_{or} = 0,03$ m.

Aplicando la tabla anterior al ejemplo, resulta:

$$V_{zr} = 4,65$$

$$C_z = 0,73 \text{ (rugosidad } 0,25 \text{ m, altura } 14 \text{ m)}$$

$$C_{zr} = 0,76 \text{ (rugosidad } 0,03 \text{ m, altura } 10 \text{ m)}$$

$$V_z = 4,65 \times 0,73 / 0,76 = 4,46 \text{ m/s}$$

La utilidad de conocer la velocidad media anual del viento se puede ver inmediatamente. La figura 1 fue tomada del libro *Energía eólica práctica*, de Paul Gipe, con la cual se puede estimar la producción anual de energía de los pequeños aerogeneradores en kWh/año, en función de la velocidad media anual del viento y del diámetro del rotor.

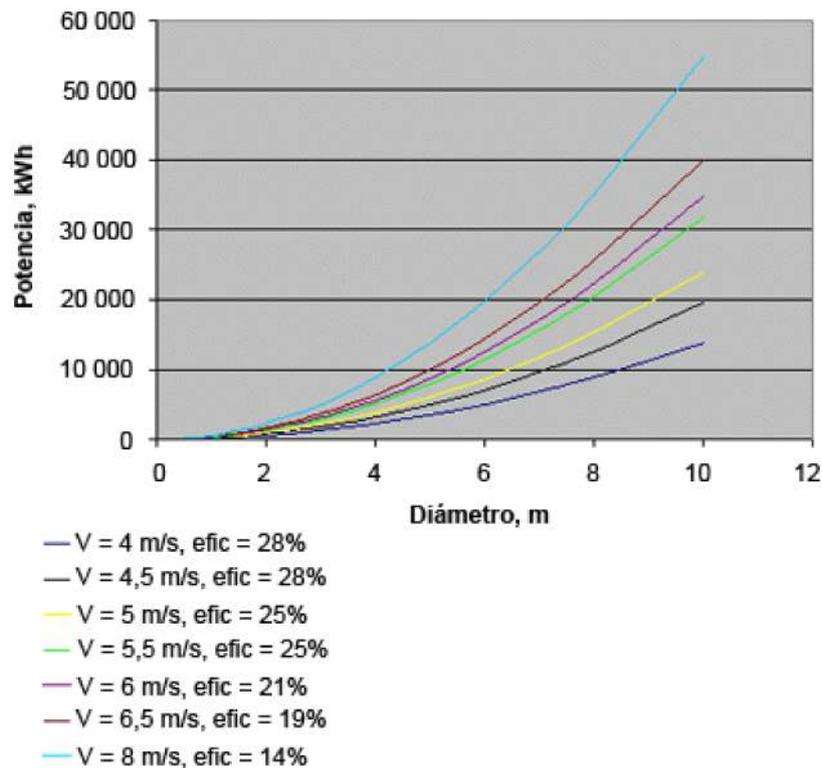


Fig. 1. Potencia vs. diámetro.

Si la estación meteorológica más cercana se encuentra muy alejada o está localizada en un terreno muy diferente al del sitio donde se desea instalar la pequeña máquina eólica, deben realizarse mediciones de viento en el sitio seleccionado. Después de realizadas las mediciones, estas deben ser comparadas con las de la estación meteorológica.

Un anemómetro debe ser instalado a la altura del eje del rotor de la máquina. Es recomendable hacer mediciones horarias durante al menos tres meses. Los datos del lugar deben entonces ser comparados con los de la estación meteorológica en el mismo periodo. Conociendo la diferencia entre los datos del sitio y los datos de la estación meteorológica durante esos tres meses, los datos de la estación meteorológica para el resto de los meses pueden ser ajustados para predecir las velocidades del viento en el sitio seleccionado.

Conclusiones

Las evaluaciones del recurso eólico para pequeñas máquinas eólicas deben ser llevadas a cabo en un corto tiempo con procedimientos lo más baratos posibles en comparación cuando se desean instalar parques eólicos. Cuando se refiere a pequeñas máquinas eólicas, la determinación de las velocidades medias anuales es suficiente para alcanzar este objetivo. Con estos valores medios se puede entonces determinar la producción anual de energía que es capaz de entregar un determinado aerogenerador.

Bibliografía

CIEMAT. *Principios de conversión de la energía eólica*. España: 1999.

GIPE, PAUL. *Energía eólica práctica*.

JENSEN, ET. AL., «Extrapolation of Mean Wind Statistics With Special Regard to Wind Energy Applications», WMO/TD N. 15, 1984.

MORENSEN, N.; L. LANDBERG, I. TROEN Y E. PETERSEN. *Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP)*. Riso National Laboratory, RISO, 1983.

PETERSEN, E., ET. AL. *Wind Atlas for Denmark*. RISO, 1980.

WMO. «Meteorological Aspects of the Utilization of Wind as an Energy Source», Technical Note N. 175, 1981.

Los retos de la gestión del conocimiento en energía para los municipios de Cuba

The challenges of knowledge management on energy at municipal level in Cuba

*Por Alois Arencibia Aruca**

** Especialista en Información, División de Energía e Información, Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA), Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cuba.
e-mail: arencibia@cubaenergia.cu*

Resumen

Con el fin de abordar la problemática energética en el entorno del desarrollo local de los municipios cubanos, se desarrolló desde REDENERG (Red Nacional de Gestión del Conocimiento en Energía) una herramienta de gestión del conocimiento denominada «NOME» (Nodos Municipales de Energía), que permite organizar el capital intelectual del municipio en la temática energética, con el objetivo de apoyar a los Gobiernos Municipales en la gestión de los problemas energéticos vinculados al desarrollo local municipal. La experiencia de creación de NOMEs en cuatro municipios de la región central del país (Jatibonico, Placetas, Fomento y Aguada de Pasajeros), ha permitido identificar los problemas que dificultan la gestión energética local desde la perspectiva de la gestión del conocimiento. El trabajo expone el árbol de los problemas identificados en los municipios, la estrategia de trabajo para abordar esta problemática, los resultados alcanzados y sus perspectivas en el ámbito de la generalización.

Palabras clave: Energía, desarrollo local sustentable, problema energético, gobierno municipal, gestión del conocimiento, capital intelectual, red colaborativa, capacidades instaladas, diagnóstico energético municipal, modelo de gestión energética municipal

Abstract

With the purpose of discussing the energy issues related to local development in Cuban municipalities, the National Network of Knowledge Management on Energy (REDENERG, in Spanish) developed a tool called Municipal Energy Node (NOME), which allows organizing the intellectual capital of the municipality in the energy subject, with the objective of supporting Municipal Governments in the management of their energy problems linked to local development. The experience of the creation of NOMEs in four municipalities in the central region of the country (Jatibonico, Placetas, Fomento and Aguada of Pasajeros), has allowed identifying the problems that hinder local energy management from the perspective of knowledge management. The paper discusses the tree of problems identified in the municipalities, the strategy to approach these problems, the attained results and the perspectives of generalization.

Keywords: Energy, local sustainable development, energy problem, municipal government, knowledge management, intellectual capital, collaborative network, installed capacities, municipal energy diagnostic, and municipal energy management model accomplish.

Introducción

El desarrollo económico social y la energía están intrínsecamente imbricados; el uno no puede ser tratado a espaldas del otro y esto es reconocido desde el 2005 por el PNUD en el documento *La energía para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Una guía sobre el papel de la energía en la reducción de la pobreza* [Programa..., 2005]. En este instrumento se explica la fuerza determinante que tiene el desarrollo energético para el cumplimiento de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Sin embargo, el modelo de desarrollo económico social genera un contexto político y regulatorio determinante para el modelo de desarrollo energético, estableciendo así una relación de subordinación donde el segundo se organiza en función de las necesidades y los conceptos del primero. Actualmente, en Cuba y en muchos otros países se están llevando a cabo, bajo el liderazgo de sus gobiernos, procesos de transformación de los modelos energéticos desde el punto de vista filosófico y tecnológico, debido a imperativos político-ideológicos (dependencia energética) y científico-culturales (conciencia de la crisis medioambiental), y en menor medida a imperativos técnico-económicos, pues las tecnologías sustitutas de los nuevos modelos energéticos son en su mayoría bastante ineficientes y están aún por desarrollarse (1).

Esta relación descrita permite comprender porqué, si aspiramos a un modelo de desarrollo sustentable, se debe definir el desarrollo energético como un proceso de relaciones complejas, multidimensionales y contextualizadas. Para REDENERG (Red Nacional de Gestión del Conocimiento en Energía) se define un problema energético como «aquellos asuntos dados en la actividad de energía, de los que se espera una solución; ya sean estos problemas esencialmente tecnológicos, de dispersión de la información de energía, de recursos humanos con insuficientes conocimientos y habilidades para la gestión de proyectos de energía, o de otra índole» [González, Arencibia y Viant, 2006].

Cuba es un país subdesarrollado (2), de escasos recursos naturales que viene sufriendo una crisis por más de quince años (3), denominada «Período Especial». Su mayor riqueza se encuentra en su capital humano, que posee una reconocida preparación científico-técnica y está distribuido por toda la geografía nacional. El Gobierno cubano, a partir de una coyuntura muy favorable que se viene dando en el entorno geopolítico, ha podido acceder a fuentes de

financiamiento que le han permitido reimpulsar el desarrollo económico social del país; para ello viene invirtiendo recursos en la instalación de capacidades tecnológicas y de gestión que son vitales para este despertar.

En este proceso de reanimación del país el gobierno municipal emerge como un actor importante del desarrollo con la responsabilidad de encontrar en ese espacio la solución a 80% (4) de la problemática identificada en Cuba a partir del debate nacional realizado alrededor del discurso pronunciado por Raúl Castro, el 26 de julio de 2007.

Aunque todavía la gestión estatal permanece altamente centralizada, es notable cómo en muchos sectores está cambiando el foco de atención del nivel central y el delegado provincial a las representaciones municipales, como expresión de la importancia que el Estado le está concediendo al municipio como espacio del desarrollo. En este punto se destacan los casos de la gestión financiera a través de la ONAT municipal; la reorganización de la actividad agrícola del país encaminada al fortalecimiento de la gestión de la delegación del MINAGRI en los municipios, acción precedida por proyectos de autoabastecimiento de carne, leche y viandas, y ahora la reorganización de la tenencia de tierras. También se ha venido organizando en esta instancia la actividad del transporte, la construcción de viviendas y la producción de materiales de la construcción, entre otros. Estas iniciativas muestran que el municipio se está viendo como un ámbito estratégico del desarrollo nacional; estas acciones fortalecen también la imagen del municipio y lo configuran como un actor de peso por su contribución a la solución nacional de los problemas del país.

A partir de la revisión bibliográfica y entrevistas con presidentes de Gobiernos Municipales y directivos del Centro de Desarrollo Local y Comunitario (CEDEL), del CITMA, entidad con la que CUBAENERGÍA tiene firmado un convenio de colaboración, se pudo hacer un levantamiento de los problemas que afectan la gestión energética en el entorno del desarrollo local.

El problema

«Los gobiernos municipales no cuentan con capacidad para gestionar la problemática energética de subordinación territorial; esto es un freno para el desarrollo local, para la Revolución Energética y por ende para el desarrollo económico social del país debido a la relación intrínseca energía-desarrollo, a la correspondencia sinérgica que existe entre las escalas macro y micro del desarrollo, y a la relación existente entre el desarrollo social y el desarrollo de los actores que permita su participación más plena en el proceso de transformación» [Arencibia, *et al.*, 2008]

Causas del problema

Esta situación viene dada porque en Cuba se desarrolló un modelo de gestión centralizado, planteándose elevar el desarrollo económico social de la población cubana a partir de un esquema de desarrollo casi exclusivamente sectorial. La actividad energética está subordinada a un grupo de OACEs (Organizaciones de la Administración Central del Estado), como el Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), a través de la Empresa Cubana de Petróleo (CUPET), donde se concentran las actividades de exploración, extracción, importación y exportación del petróleo y sus derivados, y la Unión Eléctrica Nacional (UNE), encargada de la generación de electricidad y su distribución; el Ministerio de Economía y Planificación (MEP), encargado de la planificación y control de los portadores energéticos en todo el territorio nacional, y el Ministerio de la Industria Azucarera (MINAZ), que en tiempo de zafra produce en sus centrales una importante cantidad de potencia calórica y eléctrica que le permiten autoabastecerse para la producción de azúcar y energizar los poblados asociados al central (5).

Este modelo redujo al mínimo las capacidades de los gobiernos municipales (actores legítimos del territorio) para gestionar la problemática energética del desarrollo local, debido a que no se organiza la actividad energética municipal bajo el concepto integrador de «desarrollo municipal», lo que da una imagen más bien de distribución de recursos energéticos según las prioridades del gobierno central. Ada Guzón lo define como «desarticulación de procesos de planeamiento y predominio del enfoque sectorial en la construcción de presupuestos y planes económicos anuales» [Guzón, 2006]. Por otra parte, cuesta trabajo ver a simple vista el espacio económico del desarrollo local: «Pocas actividades de subordinación municipal» [Guzón, 2006]. Esto le resta importancia al municipio como área estratégica del desarrollo nacional y establece un tipo de relación que configura funciones, y la función hace al órgano, como dice el aforismo popular; si la función no existe, el mecanismo de gestión no se desarrolla en ese entorno de gobierno.

Consecuencias del problema

Esta situación se evidencia en el vacío de conocimiento e información debido a la falta de estudios energéticos locales desde la perspectiva del desarrollo estratégico del municipio, imprescindible para la toma de decisiones, así como en la ausencia de herramientas de gestión energética municipal que permitan dar respuestas a problemas de conocimiento, de tecnología, de información y de movilización que se puedan requerir para la gestión de los proyectos de desarrollo local con una visión integral que incluya la energética. Ada Guzón incorpora en su artículo la visión de Antonio Rodríguez, presidente

del municipio de Jatibonico hasta el 2007, quien expone un grupo de argumentos, que sin particularizar el aspecto energético, permite comprender esta afirmación:

«...falta de estudios, diagnósticos o propuestas de solución como resultado de investigaciones. Esta situación obedece, principalmente, a la dispersión de los esfuerzos científicos y técnicos, y a no haberse encausado adecuadamente todo el potencial de profesionales y técnicos formados por la Revolución en función de buscar alternativas y soluciones a las problemáticas municipales, lo que impide mayor celeridad en el desarrollo local.

»...las investigaciones en un porcentaje importante no responden a las prioridades reales para un territorio cuando no existe estrategia y hay falta de integralidad en función del desarrollo local entre los organismos e instituciones dedicadas a las investigaciones científico-técnicas» [Guzón, 2006].

Hoy, uno de los retos del municipio cubano está en desarrollar al máximo sus capacidades de gestión energética para soportar su desarrollo local a partir del aprovechamiento eficiente de los recursos que le aporta el Estado cubano y de la explotación adecuada de las potencialidades que brindan las fuentes renovables de energía disponibles en el territorio, lo que a la larga le permitiría generar un modelo de gestión energética ajustado a las características del territorio; esto implica el desarrollo de una cultura energética sostenible.

«Las acciones que se vienen desarrollando por CUBAENERGÍA a través de REDENERG en municipios de la región central del país tienen como fin: Facilitar en entornos municipales la creación e implementación, desde la localidad, de modelos integrales de gestión energética, que contribuyan al desarrollo local de los municipios cubanos» [Arencibia, 2008b].

Las tendencias mundiales están encaminadas al desarrollo de organizaciones sociales, léase también países, basadas en el empleo intensivo del conocimiento para operar sobre su transformación de forma consciente. En el ámbito nacional, el Estado cubano le concede una gran importancia a la Revolución Energética y al desarrollo local como parte de la estrategia nacional de desarrollo; y en el entorno de las relaciones intersectoriales CITMA-MINBAS, a la experiencia alcanzada por CUBAENERGÍA en diseño e implementación de tecnologías de gestión del conocimiento, como centro gestor de los proyectos relacionados con REDENERG durante ocho años.

Hipótesis

«Si los gobiernos municipales desarrollaran sus propios modelos de gestión energética integral, contribuirían a su desarrollo local en dos direcciones fundamentales:

»1. Al desarrollo energético como eje transversal del desarrollo económico social del municipio (identificación y solución de la problemática energética del desarrollo endógeno).

»2. El desarrollo local como instalación de capacidades de gestión en el territorio (intelectuales, tecnológicas, informacionales y comunicacionales)» [Arencibia, *et al.*, 2008].

«Para alcanzar estas etapas se requieren cubrir los pasos siguientes:

»1. Instalación de capacidades de gestión del capital intelectual y tecnologías en municipios cubanos inmersos en un proceso de desarrollo local (NOME: Nodo Municipal de Energía de REDENERG).

»2. Desarrollo de una experiencia de gestión de un problema energético con enfoque integral en el ámbito de subordinación municipal (gobierno-NOME, generación de mecanismos de gestión).

»3. Puesta a punto de un mecanismo de gestión energética del municipio e implementación paulatina en todo el municipio (estrategia energética)» [Arencibia, *et al.*, 2008].

Con el diseño e implementación de los Nodos Municipales de Energía en cuatro municipios de la región central del país, se ha rebasado hasta el momento la primera etapa de la propuesta de solución, lo que ha permitido que se comience a trabajar en la segunda.

Experiencia desarrollada

Las acciones realizadas en esta etapa son las siguientes:

1. Se diseñó el Nodo Municipal de Energía (NOME).
2. Se elaboró la «Metodología para la gestión de la energética en los procesos de desarrollo del municipio».
3. Se elaboró un algoritmo de transferencia de tecnología para la creación de los NOMEs.
4. Se crearon, a partir del algoritmo, los NOMEs de Jatibonico, Placetás, Fomento y Aguada de Pasajeros.
5. Se celebró el Primer Taller Regional de Gestión del Conocimiento en Energía, Fomento 2007.
6. Se realizó un estudio para evaluar en qué medida la implementación del NOME de Aguada de Pasajeros favorece la gestión energética de este municipio.
7. Se elaboró una «Estrategia de mercadotecnia para los Nodos Territoriales de Energía en los municipios de Cuba».

A continuación, por su importancia para este trabajo, se hará una descripción de las cuatro primeras acciones realizadas. Para este fin se utilizarán textualmente

los párrafos que describen estas acciones en el Informe Técnico elaborado para presentar este trabajo como propuesta de Resultado Científico Técnico por su Impacto Social a la Agencia de Energía Nuclear y Tecnología de Avanzada, CUBAENERGÍA, septiembre de 2008.

1. Diseño del Nodo Municipal de Energía (NOME)

¿A qué problema responde?

«Los gobiernos municipales no cuentan con herramientas óptimas que le permitan gestionar la problemática energética desde el territorio, entendiendo ésta como la identificación de los problemas energéticos del territorio y gestionar sus soluciones en función del desarrollo local» [Arencibia, 2007].

Problema para REDENERG

«El nodo territorial que se había diseñado no era para trabajar directamente con el gobierno, sino con instituciones del sector energético en las provincias que respondieran al gobierno en esa instancia» [Arencibia, *et al.*, 2007a].

Objetivo

«El objetivo del nodo municipal de energía es apoyar al Gobierno municipal en la identificación y solución de los problemas energéticos a través del uso de las herramientas de Gestión del Conocimiento en energía que provee REDENERG» [Arencibia, *et al.*, 2007a].

Definición de NOME

«Es una estructura de trabajo de REDENERG para apoyar a los gobiernos municipales en la gestión de la problemática energética del desarrollo local.

»Está conformado por un grupo de personas y entidades de una misma localidad, vinculados al sector energético y a la actividad de ciencia y técnica. Su función es organizar el capital intelectual para realizar estudios energéticos en el territorio con el propósito de solucionar la problemática energética en función del desarrollo local.

»El nodo territorial de energía no es una estructura nueva dentro del gobierno ni sustituye a ninguna estructura ya existente. Es una red social orientada a la gestión del conocimiento en energía, que organiza en comisiones de trabajo al capital intelectual que existe sobre energía en la localidad.

»Este tipo de capital engloba el capital humano, el capital relacional y el capital estructural, los que constituyen el recurso básico de la gestión del conocimiento en una temática. Esto explica por sí solo la importancia que tiene para un territorio la instalación de este tipo de tecnología desde el punto de vista organizativo y cultural» [Arencibia, *et al.*, 2007a].

El liderazgo del nodo municipal de energía lo ejerce legítimamente el(la) presidente(a) del Consejo de la Administración Municipal, quien «establece la unidad de propósito y la orientación de la organización» [*Sistemas...*, 2000]; en otras palabras, las misiones de trabajo del nodo.

El líder encarga la tarea de coordinación del nodo a un equipo de trabajo denominado grupo gestor, en el que se encuentra el coordinador del nodo y los de las comisiones que los integran, los que deberán «crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos del nodo» [Arencibia, *et al.*, 2007a].

Las «comisiones de trabajo» del nodo municipal se coordinan a través del equipo gestor de la red, el que pudiera organizarse por comisiones de trabajo de la manera siguiente [Arencibia, *et al.*, 2007a]:

1. Comisión de Gestión: Aquí participan el coordinador del nodo y los coordinadores de cada comisión, además de un representante de cada Consejo Popular del municipio. Esta comisión de gestión es en la primera etapa del proceso el grupo gestor del nodo municipal y tiene la función de organizar el trabajo con el Gobierno y hacer crecer la red en organización y número dentro del municipio.
2. Comisión de Energía: Agrupa a los energéticos por especialidades, así como las metodologías de trabajos para diagnosticar y dar solución a los problemas energéticos del territorio.
3. Comisión de Ciencia y Técnica: Agrupa al especialista del CITMA del municipio, a los de desarrollo local, a los jefes de proyectos y PDHL del territorio. Esta Comisión abordará la gestión de proyectos, la innovación y la propiedad intelectual.
4. Comisión de Tecnologías de Información y las Comunicaciones: Agrupa a los especialistas en información y a los comunicadores, especialidades claves para los procesos de gestión del conocimiento.
5. Comisión de Educación: En esta Comisión se gestionarán las capacitaciones que esencialmente debe aportar la Sede Universitaria Municipal y otras instituciones nacionales y locales en dependencia de la problemática que se esté abordando.
6. Comisión de Medio Ambiente: Agrupa a los especialistas de medio ambiente del territorio. Esta Comisión es imprescindible, pues la energía es una de las fuentes de mayor impacto negativo en el medio ambiente y su protección es una línea de trabajo priorizado por el Estado cubano.
7. Comisión de Negocios: Agrupa a los negociadores de tecnologías del territorio, los que deben proveer de garantías favorables para el municipio en los contratos de transferencia de tecnología u otro tipo de negociación que requiera el desarrollo energético territorial [Arencibia, *et al.*, 2007a].

Medios y métodos empleados

Esencialmente se utilizaron para el diseño de esta nueva tecnología:

- Entrevistas con especialistas del CITMA y presidentes y vicepresidentes de gobiernos municipales.
- Revisión bibliográfica sobre definición de desarrollo, desarrollo local en Cuba, gestión del conocimiento, gestión por procesos, Norma Internacional ISO 9004: 2000, trabajo grupal, gestión de proyectos, diagnóstico participativo, investigación acción-participación y curso de mercadotecnia en la Maestría.
- El modelo de gestión del conocimiento sobre el que se construyen todas las herramientas de REDENERG.
- Herramientas de gestión del conocimiento desarrolladas para la gestión en REDENERG.
- Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local del CEDEL, CITMA.
- Experiencia en diseño de talleres con metodología de comunicación, construcción colectiva de conocimiento para el cambio organizacional, coordinación de grupos de trabajo.

Se utilizaron, además, diversos materiales, equipos y servicios, como papel, computadoras, servicio de correo electrónico, programas de ofimática, entre otros.

Aporte

«Desde el punto de vista metodológico aporta:

- »El NOME es una herramienta de gestión del conocimiento para organizar el capital humano en el municipio en redes sociales, con el objetivo de apoyar al Gobierno en la gestión de la problemática energética del territorio.
- »En este aspecto el aporte viene dado por los ingresos que obtuvo CUBAENERGÍA por concepto del proyecto nacional donde se generó esta tecnología.
- »Como producto puede ser vendido una vez diseñado el servicio de transferencia tecnológica.
- »Está teniendo una demanda creciente en diferentes municipios.
- »Por conceptos de mejoras energéticas en los territorios esta tecnología debe tener un impacto económico esencialmente por concepto de ahorro» [Arencibia, *et al.*, 2007a].

«Desde el punto de vista económico:

- »En este aspecto el aporte viene dado por los ingresos que obtuvo CUBAENERGÍA por concepto del proyecto nacional donde se generó esta tecnología.
- »Como producto puede ser vendido una vez diseñado el servicio de transferencia tecnológica.
- »Está teniendo una demanda creciente en diferentes municipios.

- »Por conceptos de mejoras energéticas en los territorios esta tecnología debe tener un impacto económico esencialmente por concepto de ahorro» [Arencibia, *et al.*, 2007a].

Recomendación

- «Desarrollar otras potencialidades de la tecnología» [Arencibia, *et al.*, 2007a].

2. Elaboración de la «Metodología para la gestión de la energética en los procesos de desarrollo del municipio»

¿A qué problema responde?

Dentro del árbol de problemas identificado éste es una consecuencia del problema que origina la necesidad de creación del NOME.

Problema

«Los gobiernos municipales tienen dificultad para gestionar la problemática energética del desarrollo local debido a la falta de estudios energéticos territorializados. Esto provoca ausencia de conocimiento para la adecuada toma de decisión» [Arencibia, 2008b]. Los clientes potenciales [para asimilar el Nodo Municipal de Energía] se caracterizan por estar involucrados en un proceso de desarrollo local; esto implica tener una proyección estratégica, tener experiencia en la gestión de proyectos y un gobierno con capacidad de gestión a partir de la creación de grupos de expertos del territorio que lo apoyan [Arencibia, Contreras y González, 2007].

Objetivo

«Aportar una interfase metodológica entre el gobierno y la red que conforma el nodo territorial que permita al Gobierno municipal realizar una toma de decisiones más adecuada a partir de la Gestión del Conocimiento en Energía en las líneas estratégicas de desarrollo del territorio» [Arencibia, 2008b].

Definición

«Esta metodología consiste en una interfase que facilita al Gobierno municipal la gestión energética de las líneas estratégicas de desarrollo local, a través del trabajo coordinado con las redes temáticas, relacionadas con la gestión del conocimiento en energía y que sean posibles articularlas en el territorio a partir de la disponibilidad de recursos humanos capacitados que posea la localidad.

»Esta metodología está inspirada en la gestión por mapas de procesos que se deriva del modelo de gestión de calidad que proponen las normas ISO: 2000.

»De ella se toman los principios de calidad y se reinterpretan para organizaciones no empresariales, como es el caso del municipio, una organización político-administrativa» [Arencibia, 2007].

«La metodología se estructura en cinco epígrafes:

»1. Acerca de REDENERG: En este punto se introduce el marco más general de trabajo, la red REDENERG, a través de conceptos básicos de la misma, el nodo territorial, las comisiones de trabajo del nodo, etcétera.

»2. La gestión del conocimiento: En este epígrafe se exponen las nociones que sobre gestión del conocimiento se han elaborado en REDENERG; éstas son la base de la metodología.

»3. Nociones sobre la metodología: Aquí se definen conceptos como línea estratégica, macro proceso, etc., con los que se trabaja específicamente en el método.

»4. Los pasos de la metodología: Este punto expone el método de trabajo en cuatro pasos: definición del entorno de trabajo, estudio de la problemática energética y propuesta de soluciones, ejecución de soluciones y evaluación del proceso.

»5. Recomendaciones: En este epígrafe se recomienda un grupo de ideas a tomar en cuenta para trabajar mejor con la metodología.

»Anexos: Conjunto de documentos que acompañan esta metodología» [Arencibia, 2007].

Hipótesis metodológica

La energía es un catalizador del desarrollo económico social; por ende, toda línea de desarrollo estratégico de un territorio está atravesada por un eje energético. La mejora de la energética de los procesos que integran las líneas estratégicas de desarrollo de los municipios contribuye al logro de los objetivos de las mismas [Arencibia, 2007].

Alcance

Esta metodología cubre el proceso de gestión energética de las líneas estratégicas priorizadas por el gobierno municipal hasta su culminación o hasta que el gobierno decida un cambio de prioridad [Arencibia, 2007].

- Esta metodología permite una visión integral de la problemática energética en el municipio.
- Hace proactivo al gobierno en la gestión de las soluciones a la problemática energética del desarrollo local de su territorio.
- Como herramienta de gestión del conocimiento no va solo al problema técnico, sino que aborda la transformación de las condiciones en que éste se da en un proceso de desarrollo e instalación de capacidades humanas y técnicas.

- Esta metodología es un entorno de trabajo flexible y en permanente construcción, al que se le pueden incorporar no solo mejoras, sino todo tipo de herramientas metodológicas que sirvan para la gestión del conocimiento en energía [Arencibia, 2008].

Medios y métodos empleados

«Para el diseño de la metodología se utilizaron las herramientas metodológicas siguientes:

- »Entrevistas con especialistas del CITMA y presidentes y vicepresidentes de gobiernos municipales.
- »Revisión bibliográfica sobre definición de desarrollo, desarrollo local en Cuba, gestión del conocimiento, gestión por procesos, Norma Internacional ISO 9004: 2000, trabajo grupal, gestión de proyectos, diagnóstico participativo, investigación acción-participación, curso de mercadotecnia en la Maestría.
- »El modelo de gestión del conocimiento sobre el que se construyen todas las herramientas de REDENERG.
- »Herramientas de gestión del conocimiento desarrolladas para la gestión en REDENERG.
- »Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local del CEDEL, CITMA.

Se utilizaron, además, diversos materiales, equipos y servicios, como papel, computadoras, servicio de correo electrónico, programas de ofimática, entre otros» [Arencibia, 2008]. *Aporte científico, social y económico*

- Metodología para estudios de los problemas energéticos en las líneas de desarrollo estratégico en los municipios; esto «constituye una novedad tecnológica que da solución parcial a un problema planteado por los gobiernos municipales que es la necesidad de realizar estudios locales desde el municipio que sustente la toma de decisiones en el ámbito del desarrollo endógeno» [Arencibia, 2008].
- «Pone a disposición de la red social que pertenece al nodo municipal una herramienta de trabajo que le permite relacionarse con el gobierno municipal en la gestión de la problemática energética municipal» [Arencibia, 2008].
- «En este aspecto [aspecto económico] el aporte actual viene dado por los ingresos que obtuvo CUBAENERGÍA por concepto del proyecto nacional donde se generó esta tecnología.
- »Como producto puede ser vendido.
- »Por conceptos de mejoras energéticas en los territorios esta tecnología debe tener un impacto esencialmente económico porque estos estudios permitirán mejorar el aprovechamiento de los recursos energéticos que provee el Estado, estimulando el ahorro y la generación a partir de fuentes propias» [Arencibia, 2008].

Recomendaciones

- «Comenzar el uso de esta metodología con un pequeño proceso para aprender su uso progresivamente.
- »Iniciar el proceso de aprendizaje por el grupo gestor para que ellos se conviertan en multiplicadores de este conocimiento a partir de su propia experiencia y de las mejoras que le incorporen a la metodología.
- »Preparar facilitadores de procesos para que coordinen los talleres de trabajo en el nodo.
- »Elaborar instrucciones de trabajo que regulen la participación libre y respetuosa de los especialistas y decisores en los talleres y equipos de trabajo; esto es vital para que los implicados se sientan parte del proceso y entreguen su fuerza y su conocimiento en función del objetivo común de desarrollo» [Arencibia, 2008].

3. Elaboración de un algoritmo de transferencia de tecnología para la creación de los NOME

¿A qué problema responde?

Dificultades para generalizar una tecnología.

Los gobiernos municipales necesitan acceder, para el desarrollo de la gestión energética municipal, a una tecnología construida desde una disciplina, la «gestión del conocimiento», tecnológicamente novedosa, lo que dificulta mucho su comprensión si ésta no es asistida por herramientas adecuadas para su transferencia.

Objetivos

Facilitar el acceso de los grupos gestores del NOME a las tecnologías que lo soportan.

Definición

El algoritmo es una secuencia de pasos lógicos que completan un proceso de gestión del conocimiento donde se transfiere herramientas de gestión de REDENERG para apoyar la gestión energética municipal desde la red. Con este proceso se crea el NOME en un municipio del país.

Para este proceso se diseña un taller de gestión del conocimiento, donde a partir de los conocimientos preexistentes en el equipo gestor del NOME sobre la temática en cuestión y la realidad del territorio se elabora una estrategia de asimilación crítica de las propuestas y construcción del nuevo conocimiento.

«Elementos que se deben tener en cuenta en la transferencia de una tecnología de gestión del conocimiento:

- »Necesidad real de la tecnología.
- »Pertinencia con el sistema tecnológico existente en la organización.

- »Factibilidad del acceso, introducción y mejoramiento de la tecnología.
- »Preparación de las personas para la asimilación, adecuación y uso de la tecnología.
- »Implementación de la tecnología.
- »Monitoreo, evaluación y sistematización del proceso de gestión de la tecnología.
- »Mejoramiento de la tecnología.
- »Protección de la innovación tecnológica» [González, Arencibia y López, 2008].

Partiendo de estos postulados se elaboró un algoritmo de transferencia de tecnología que recorre las etapas siguientes:

1. Requerimientos de entradas del proceso.

- El Gobierno solicita el servicio.
- El municipio posee una estrategia de desarrollo local.

Los gestores de REDENERG consultan a la dirección del Centro de Desarrollo Local y Comunitario (CEDEL), del CITMA, sobre las potencialidades del municipio para asimilar una herramienta de este tipo. El CEDEL, a partir de su experiencia de trabajo con el municipio, realiza recomendaciones para la transferencia desde un enfoque de desarrollo local y el conocimiento de la herramienta Nodo Territorial de Energía.

2. Taller de transferencia.

Creación del grupo gestor:

- Designación por el Presidente de Gobierno de la persona que será el coordinador del nodo.
- Comunicación con el coordinador del nodo para ponerlo en conocimiento sobre el funcionamiento de un Nodo Municipal de Energía y las acciones para su creación.
- Creación del grupo gestor del Nodo Municipal de Energía a instancias del coordinador del nodo.

Capacitación:

Visita de trabajo al municipio donde queda creado el nodo territorial, para lo cual se realizan las tareas siguientes:

- Reunión con el Presidente de Gobierno donde se le presenta la propuesta del Nodo Municipal de Energía, su organización y funciones.
- Taller de transferencia con el grupo gestor del Nodo Municipal de Energía para que absorba y asimile la propuesta tecnológica, y trabaje con problemas reales del municipio con el fin de asimilar el conocimiento y evacuar dudas.

- Taller de mapas de procesos para la identificación de los problemas energéticos en los procesos que se operan en el municipio.

3. Encargo de trabajo del Gobierno.

El Gobierno municipal realiza un encargo de trabajo al Nodo Municipal de Energía para que en el proceso de solución adapten la tecnología al contexto municipal [Arencibia, *et al.*, 2008]

4. Acompañamiento para la apropiación.

- Encuentros para revisar el estado del encargo del Gobierno, dudas y apropiaciones de la metodología en el contexto municipal.
- Revisión por las partes del estado del Nodo Municipal de Energía en el marco del taller regional que se realiza para la actualización tecnológica y divulgación de las buenas prácticas desde cada territorio, lo que implica una apropiación y una nueva difusión [Arencibia, 2008a].

Medios y métodos empleados

Para el diseño del algoritmo se utilizaron las herramientas metodológicas siguientes:

- Entrevistas con especialistas del CITMA y presidentes y vicepresidentes de gobiernos municipales.
- Revisión bibliográfica sobre definición de desarrollo, desarrollo local en Cuba, gestión del conocimiento, gestión por procesos, Norma Internacional ISO 9004: 2000, trabajo grupal, gestión de proyectos, diagnóstico participativo, investigación acción-participación.
- El modelo de gestión del conocimiento sobre el que se construyen todas las herramientas de REDENERG.
- Herramientas de gestión del conocimiento desarrolladas para la gestión en REDENERG.
- Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local del CEDEL, CITMA.

Se utilizaron, además, diversos materiales, equipos y servicios, como papel, computadoras, servicio de correo electrónico, programas de ofimática, entre otros [Arencibia, 2008a]. *Aporte*

- Se elaboró una herramienta que facilita la instalación de capacidades técnicas y organizacionales en los municipios de Cuba.
- Es una herramienta que permite cerrar el ciclo de I+D+i, que permite socializar la novedad tecnológica convirtiéndola en una innovación.
- En el aspecto económico el aporte se dio a través de los ingresos que obtuvo CUBAENERGÍA por concepto del proyecto nacional donde se generó esta tecnología.
- Facilita la venta del producto.

Recomendaciones

- Desarrollar este servicio en el marco de proyectos que involucren a más de un municipio por provincia y que contemplen todas las etapas.
- Desarrollar talleres de gestión del conocimiento en los municipios en que está aplicada esta tecnología para actualizarla a partir de su aplicación y mejoras prácticas.

4. Creación de los NOMEs de Jatibonico, Placetas, Fomento y Aguada de Pasajeros

¿A qué problema responde?

Esta acción responde a los problemas planteados por los gobiernos en el caso de la primera y la segunda acciones de este proceso.

Definición

Esta actividad consiste en la instalación de las tecnologías diseñadas: el NOME y la Metodología para la gestión de la energética en los procesos de desarrollo del municipio, siguiendo los cuatro pasos del algoritmo que se elaboraron para la transferencia de estas tecnologías a los municipios.

¿Cómo se realizó la transferencia en los diferentes municipios?

Jatibonico: Fue el primer municipio en que se puso a prueba el algoritmo. En este taller apareció la necesidad de crear algunas actividades para entrenar al grupo gestor en la identificación y organización de procesos, algo imprescindible para aplicar la metodología al estudio de las líneas estratégicas, pues se requiere convertir a cadena de procesos algo muchas veces abstracto como son los términos en que se enuncian las mismas.

Esta actividad fue sumada al proceso de transferencia y se aplicó en el proceso de creación de los diferentes nodos.

Placetas: Este caso destaca porque la metodología que utilizó para elaborar su estrategia de desarrollo local es diferente a la que desarrolló el CEDEL, la que se aplicó en Jatibonico y Fomento. Esta situación implicó hacer una traducción del término «línea estratégica de desarrollo local» al de los términos «políticas y acciones», modo en que ellos organizan este proceso. Esta situación fue una tarea que se dejó directamente a los especialistas territoriales del CITMA, que fueron los que diseñaron esta metodología de gestión en su Maestría. Esta decisión se encuentra en la línea de construir la solución en el territorio a partir de la experiencia preexistente en el territorio, lo que evita la resistencia al cambio, pues la solución se arma con elementos culturales propios del territorio.

Fomento: En este caso lo más importante a destacar es que el responsable del grupo gestor del nodo fue cambiado una vez terminada la transferencia; esto trajo luego sus ajustes. Tuvo que recibir una capacitación en el taller regional.

Es importante destacar la participación de los presidentes y vicepresidentes de los tres municipios en las diferentes etapas del proceso de transferencia; esto aporta una evidencia de la importancia que el Gobierno (liderazgo) concede a este proceso partiendo de que esta acción va dirigida a crear capacidades de apoyo a la actividad del Gobierno en el área de la gestión energética. Los tres presidentes determinaron la persona responsable del nodo y los vicepresidentes fueron los que determinaron el encargo de trabajo del nodo, además de participar casi a tiempo completo en el taller.

También participaron en estos talleres los especialistas del CITMA que atienden la gestión de proyectos en el territorio, del Fórum de Ciencia y Técnica, los energéticos municipales, del MEP, de la Organización Básica Eléctrica (OBE) y energéticos de las más importantes empresas, y otros.

Aguada de Pasajeros: Se introdujo en el proceso de forma diferente al resto; los acercamientos para su incorporación a REDENERG se habían realizado dos años antes de que se iniciara este proceso en ningún otro municipio; también las recomendaciones y consultas no vinieron a través del CEDEL, sino del grupo de desarrollo local que radica en el Gobierno de la provincia de Cienfuegos y del Nodo Territorial de REDENERG que tiene su sede en el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA), de la Facultad de Mecánica de la Universidad de Cienfuegos.

Otra particularidad en cuanto a la creación del nodo es que una representación de su equipo gestor participó del primer Taller Regional de Gestión del Conocimiento en Energía, que como parte del proceso de transferencia se celebró a finales del 2007 en Fomento, con la participación de los NOMEs creados hasta esa fecha. En este espacio se discutieron las dificultades que atravesaron los municipios y los compañeros de Aguada de Pasajeros. A través de esta vivencia pudieron participar en el diseño del taller de creación del nodo y apoyar en la facilitación del mismo.

Una vez creado los NOMEs, los respectivos gobiernos municipales les encargaron la realización de estudios energéticos en áreas identificadas como priorizadas para el desarrollo del territorio. Por municipio fueron propuestas las siguientes: Jatibonico y Fomento: Estudio de la problemática energética en la línea estratégica «Informatización de la sociedad».

Placetas: Estudio de los sistemas de riego presentes en las tierras que atiende el MINAZ para buscar sistemas más eficientes; corresponde a la línea política municipal

«Producción de alimentos».

Aguada de Pasajeros: Otra particularidad de este nodo es que el encargo del Gobierno no fue el estudio de una línea estratégica, sino la realización de un diagnóstico energético integral del municipio que permita proyectar una estrategia de desarrollo energético integral en el entorno del desarrollo local.

El comportamiento de los nodos frente a esta actividad a dos meses de haberse empezado, fue el siguiente:

Jatibonico: El más adelantado y el primero que inició el proceso de creación del nodo municipal.

- Identificó como objeto de estudio el estado de la infraestructura eléctrica, las condiciones climáticas y de iluminación en los locales seleccionados para la instalación de las computadoras que entraron y entrarán al municipio como parte de la informatización del territorio y que se está llevando a cabo por diversos sectores, como la educación, la salud, etcétera.
- Se ha planteado a partir del acercamiento al problema la necesidad de organizar una brigada de electricistas para enfrentar la problemática eléctrica y de elaborar un curso de capacitación para nivelar los conocimientos de los mismos.
- Se está modelando, con la información disponible en el territorio, un grupo de parámetros que debe cumplir un local para que en él se instalen una o varias computadoras.
- Se están elaborando planillas para realizar un levantamiento del estado técnico de los locales donde ya hay máquinas instaladas.
- Tiene resultados interesantes en la identificación de los procedimientos legales más adecuados para movilizar recursos humanos del territorio.

Placetas: Se encuentra en la etapa de diseño de una estrategia para ubicar, en cada tecnología de riego presente en las áreas del MINAZ, el objeto de estudio energético correspondiente.

- Tiene consolidada la actividad de movilizar recursos humanos a través del Gobierno.
- El nodo cuenta ya con un local para trabajar.

Fomento: Tiene bastante adelanto en la actividad de revisión del estado técnico de los locales informatizados, pues es una actividad que vienen realizando antes de que se constituyera el nodo en el municipio [Arencibia, *et al.*, 2007a].

Aguada de Pasajeros: Se ha elaborado el proyecto de diagnóstico energético territorial para presentar al programa, pero la composición del nodo ha variado debido a la fluctuación del personal, por diversas causas.

Objetivos

Generalizar la novedad a través de la instalación de capacidades de gestión del conocimiento en energía en los municipios Jatibonico, Placetas y Fomento, para apoyar a los gobiernos en la gestión de la problemática energética relacionada con el desarrollo local del territorio.

Medios y métodos empleados

Para estas transferencias de tecnologías se emplearon habilidades desarrolladas por el jefe de proyecto para diseñar y facilitar talleres de gestión del conocimiento. En dichos talleres se empleó como metodología de trabajo la investigación-acción-participación (IAP), la que además de ser un método de investigación, es un proceso educativo en sí y un medio para adoptar decisiones para el desarrollo.

Esta técnica permite transformar la realidad social, promocionar el desarrollo comunitario, crear autoconciencia en los actores de su realidad social y crear capacidad para tomar decisiones.

Los medios técnicos y recursos utilizados fueron: computadora, impresora, papelógrafos, papel, plumones, transporte, alojamiento y dieta para un facilitador de procesos.

Aporte

«Desde el punto de vista social aporta:

- »Cuatro Nodos Municipales de Energía en los territorios de Jatibonico, Placetas, Fomento y Aguada de Pasajeros.
- »Espacio de participación para que la población del municipio (capital humano calificado que habita el territorio) se involucre en la problemática del desarrollo endógeno desde la dimensión energética, que fomenta una cultura de gestión integral de la ciencia y de la problemática energética en el territorio.
- »Aporta nuevos actores al desarrollo local.

»Desde el punto de vista científico aporta:

- »Nuevas problemáticas de investigación en el ámbito energético de las líneas de desarrollo local.

»Desde el punto de vista económico aporta:

- »En el aspecto económico el aporte se dio a través de los ingresos que obtuvo CUBAENERGÍA por concepto del proyecto nacional donde se generó esta tecnología» [Arencibia, *et al.*, 2008].

Recomendaciones

- «Desarrollar las etapas 2 y 3 de la propuesta de solución.
- »Actualizar el convenio de colaboración CUBAENERGÍA-CEDEL.
- »Desarrollar un taller de gestión del conocimiento en los tres municipios para actualizar la metodología» [Arencibia, *et al.*, 2008].

Principales desafíos

Algunos retos que se han podido identificar en los trabajos realizados desde REDENERG en los cuatro municipios de la región central de Cuba, a partir de las potencialidades de la gestión del conocimiento.

¿Qué se está entendiendo por un reto?: «Objetivo o empeño difícil de llevar a cabo, y que constituye por ello un estímulo y un desafío para quien lo afronta» (8).

El primer gran reto de la gestión del conocimiento en energía para los municipios cubanos proveniente del ámbito político nacional es la encarnación del concepto Revolución (9) en la esfera energética nacional, y se inscribe como uno de los programas de la Batalla de Ideas: la Revolución Energética, promulgada en el 2006. Así, se propone revolucionar de forma radical el modelo de gestión energética vigente en el país, y optar por otro más sostenible, como vía ineludible para alcanzar un desarrollo sostenible en Cuba.

En el ámbito municipal uno de los retos más significativos supone la incorporación de una cultura de gestión energética del desarrollo local; así como el máximo aprovechamiento de los recursos que el estado asigna al territorio: electricidad y combustible, es decir, impulsar desde el territorio, programas y proyectos relacionados con eficiencia energética en el sector productivo, de servicios, en la infraestructura urbana y en el hábitat. Por último, la incorporación a la matriz energética municipal de las fuentes renovables de portadores energéticos que puedan ser gestionadas total o parcialmente desde el municipio.

Estos tres puntos son los que pudieran considerarse como el espacio energético de subordinación municipal. Para abordarlo se requiere el desarrollo de capacidades humanas y tecnológicas para la gestión del cambio, a partir de la investigación de las necesidades que demanda el Gobierno Municipal y la búsqueda de soluciones para dar respuesta a esa demanda, a partir de la construcción y la adquisición del conocimiento y la socialización de resultados en el ámbito teórico y práctico, dentro del municipio.

El reto más inmediato a nivel de municipios es la resistencia al cambio, para ello se requiere conquistar la voluntad política en los territorios Partido-Gobierno y a otros actores para el empleo de la gestión del conocimiento, como herramienta pertinente para la conformación, desde el municipio, de un nuevo modelo de gestión energética, debido a que en los municipios prevalecen estilos y métodos de trabajo esencialmente operativos, verticalistas y excluyentes, contrarios a la lógica que hoy se está planteando desde la dirección del Estado y del Partido, para buscar soluciones a los problemas, a través de la reflexión, con la participación de todos los actores involucrados.

Incorporar a la lógica del proceso de gestión de la problemática energética municipal una visión integral, por ende, multidimensional y compleja.

Históricamente este tema se ha visto sólo desde la dimensión técnico-económica, dejando fuera aspectos básicos como lo medioambiental, lo sociocultural, lo organizacional, lo informacional, entre otros.

Construir herramientas y mecanismos de gestión de la problemática energética desde el municipio, que permitan articularse con las potencialidades y las demandas de la gestión energética nacional, pero que se ajusten a la cultura de gestión que en cada momento tienen los actores y decisores del territorio, por ejemplo, modelos de gestión energética municipal, redes temáticas dentro del NOME, metodología de diagnóstico y monitoreo de fuentes, etcétera.

Conclusiones

Es voluntad de la alta dirección del Estado Cubano transformar radicalmente el modelo de gestión energética actual dependiente del petróleo e importador, y asumir uno más sostenible, para lo que se requiere incorporar nuevos actores al proceso de gestión energética nacional, en este caso los municipios.

La problemática energética municipal siempre ha sido gestionada desde el gobierno central y está centrada en la distribución del combustible y la electricidad; hoy el Comité Energético Municipal es la viva muestra de la vigencia de estas prácticas.

El MINAGRI, con el biogás; el MIC, con la fotovoltaica; la Forestal, con la biomasa, entre otras entidades, son actores y fuentes presentes en los municipios que no están incorporados al modelo de gestión energético municipal.

Los retos políticos del país requieren de métodos y estilos de trabajo más democráticos y participativos, pues demandan el concurso de todo el conocimiento y el compromiso transformador de los sujetos de la sociedad cubana, por lo que los viejos estilos de dirección deben ceder espacios a estilos y métodos que utilicen la gestión del conocimiento en su base, debido a que

permiten el trabajo en escenarios complejos en los que se requiere el dialogo y la interacción de muchos actores, unos establecidos con identidad y otros emergentes, con diversos conocimientos, expectativas e indicadores de desempeño para evaluar los resultados.

En estos espacios se requiere obtener conocimiento de los procesos en tiempo real y su incorporación inmediata a la práctica, así como dejar establecido procesos de monitoreo, evaluación y mejora continua. Se ha podido demostrar la aplicabilidad de la gestión del conocimiento en problemas concretos del desarrollo energético municipal, a partir de la implementación de NOME en cuatro municipios del país.

Se han descrito, a partir de la experiencia de trabajo en los municipios, un grupo de retos para la gestión del conocimiento en el ámbito energético municipal, que perfilan un importante espacio de aplicación en el desarrollo energético municipal como: la creación de nuevos actores/sujetos como el NOME, la transformación del modelo de gestión energética municipal en uno que asimile de forma natural todas las fuentes autóctonas de portadores energéticos renovables y la eficiencia, los estudios de la problemática energética en el territorio y el desarrollo de herramientas y tecnologías para trabajar la temática.

Las tecnologías participativas son pertinentes como elemento que disminuye la resistencia al cambio frente al reto de transformar un entorno tan complejo como el municipio cubano.

Bibliografía

- ARENCIBIA ARUCA, ALOIS Y MARTA CONTRERAS IZQUIERDO. «Estudio de mercadotecnia para la implementación de un servicio de creación de nodos municipales de energía», Tarea de la Maestría en Gestión de Ciencia e Innovación, INSTEC, edición 2007-2008.
- ARENCIBIA ARUCA, ALOIS; Marta Contreras Izquierdo y O. González Solozábal. «Estrategia de Mercadotecnia para los Nodos Territoriales de Energía en los Municipios de Cuba», Tarea del Módulo de la asignatura Marketing e Innovación Tecnológica, Maestría en Gestión de Ciencia e Innovación, La Habana: INSTEC, 2007.
- ARENCIBIA ARUCA, ALOIS, et al. «Creación de los nodos municipales de energía, de la Red Nacional de Gestión del Conocimiento en Energía, REDENERG, en Jatibonico, Placetas y Fomento. Informe técnico», CUBAENERGÍA, CITMA, 2007a.
- ARENCIBIA ARUCA, ALOIS, et al. «Creación de los nodos municipales de energía, de la Red Nacional de Gestión del Conocimiento en Energía, REDENERG, en Jatibonico, Placetas y Fomento». Resultado científico-técnico destacado a nivel de centro, CUBAENERGÍA, CITMA, 2007b.
- ARENCIBIA ARUCA, ALOIS, et al. «Los Nodos Municipales de Energía, un paso en la solución de la problemática energética». Ponencia al XVI Fórum de Ciencia y Técnica, CUBAENERGÍA, 2008.
- ARENCIBIA ARUCA, ALOIS. «Análisis del proceso de transferencia de tecnología de

los Nodos Territoriales de Energía en Municipios de Cuba». Tarea del Módulo de Transferencia de Tecnología, Maestría en Gestión de Ciencias e Innovación Tecnológica, La Habana: INSTEC, 2008a.

ARENCIBIA ARUCA, ALOIS. «Desarrollo de la gestión de la Red de Gestión del Conocimiento en Energía, REDENERG», Proyecto Nacional de Ciencia y Técnica. Contrato No. 00613314 GEPROP, CITMA, 2005.

ARENCIBIA ARUCA, ALOIS. «Metodología para la gestión de la energética en los procesos de desarrollo del municipio». La Habana: CUBAENERGÍA, CITMA, 2007.

ARENCIBIA ARUCA, ALOIS. «Árbol de problemas elaborado para el proyecto “Elaboración de un diagnóstico energético en el municipio de Aguada de Pasajeros, provincia de Cienfuegos”». Documento de trabajo». La Habana: CUBAENERGÍA, 2008b.

Aval de introducción de resultado, del Gobierno de Aguada de Pasajeros, 2008.

Aval de introducción de resultado, del Gobierno de Fomento, 2007.

Aval de introducción de resultado, del Gobierno de Jatibonico, 2007.

Aval de introducción de resultado, del Gobierno de Placetas, 2007.

Aval del Centro de Desarrollo Local y Comunitario del CITMA a «Metodología para la gestión de la energética en los procesos de desarrollo del municipio» como herramienta de gran importancia y utilidad para el desarrollo. 2007.

Catálogo de tecnologías para el desarrollo local. Centro de Desarrollo Local y Comunitario del CITMA, 2007.

Desarrollo local en Cuba: Retos y perspectiva. La Habana: Ed. Academia, 2006. ISBN: 978-959-270-092-5.

ENGELS, FEDERICO. *Dialéctica de la naturaleza*. México: Ed. Grijalbo, 1961.

ESPIÑA PRIETO, M. P. «Complejidad, transdisciplina y metodología de la investigación social», en *Revista Internacional de Filosofía Iberoamericana y Teoría Social*, Maracaibo-Venezuela, CESA-FACES, Universidad del Zulia: 29-43, 2007.

Gestión del conocimiento en energía. Libro electrónico. Compilación de trabajos. Coordinador ALOIS ARENCIBIA, CUBAENERGÍA, 2006. ISBN 959-7136-40-6.

GONZÁLEZ GARCÍA, ALEJANDRO; ALOIS ARENCIBIA ARUCA Y CARLA LÓPEZ CALCINES. «Curso Taller Gestión del conocimiento para el cambio organizacional», La Habana: CUBAENERGÍA, 2008.

GONZÁLEZ GARCÍA, ALEJANDRO; ALOIS ARENCIBIA ARUCA Y E. VIANI GARRIDO. «La Red Nacional de Gestión del conocimiento en Energía (REDENERG) y la gestión de capital intelectual para la solución de problemas energéticos en Cuba», en *Gestión del conocimiento en energía*. La Habana: CUBAENERGÍA, 2006.

GUZÓN CAMPORREDONDO, ADA. «Estrategias municipales para el desarrollo», en *Desarrollo local en Cuba: Retos y perspectivas*. La Habana: Ed. Academia, 2006. ISBN: 978-959-270-092-5.

«La estrategia de mercadotecnia».

<http://www.promonegocios.net/mercadotecnia/estrategias-mercadotecnia.html>, [10 de enero de 2008].

NIEVES LAHABA, Y. Y M. LEÓN SANTOS. «La gestión del conocimiento: una nueva perspectiva en la gerencia de las organizaciones». La Habana: Equipo de Servicio de Traductores e Intérpretes (ESTI), 2001.

Organización Internacional de Normalización. *Norma Internacional ISO 9004-2000*. Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la mejora del desempeño. Ginebra, Suiza, Secretaría Central de ISO 76, 2000.

PAVEZ SALAZAR, ALEJANDRO ANDRÉS. «Modelo de implantación de gestión del conocimiento y tecnologías de información para la generación de ventajas competitivas». Tesis de Grado de Ingeniero Civil Informático, Valparaíso, 2000.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. *La energía para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Una guía sobre el papel de la energía en la reducción de la pobreza*. Nueva York: Grupo de Energía y Ambiente, PNUD, 2005.

Relatoría del 1er. Taller Regional de Gestión del Conocimiento en Energía. Fomento, Sancti Spíritus, 2007.

Relatoría del 4to. Taller Nacional de Gestión del Conocimiento en Energía, Comisión I «Desarrollo de la gestión de REDENERG». La Habana, 2006.

RODRÍGUEZ MOLINA, KIRENIA. «Gestión de la energía y el desarrollo endógeno. Una aproximación sociológica. La experiencia del municipio de Aguada de Pasajeros». Tesis de Grado, Facultad de Sociología, Universidad de La Habana, 2008.

Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la mejora del desempeño. Norma Internacional ISO 9004: 2000.

TORRES, JULIO. «El tránsito hacia la energética sustentable», en *Clips de Energía*, No. 12, 2007.

Enciclopedia Digital Encarta 2005 Microsoft® Encarta® 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation.

Anexos

Definiciones operacionales

Para estas definiciones nos apoyamos esencialmente en el trabajo del chileno Alejandro Andrés Pavez Salazar «Modelo de implantación de gestión del conocimiento y tecnologías de información para la generación de ventajas competitivas» [Pavez, 2000]. En este trabajo, se expone un recorrido teórico extenso por los aportes de importantes teóricos que estudian y desarrollan la gestión del conocimiento como una disciplina útil para movilizar la innovación en el proceso de desarrollo de las organizaciones sociales, las que utiliza de base para construir el marco teórico de su trabajo, orientado a las empresas capitalistas como organizaciones competitivas en un entorno neoliberal, donde el conocimiento y su portador es utilizado como, se puede ver en la propuesta, un insumo más del proceso productivo y comercial en la empresa. Nuestro trabajo se orienta a recoger una experiencia que se desarrolla en cuatro municipios cubanos, una organización político-administrativa de un Estado socialista, para lo que se elaboró una herramientas de gestión del conocimiento para que el gobierno y los habitantes del territorio compartan la responsabilidad de transformar su realidad social (desarrollo local) concientemente a partir del conocimiento transdisciplinar y por ende más integral de sus problemáticas y la elaboración de propuestas de solución innovadoras, en el ámbito de la energía como eje transversal del desarrollo económico social.

Gestión del conocimiento: Disciplina que aborda la solución a los problemas de la falta de conocimiento para promover, concientemente, los cambios necesarios para el desarrollo de una organización social. La gestión del conocimiento se apoya en la gestión de información, la gestión tecnológica, la gestión del capital intelectual y la comunicación, esta última de relevante importancia en la generación y socialización del nuevo conocimiento.

«...convoca a determinar los conocimientos, incrementarlos y explotarlos (...), de modo que estén en condiciones de enfrentar desde los problemas más simples hasta los más complejos» [Nieves y León, 2001].

«...tiene como objetivo apoyar el desarrollo, adquisición y aplicación del conocimiento que necesita la Organización para enfrentar (la problemática de su dinámica interna y externa). (...) un proyecto de Gestión del Conocimiento no asegura que el conocimiento fluya eficientemente dentro de las redes sociales de la organización (...); sin embargo, el detectar las necesidades reales (problemas) de dichas redes junto con el establecimiento de un ambiente propicio al aprendizaje y al conocimiento, es el punto de partida para establecer la relación entre el Aprendizaje organizacional y la Gestión del conocimiento» [Pavez, 2000].

«Algunos objetivos de la gestión del conocimiento son los siguientes:

- »Formular una estrategia de alcance organizacional para el desarrollo, adquisición y aplicación del conocimiento.
- »Implantar estrategias orientadas al conocimiento.

- »Promover la mejora continua de los procesos de (la organización), enfatizando la generación y utilización del conocimiento.
- »Monitorear y evaluar los logros obtenidos mediante la aplicación del conocimiento.
- »Reducir los tiempos de ciclos en el desarrollo de (nuevos inventos, base de la innovación), mejoras de los ya existentes y la reducción del desarrollo de soluciones a los problemas.
- »Reducir los costos asociados a la repetición de errores» [Pavez, 2000].

«*Capital intelectual*: Son los recursos no financieros que permiten generar respuestas a las necesidades de [la organización] y ayudan a explotarla. Estos recursos se dividen en tres categorías: el capital humano, el capital estructural y el capital relacional.

»*Capital humano*: Son las capacidades de los individuos en una organización que son requeridas para proporcionar soluciones a los [Problemas].

»Dentro de esta categoría se encuentran las capacidades individuales y colectivas, el liderazgo, la experiencia, el conocimiento, las destrezas y las habilidades especiales de las personas participantes de la organización.

»*Capital estructural*: Son las capacidades organizacionales necesarias para responder a los requerimientos [de la solución de los problemas identificados]. Dentro de esta categoría se encuentran las patentes, el *know-how*, los secretos de negocio en el diseño de productos y servicios, el conocimiento acumulado y su disponibilidad, los sistemas, las metodologías y la cultura propia de la organización.

»*Capital relacional*: Es la profundidad (penetración), ancho (cobertura), y [el provecho que se ha obtenido] de los derechos organizacionales. Dentro de esta categoría se encuentran la identidad, los beneficiarios, las alianzas, la lealtad, la reputación, los canales, los contratos y convenios» [Pavez, 2000].

Una organización social, humana: Es la familia, un grupo de amigos, una empresa, una comunidad, el municipio, una red de trabajo, un sindicato, etcétera. La organización por sí misma no puede crear conocimiento, son los individuos que la integran los que lo generan con capacidad para experimentar, reinterpretar la realidad y elaborar nuevas ideas a partir de su subjetividad, motivaciones, conciencia, capacidad de relacionarse, aprender, comunicar ideas complejas, proyectar el futuro, diseñar herramientas y usarlas para transformar la realidad, y como fuerza productiva, es el elemento básico de estas organizaciones.

Conocimiento: No es sólo información contextualizada, conocimiento explícito, al que muchas veces se pretende reducir este concepto; es también conocimiento tácito, o sea, las vivencias, las habilidades prácticas, las intuiciones. Es la forma en que se construye el conocimiento y su resultado, el conocimiento construido. El conocimiento puede ser transmitido, compartido y construido producto de la

reflexión individual o del trabajo en grupos, donde la comunicación juega un papel decisivo para resolver un problema que casi siempre son o llevan implícito un problema de conocimiento.

Finalmente, el conocimiento, en la medida de las posibilidades, debe ser recuperado explícitamente, para disponer de este recurso básico de la cultura y la identidad de la organización, la tecnología disponible, las relaciones humanas, las estructuras organizacionales, en las que también se relacionan personas y funciones,

«Conocimiento: Una colección de información no es conocimiento. (...) El conocimiento puede ser visto como patrones de comportamiento contextualizados, una relación de relaciones.

»El conocimiento es la combinación de información, contexto y experiencia.

»El conocimiento validado, resumido, y orientado hacia un objetivo genera inteligencia (sabiduría), representación de la realidad. (...) Conocimiento: Son las creencias cognitivas, confirmadas, experimentadas y contextualizadas del conocedor sobre el objeto, las cuales estarán condicionadas por el entorno, y serán potenciadas y sistematizadas por las capacidades del conocedor, las cuales establecen las bases para la acción objetiva y la generación de valor. (...) las personas son los catalizadores del conocimiento, por lo tanto al no poder interactuar directamente con el conocimiento, será necesario desarrollar los medios y acciones necesarias para poder interactuar con las personas» [Pavez, 2000].

«Creación de conocimiento organizacional: El conocimiento organizacional se define como lo que los integrantes de ella saben en su conjunto. (...) las personas que integran la organización son las poseedoras del conocimiento...» [Pavez, 2000].

«Factores claves en torno a la creación de conocimiento organizacional:
»*Intención*: La organización debe tener la intención explícita de generar las condiciones óptimas que permitan el crecimiento de la espiral de conocimiento organizacional, apoyadas por el desarrollo de las capacidades necesarias para llevar a cabo el proceso de gestión del conocimiento en torno a una visión compartida.

»*Autonomía*: La organización debe permitir algún nivel de autonomía en sus individuos, lo cual fomente las instancias de generación de nuevas ideas y visualización de nuevas oportunidades, motivando así a los participantes de la organización a generar nuevo conocimiento.

»*Fluctuación y caos creativo*: Estimular la interacción entre sus integrantes y el ambiente externo, donde los equipos enfrenten las rutinas, los hábitos y las limitaciones autoimpuestas con el objeto de estimular nuevas perspectivas de cómo hacer las cosas.

»*Redundancia*: Esto genera que los diferentes puntos de vistas establecidos por las personas que conforman los equipos permite compartir y combinar conocimientos de tipo tácito, permitiendo establecer conceptos e ideas más robustas, además de generar nuevas posibilidades» [Pavez, 2000].

Cambio: Es el resultado de las leyes de la dialéctica de la naturaleza, todo cambia (las leyes de la dialéctica «se reducen principalmente a tres: la ley de la transformación de la cantidad en calidad y viceversa; la ley de interpretación de los contrarios; la ley de la negación de la negación» [Engels, 1961]). El cambio puede ser brusco como la revoluciones, o lenta como la mutación, también se expresa como movimiento, evolución, alteración, etc. Entendiendo a la naturaleza como el contenedor de todo y todas las cosas del universo material y mental, como las galaxias, el planeta Tierra y la conciencia necesaria para llevar a cabo la obra humana, que muchas veces se pone al margen de la naturaleza. El cambio se da en un marco de posibilidades factibles que no son infinitas, lo que no implica que sean pocas. Conocer las necesidades de cambio de la organización, en un espacio-tiempo determinado, para que ésta se mantenga vital en su entorno; conocer las posibilidades reales de cambio y su factibilidad interna y externa, y dominar (conocer) las herramientas tecnológicas que sirven para su gestión, constituyen elementos claves para impulsar procesos de cambio voluntario y consciente hacia un objetivo específico.

Proceso de gestión del conocimiento en energía

Esta noción es la que se ha usado para construir todas las herramientas de trabajo de REDENERG y consiste en reconocer «la relación problema de conocimiento-solución-nuevo problema de conocimiento, como una díada generadora de conocimiento» [González, Arencibia y Viant, 2006].

Problema energético: Son «aquellos asuntos dados en la actividad de energía, de los que se espera una solución; ya sean estos problemas esencialmente tecnológicos, de dispersión de la información de energía, de recursos humanos con insuficientes conocimientos y habilidades para la gestión de proyectos de energía, o de otra índole» [González, Arencibia y Viant, 2006].

Modelo de gestión del conocimiento de REDENERG: Para solucionar un problema de cualquier tipo, primero hay que identificarlo, y para ello se requiere de un mínimo de conocimiento que permita su visualización dentro del entorno en que éste se manifiesta. La solución de cualquier problema genera un nuevo conocimiento si se hace una asimilación crítica de los resultados y por muy pequeño que éste sea pueda ser incorporado a la práctica como una mejora al proceso (Fig. 1).



Fig. 1. Modelo del proceso de gestión del conocimiento de REDENERG.

«Estos procesos son ciclos, se suceden una y otra vez y uno dentro de otro. En cada vuelta aumenta el caudal de conocimiento, por ende se identifican mejor los problemas y sus relaciones con procesos del mismo nivel de complejidad y alcance, y con otros de nivel de complejidad y alcance diferentes. Se incorporan más elementos a la solución, por lo que ésta tiende a tener un carácter más permanente y más sustentable, sumando el resultado a un proceso más general del desarrollo, el cual se mantiene en permanente construcción» [González, Arencibia y Viant, 2006].

Red Nacional de Gestión del Conocimiento en Energía de Cuba (REDENERG):
 «Una red de ciencia y tecnología para la cooperación en la temática energía. Esta red se organiza en una estructura conformada por nodos (...), los cuales integran los esfuerzos de instituciones vinculadas al sector energético cubano, delegaciones del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), grupos de Gestión del Conocimiento, Centros de Información y Gestión Tecnológica (CIGET) de las provincias, universidades y de instituciones pertenecientes a otros Organismos de la Administración Central del Estado (OACE), en función del desarrollo sostenible a nivel local y nacional» [González, Arencibia y Viant, 2006].

Misión: Somos una red que gestiona conocimientos en energía para el desarrollo energético sostenible.

Visión: Somos una red reconocida que integra, promueve y socializa el conocimiento para el desarrollo energético sostenible.

Objetivos de trabajo:

1. Gestionar el conocimiento sobre energía para el desarrollo energético sostenible.
2. Servir de instrumento para el desarrollo de una cultura y conciencia energética del país.

Notas

1Ahondando más en la idea de que hoy estas tecnologías en su mayoría no están a punto pero se están desarrollando, como expresa Julio Torres [2007] en su trabajo «El tránsito hacia la energética sustentable», refiriéndose a los combustibles fósiles: «[...] hoy participan con cerca de 90% en el consumo mundial de los portadores comerciales de energía» y más adelante plantea que la «multitud de barreras obstaculizan la introducción masiva de las fuentes

renovables en la economía mundial», y entre ellas cita, «[...] parece lógico suponer que los profundos cambios a realizar en el sistema energético mundial para establecer una Energética Sustentable (ES) [definida como aquella basada en las fuentes renovables de energía] necesitan una etapa de tránsito durante la cual se utilicen todavía los fósiles y se vayan introduciendo con mayor o menor rapidez las sustituciones previstas y las nuevas tecnologías requeridas para las fuentes renovables —junto a otros ajustes probables no percibidos ahora—, durante un cierto número de años en que la sociedad humana irá descubriendo e instaurando las vías nuevas y viejas para construir el nuevo sistema sustentable que necesita».

2 País subdesarrollado y país en vías de desarrollo pueden ser utilizados indistintamente. Fidel utiliza el primero en su reflexión: La respuesta brutal (10 de abril del 2007). «No le bastaban los 100 mil millones de dólares que obligaron a gastar a un país pobre y subdesarrollado como Cuba».

Con el término «países en vías de desarrollo» se denominó a las antiguas colonias en la década del sesenta y el setenta del pasado siglo, que comenzaron a buscar vías para alcanzar un desarrollo semejante al de sus ex metrópolis, desde entonces se usa como tecnicismo fundamentalmente en los espacios multilaterales como el de las Agencias de Naciones Unidas. Sirve para dividir al mundo en dos grupos, uno muy pequeño y bastante homogéneo los «países desarrollados» casi todos del norte y altamente industrializados, y el otro los «países en vías de desarrollo», muy grande y diverso en cultura, composición étnica, grados de desarrollo, distribución geográfica, etc., como lo son Cuba, India, Vietnam, Afganistán, Bolivia, Sudan y Haití.

Muchos científicos sociales de Cuba, especialmente los filósofos, son muy críticos con este término, debido a que en él se encierran sutiles y engañosos contrasentidos, por ejemplo:

La idea de que el desarrollo, que hoy sólo ostentan los países del «primer mundo» es la meta a alcanzar y el punto final del esfuerzo, «el fin de la historia». Esto es falso, el desarrollo es un proceso constante y tiene múltiples espacios, enfoques, actores, propósitos y formas. El modelo de desarrollo implícito en el término, es etnocentrista, culturalmente hegemónico y está construido desde los grandes centros de poder, es la visión del desarrollo que se ha venido conformando e imponiendo desde la modernidad, el capitalismo en sus distintas fases de desarrollo y desde Europa, EE.UU. y Japón. Es un modelo probadamente insostenible desde todo punto de vista.

El término omite el gran obstáculo constituido por el injusto orden económico internacional vigente, que lejos de establecerse como una vía al desarrollo, es más bien una barrera o una brecha que separa cada vez más a los dos polos de desarrollo en «centro» y «periferia», términos que refuerzan ideológicamente una clasificación construida desde la dominación.

3 Sobre el tiempo que ha durado la crisis en Cuba, más de 15 años, proponemos dos reflexiones de Fidel, en las que explícitamente se ubica el comienzo del Periodo Especial antes de 1992 y su vigencia en el 2007, luego se proponen

algunos fragmentos del discurso de Raúl en la Asamblea Nacional a finales del 2008, donde hace patente la difícil situación económica que atraviesa el país y las diversas medidas que se estudian e implementan.

Reflexión: «Lo que no se dijo sobre Cuba» (26 de agosto de 2008):

«Cuba ocupó el quinto lugar por medallas de oro en Barcelona en el año 1992, cuando estábamos ya en pleno Período Especial».

Reflexión: «Autocrítica de Cuba» (10 de julio de 2007):

«Los pelos se me pusieron de punta cuando hace pocos días un distinguido burócrata exclamó por televisión que ahora que el Período Especial se acabó enviaremos cada año más y más delegaciones para tal y más cual actividad.

»En Cuba se alivió el periodo especial; pero el mundo ha caído en periodo muy especial, que está por ver cómo sale de él».

Discurso de Raúl Castro Ruz: Conclusiones de la sesión constitutiva de la VII Legislatura de la Asamblea Nacional del Poder Popular (24 de febrero de 2008):

«En relación con las dificultades que el país enfrenta en el plano interno, la determinación de las prioridades y el ritmo de su solución partirá invariablemente de los recursos disponibles y del análisis profundo, racional y colegiado, por los órganos competentes del Partido, el Estado o el Gobierno [...]».

«Al abordar estos asuntos es preciso tener siempre presente la profunda convicción de Fidel, reiterada en su Mensaje del 18 de febrero, de que los problemas actuales de la sociedad cubana requieren más variantes de respuestas para cada problema concreto que las contenidas en un tablero de ajedrez. [...]».

«Es verdad que hay limitaciones objetivas —las conocemos bien y sufrimos diariamente tratando de resolverlas cuanto antes. Somos conscientes de los enormes esfuerzos que requiere fortalecer la economía, premisa imprescindible para avanzar en cualquier otro ámbito de la sociedad, frente a la verdadera guerra que libra el gobierno de los Estados Unidos contra nuestro país».

«Reitero que el país tendrá como prioridad satisfacer las necesidades básicas de la población, tanto materiales como espirituales, partiendo del fortalecimiento sostenido de la economía nacional y de su base productiva, sin lo cual, repito una vez más, sería imposible el desarrollo».

4 Intervención de Esteban Lazo Hernández, Vicepresidente del Consejo de Estado, en el VII Congreso de la UNEAC, Palacio de las Convenciones, el 3 de abril de 2008, «Año 49 de la Revolución» (Versiones Taquigráficas, Consejo de Estado).

«[...] Y se demostró en la discusión del discurso de Raúl donde participaron más de 5 millones de personas. En esa discusión se hicieron más de 2 millones de intervenciones y más de un millón 300 000 propuestas; casi el 80% de los problemas que fueron planteados tienen solución en el municipio, en la provincia. Desde luego, el otro porcentaje que requiere solución nacional son los problemas más complejos, los más difíciles».

5 En la experiencia de trabajo que hemos llevado a cabo en cuatro municipios de la región central de Cuba, se ha podido comprobar que el Comité Energético Municipal está integrado por el Jefe de la OBE, el energético del MEP, el representante de CUPET y los energéticos de las distintas organizaciones del territorios, que son los encargados de llevar a cabo el control de los gastos de combustible y electricidad de su entidad. En esta categoría se encuentran desde

verdaderos especialistas en la temática energética, como es el caso de los energéticos de los centrales azucareros, hasta secretarías y chóferes según el tipo de organización. Otras fuentes que se trabajan en los municipios como la biomasa, la radiación solar y otras y sus correspondientes responsables o representantes, como el MINAGRI, Forestal y el MIC, no están representadas en este Comité.

6 ¿Qué es una tecnología?: A continuación citamos un grupo de definiciones sobre tecnología que parten desde los más diversos enfoques, pero que todos permiten comprender que el NOME es una Tecnología del tipo de las Desincorporada, esto significa que no está confinada en un artefacto como los CPU, los tornos de mando numéricos, un satélite espacial, donde los medios y los métodos de funcionamiento están integrados en el mismo artefacto. El NOME es del tipo procedimiento, metodología, plan de clases, etc., que se encuentra en documentos o en la cabeza de la persona que ejecuta la tecnología para obtener el resultado deseado, un producto o un servicio. Según una lámina del módulo de propiedad intelectual de la Maestría de Gestión de Ciencias e Innovación Tecnológica del InSTEC, impartido por la M.Sc. Emilia Lara Díaz, Vicedirectora de la OCPI:
«Tecnología: Incorporada» (equipamiento) / «Desincorporada» (procedimientos, metodologías, etc.).
«Conjunto sistematizados

- De conocimientos, datos, elementos, informaciones, descubrimientos, habilidades, pericias, destrezas,
- Que se derivan de las ciencias, las investigaciones, las experiencias, las tradiciones, etcétera,
- Que componen las técnicas (normalizadas o no), los métodos, las formas organizativas».

En el ante proyecto de Decreto Ley Sobre los procesos de transferencia de tecnología, del CITMA.

Artículo 3: Se entiende por tecnología el conjunto de conocimientos e informaciones, sustanciales e identificables, necesario y suficiente, para el saber hacer que garantice la producción y uso de un producto, la prestación de un servicio, la puesta en práctica de un procedimiento, la organización y gerencia de una entidad o la comercialización de bienes y servicios, así como los bienes tangibles que son consustanciales para la puesta en explotación de la tecnología.

Capote, E., Fernández de Alaíza, M., Hernández, R., Zaens, T.: Diplomado en gestión de ciencia e innovación Curso 1 «Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica». La Habana 1997.

«Tecnología es el conjunto de conocimientos científicos y empíricos, habilidades, experiencias y organización requeridos para producir, distribuir, comercial y utilizar bienes y servicios. Incluye, tanto conocimientos teóricos como prácticos, medios físicos, “know how”, métodos y procedimientos productivos, gerenciales y organizativos, entre otros; identificación y asimilación de éxitos y fracasos anteriores, capacidad y destrezas de los recursos humanos».

«Los conocimientos tecnológicos consisten en nuevos procedimientos por medio de los cuales se alcanzan fines prácticos; pueden considerarse como el conocimiento de procedimientos probados por los cuales se alcanzan objetivos predeterminados».

Dos definiciones de tecnología recibida en el módulo de transferencia de tecnología de la Maestría de Gestión de Ciencia e Innovación Tecnológica del InSEC, por la Dra. Nidia Sánchez Puigbert, Profesora Titular Investigadora Titular, Académica Titular de la ACC.

Definición 1

«El conjunto de conocimientos e información propios de una actividad que pueden ser utilizados en forma sistemática para el diseño, desarrollo, fabricación y comercialización de productos, o la prestación de servicios, incluyendo la aplicación adecuada de las técnicas asociadas a la gestión global.

De esta definición se deduce que la tecnología tiene dos componentes diferenciados:

- El objetivo deseado.
- Los métodos o medios a través de los cuales lograr dicho objetivo».

Definición 2

«La tecnología es un conjunto de condiciones que el hombre tiene a su disposición; es, en resumen, una práctica social en la que subyacen valores culturales».

Martín Posada, Lucy. «Tecnología y desarrollo agrícola. En busca de una nueva coherencia» en Desarrollo local en Cuba: Retos y perspectivas. La Habana: Ed. Academia, 2006.

Concepción amplia de la tecnología como un sistema que:

- Se diseña con presupuestos técnicos, políticos, económicos y sociales.
- Se define desde los planes, propósitos y valores de la sociedad.
- Incluye tanto instrumentos materiales como tecnologías de carácter organizativo

Implica la aceptación de la participación de la comunidad en toda decisión tecnológica.

7 En el anteproyecto de Decreto Ley sobre los procesos de transferencia de tecnología, del CITMA:

Artículo 4: Se entiende por transferencia de tecnología el proceso de transmisión de la tecnología hacia una entidad distinta de donde se originó. Dicho proceso abarca las fases siguientes: identificación, adquisición, asimilación, difusión y reproducción de la tecnología.

8 Microsoft® Encarta® 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation.

9 El concepto de Revolución, enunciado por Fidel Castro Ruz en la Plaza de la Revolución José Martí de La Habana el 1ro. de mayo de 2001, expresa un conjunto de ideas básicas y que el autor de este trabajo considera que son comunes a lo que se está entendiendo en este trabajo por Gestión del

Conocimiento para el Cambio Organizacional, partiendo de un paradigma Socio-Transformador que proponen algunas metodologías, como lo es el caso de la Concepción Político-Metodológica de la Educación Popular, que se utiliza como base de los Talleres de Gestión del Conocimiento en Energía: «Revolución es sentido del momento histórico; es cambiar todo lo que debe ser cambiado; es igualdad y libertad plenas; es ser tratado y tratar a los demás como seres humanos; es emanciparnos por nosotros mismos y con nuestros propios esfuerzos; es desafiar poderosas fuerzas dominantes dentro y fuera del ámbito social y nacional; es defender valores en los que se cree al precio de cualquier sacrificio; es modestia, desinterés, altruismo, solidaridad y heroísmo; es luchar con audacia, inteligencia y realismo; es no mentir jamás ni violar principios éticos; es convicción profunda de que no existe fuerza en el mundo capaz de aplastar la fuerza de la verdad y las ideas. Revolución es unidad, es independencia, es luchar por nuestros sueños de justicia para Cuba y para el mundo, que es la base de nuestro patriotismo, nuestro socialismo y nuestro internacionalismo».

Utilización de un Sistema de Información Geográfica para realizar los estudios de impacto ambiental en la Empresa Eléctrica Provincial de Santiago de Cuba

Utilization of a Geographical Information System to undertake the environmental impact assessment at the Electric Utility in the province of Santiago de Cuba

Por María Rodríguez Gámez, Alcides Mas Ruiz**,
Alain Destrade Giraudy* y Lázaro Valentín Rabelo Parra****

** Dirección de Generación, José Antonio Saco No.166, entre Corona y Padre Pico,
Santiago de Cuba.*

*** Organización Básica Eléctrica (OBE) Provincial, Calle 13, entre Carretera del Caney
y 4to., Reparto Vista Alegre, Santiago de Cuba.*

**** Unión Nacional Eléctrica (UNE), Salvador Allende No. 666, Santiago de Cuba.
Tel.: (53 22) 657994.*

e-mail: mariarg@elecstg.une.cu

Resumen

Se describe la utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta de control de los emplazamientos con posibles impactos sobre el medio ambiente de la Empresa Eléctrica Provincial (EEP) de Santiago de Cuba; para lograr este objetivo se realizó un inventario de los posibles focos de contaminación en toda la provincia para su mejor gestión del estudio, con ello se logra conocer de forma integral cuáles son los puntos donde se pueden provocar posibles afecciones al medio ambiente debido a la generación y transmisión de energía. El sistema permite tener una base de datos para el control y realizar proyectos con programas de mitigación de CO₂ y otros contaminantes para cada zona donde se encuentren ubicados los grupos electrógenos y poder tener realmente producciones de energía más limpia. En la EEP de Santiago de Cuba se trabaja para lograr integrar en un SIG toda la información de la generación de energía por diferentes tecnologías; esto ayudaría potencialmente a los estudio ambientales en las áreas próximas a cada sitio de posible afección, ya que el SIG constituye una herramienta adecuada para los especialistas que estudian y controlan afecciones ambientales, porque se pueden hacer bases comparativas por años de los impactos provocados y trabajar en función del desarrollo de sistemas sostenibles garantizando la protección del medio ambiente.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica, estudio de impacto ambiental.

Abstract

The paper describes the utilization of a Geographic Information System (GIS) as a control tool of the locations with possible environmental damage due to the activities of the Provincial Electric Utility (PEU) of Santiago de Cuba. In order to achieve this objective it was carried out an inventory of the possible sources of pollution in the whole province. This allows knowing about the possible

locations of environmental problems due to the generation and transmission of electricity. The GIS enables to having a data base for the control and accomplishing of projects with programs of mitigation of CO₂ and other pollutants for each zone where gen sets are located in order to produce cleaner energy. The PEU of Santiago de Cuba is working on integrating in a GIS all the information about the generation of electricity from different technologies in the province. This would potentially help to the environmental assessment in the areas nearby the sites with possible damages, because GIS are suitable tools for specialists that study and control environmental problems.

Keywords: Geographic Information System, environmental impact assessment.

Introducción

Actualmente los sistemas de información geográfica (SIG) han pasado a ser una tecnología nueva en la información espacial, territorial y geográfica. En los últimos años se ha generado una creciente demanda del conocimiento de los mismos en los estudios relacionados con el medio ambiente y el territorio en su conjunto; con estos sistemas se logra la producción y almacenamiento de gran cantidad de datos geográficos para los estudios analíticos de los mismos y que pueden ser representados de forma espacial.

Estos sistemas son novedosos desde el proceso originario de producción de la información, única vía para garantizar la utilidad universal de la información. Con los estudios realizados actualmente, existe un fuerte consenso científico que el clima global se verá alterado significativamente en el siglo xxi, como resultado del aumento de concentraciones de gases de efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos. Estos gases están atrapando una porción creciente de radiación infrarroja terrestre y se espera que hagan aumentar la temperatura planetaria entre 1,5 y 4,5 °C. Como respuesta a esto se estima que los patrones de precipitación global también se alteren, y aunque existe un acuerdo general para todos los países del mundo hay una gran incertidumbre con respecto a las magnitudes y las tasas de estos cambios a escalas regionales.

La producción de energía es cada día mayor con el ánimo de crecer económicamente, y en estos últimos años se han adoptados sistemas tecnológicos que inciden en el medio ambiente y por ende sobre los seres humanos. El uso irracional de la energía es otra forma de consumo desmedido que nos lleva a la sobreexplotación de los recursos que nos ofrece la naturaleza. Por esta razón, y conociendo las nuevas tecnologías introducidas en Cuba para mejorar las condiciones socioeconómicas de la población, se hace necesario tener un control de todos los posibles focos de contaminantes donde inciden los grupos electrógenos de emergencia, distribuida y otras instalaciones adscriptas a la Organización Básica Eléctrica (OBE).

Emprender el camino de producciones más limpias con la aplicación continua de una estrategia integrada de prevención a los procesos, productos y servicios con el objetivo de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos a el medio ambiente con un sistema de Gestión Ambiental adecuado que contribuya al mejoramiento del desempeño ambiental de los emplazamientos, resultando ser

un elemento básico para el aseguramiento de la calidad de las producciones y los servicios.

La estrategia integrada debe estar encaminada a la solución de problemas existentes con las nuevas tecnologías, por lo que se deben realizar estudios integrales de sostenibilidad donde es de especial interés conocer las propiedades de los sistemas ambientales en los territorios donde se encuentran ubicados los grupos emergentes, siendo el SIG una herramienta adecuada para ello.

El desarrollo sostenible es el modelo de desarrollo que se pretende construir en el ámbito mundial, en general, para lograr el crecimiento económico, que trae consigo la introducción de nuevas tecnologías y hay que tener en cuenta la capacidad de los sistemas ambientales y su asimilación a acciones transformadoras.

El sistema propuesto permite el monitoreo continuo del sistema energético y las posibles áreas de contaminación; esto servirá para evitar que se tomen decisiones incorrectas y propone un proceso de desarrollo integral donde se tenga en cuenta la incorporación de la dimensión medioambiental a todas las actividades socio-económicas.

Las acciones de la planificación e inventario, además de ayudar a gestionar el medio ambiente, permitirán una mejor toma de decisiones para las personas responsables que tendrán ubicadas las zonas de alto riesgo, siendo el sistema una herramienta fundamental que permitirá el mejoramiento del desarrollo social y ambiental futuro.

Hoy no se puede considerar el medio ambiente como algo aislado; es concebido como un elemento fundamental en la estrategia de desarrollo general nacional para promover el mejoramiento socioeconómico y medioambiental, teniendo en cuenta que se deben elegir y desarrollar las tecnologías adecuadas para el monitoreo y la disminución de los efectos de contaminación; esto ayuda a mitigar los efectos negativos al medio ambiente y lograr un crecimiento equilibrado en el contexto del desarrollo de las provincias y nacionalmente.

El desarrollo sostenible tiene que sustentarse en una sólida planificación energética, los niveles de bienestar tienen que aumentar, y los valores morales deben entrar en equilibrio, en armonía con la naturaleza y sus recursos. La manera más conveniente de trazar las relaciones que existen entre energía y desarrollo es recurrir al enfoque del ecosistema, donde este término se emplea para designar cualquier zona de la naturaleza que comprende organismos vivos y sustancias no vivas que ejercen una acción recíproca para producir un intercambio de materiales entre las partes vivas y las no vivas. Las ventajas de la aplicación de este concepto es que en él se ponen de relieve los elementos que intervienen en el funcionamiento del mismo, sus interacciones, los flujos de materiales, nutrientes y energías, y sobre todo las limitaciones ambientales de las actividades sociales y económicas junto con los impactos de estas al medio ambiente.

Los SIG permiten crear una base de datos que potencia un modelo de desarrollo de crecimiento de nuevo tipo, donde el medio ambiente se encuentra integrado en los programas de desarrollo social y donde se potencien los procesos cíclicos naturales que pueden establecerse en nuestra sociedad; esta herramienta posibilita en un futuro implementarla como sistema para la planificación y toma de decisiones en lo referente al Sistema de Gestión Ambiental en la Empresa Eléctrica Provincial de Santiago de Cuba, por lo que en el trabajo se requiere integralidad de todas las unidades básicas eléctricas (UEB) para el mejor manejo de la información, por lo que para obtener este resultado deben colaborar todas las sucursales de la provincia.

Materiales y métodos

La información fue georeferenciada en un software profesional, con un ambiente integrador y donde se están ubicados por ahora, los grupos emergentes, de generación distribuida, algunas subestaciones, programa de forestación, transformadores, todo ello utilizando información existente y se continúa su digitalización.

Análisis y discusión de los resultados

Se preparó un mapa potenciado por los grupos del Despacho Eléctrico, Dirección de Generación, Grupo de Emergencia, con salidas principales que ayudarán a una dirección estratégica para el sector energético y medioambiental. El mapa se puede observar en la figura 1, donde aparecen algunos objetivos de interés para el estudio, como son las plantas emergentes, grupos de generación distribuida y algunas subestaciones, todos en el plano de la provincia.



Fig. 1. Algunas instalaciones de interés en el estudio.

La imagen del mapa muestra la cantidad de focos contaminantes que existen en áreas urbanas y rurales, dispersos en todo el territorio, por lo que ahora los beneficios de la energía se revierten en un control y monitoreo riguroso de los impactos ambientales que estos pueden ocasionar los focos de incidencias, si no se tienen en cuenta las normas de explotación y vertimiento a los cuerpos receptores. Al encontrarse dispersos los sistemas, los impactos negativos al entorno también se encuentran dispersos y pueden ser los siguientes:

- Intensos ruidos (contaminación acústica).
- Drenaje inadecuado de los residuales tecnológicos y sociales.
- Desertificación de las áreas próximas a los emplazamientos y contaminación del manto freático por inadecuados procedimientos en el proceso tecnológico, aspectos que están referidos en las Normas del Medio Ambiente.

En la figura 2 se muestra un gráfico que representa aproximadamente la cantidad de posibles focos de contaminación que podemos por el momento tener inventariados; para conocer en nivel de mapa los posibles impactos provocados a las poblaciones cercanas, fauna, flora, ríos, etcétera.

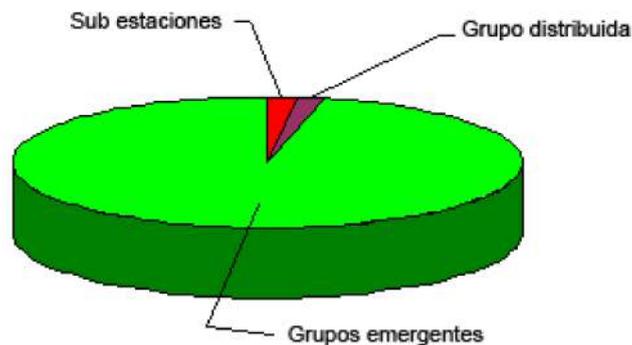


Fig. 2. Posibles focos de contaminantes.

Como se puede apreciar, los grupos emergentes que representan la mayoría de las instalaciones actualmente, han resuelto uno de los problemas más importantes de la Revolución Energética relacionado con la vitalidad de objetivos económicos y sociales priorizados, provocan un incremento de los focos de contaminación en la provincia. Los emplazamientos de generación distribuida son objetivos de alta prioridad en el control de la contaminación debido a que son altos emisores de efectos contaminantes, por el uso en su proceso tecnológico de mayor cantidad de combustible y lubricantes, además de emisiones de ruidos intensos que no sólo afectan al entorno social, sino a la fauna próxima a estos emplazamientos y las subestaciones que se encuentran aledañas a los emplazamientos, con ruidos intensos que están por encima de las normas permisibles por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En la figura 3, a modo de ejemplo, se aprecian fotos de focos de contaminación asociados a emplazamientos de generación distribuida; esto es preliminar debido a que estos elementos se pueden incluir dentro del mapa en forma poligonal y hacer monitoreos periódicos y planificados para realizar estudios en su comportamiento, y da la medida de los posibles proyectos de mitigación de las afecciones, lo que puede realizarse con los demás objetivos. En el mapa se pueden visualizar todos los elementos cartográficos, permitiendo conocer el entorno afectado en el orden territorial.



Fig. 3. Fotos asociadas a los objetivos.

El sistema de información constituye una herramienta apropiada para el manejo y control del umbral informático relacionado con el medio ambiente y vinculado con otros subsistemas existentes en bases de datos creadas en capas diferentes y que pueden ser superpuestas, lográndose la interconexión adecuada de los sistemas, que pueden ser de diversos temas e intereses (carreteras, ríos, ciudades, asentamientos poblacionales, líneas eléctricas, bosques, etcétera).

Conclusiones

1. Se creó una base de datos utilizando el SIG, como herramienta para el monitoreo y control de los posibles impactos al medio ambiente de la Empresa Eléctrica Provincial de Santiago de Cuba, como consecuencia del proceso tecnológico de la generación de energía.
2. Con la base de datos obtenida se ponen en práctica los programas de mitigación para las producciones de energía más limpias, logrando la información por años de los impactos y trabajar en función del desarrollo de sistemas sostenibles y garantizar la protección del medio ambiente.

Bibliografía

«Calentamiento global», Wikipedia, la enciclopedia libre, 2008.
En busca del desarrollo sostenible. Abstract No. 1. Aproximaciones al enfoque. Unidad de Comunicación e Información. CIED.
 Ministerio de Justicia. «Ley 81 del Medio Ambiente», en *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, 1997.
 OLADE. *Aspectos generales de balances energéticos*. Quito: 1987.

«Planificación energética. Evaluación sinóptica de la relevancia ambiental». Humanity Development Library/gsd/htm/env/envsp/vol 116.htm. Diciembre de 1999.

QUINTELA, J. «El inventario, el análisis y el diagnóstico geoecológico de los paisajes mediante el uso de los SIG». Tesis para la obtención del Grado de Doctor, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, 1995.

REYES ARTILES, G. «Diseño de un Sistema de Información Geográfica para la cuenca del río Máximo, provincia de Camagüey». Tesis para la obtención del Grado de Máster, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, 2001

Solución medioambiental sustentable en la cosecha de la caña

Environmentally friendly solution in the harvest of sugar cane

Por Ing. Antonio Aguilar, Ing. Bárbara Hernández** y Dr. Deny Oliva***
ICINAZ, Cuba.*

*** Ministerio del Azúcar (MINAZ) (Comisión Nacional de Biomasa), Cuba.*

**** Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana, Cuba
e-mail: deny@ceter.cujae.edu.cu*

Resumen

La caña de azúcar se produce en más de cien países y constituye un cultivo de gran importancia en su gestión económica. Es un cultivo del tipo C4, con una producción de biomasa que le da un lugar privilegiado en cuanto a la protección del medio ambiente, por su alta eficiencia en el proceso de fotosíntesis.

Paradójicamente, los métodos de cosecha de la caña están orientados a aprovechar sólo los tallos de la planta, dejando el resto en el campo, en el mejor de los casos como residuos agrícolas de la caña (RAC), generalmente quemados antes del corte, en aras de alcanzar alta productividad en la cosecha, y por la poca asistencia al desarrollo de tecnologías para el corte mecanizado de la caña, la recolección, la preparación y la manipulación de los RAC, para el aprovechamiento integral de la caña. Cuando la caña es quemada para el corte, o cuando los RAC son quemados en las instalaciones de limpieza, se produce una contaminación del medio ambiente con diseminación de cenizas, humos y gases tóxicos, que amenazan a la población aledaña con enfermedades broncorrespiratorias, que afectan la calidad de vida del hombre, las plantas y los animales. Los RAC, compuestos por hojas verdes y secas, cogollos y cañas no recuperables, una vez preparados representan un valioso recurso natural, renovable anualmente, abundante y propio para la industria de los derivados, como alimento animal, energía, fertilizantes, etc., con incidencia favorable en la protección del medio ambiente y alta rentabilidad económica. Su valor energético ascendió, en Cuba, en 2007-2008, a 140-160 USD/t; mientras los costos de preparación y transporte oscilan entre 10-15 pesos/t, cuando se aprovechan las capacidades instaladas. El presente trabajo ofrece una solución alternativa medioambiental y sustentable en la cosecha de la caña, al eliminar la «quema» con la aplicación de una tecnología sustentable asociada a la cosecha mecanizada de la caña verde (corte y limpieza en seco), para la preparación de los RAC en un proceso continuo, una vez separados los RAC de la caña. Los RAC preparados alcanzan un valor agregado acorde con las exigencias de una materia prima y(o) combustible, indispensable para la industria de los derivados.

Palabras clave: Residuos agrícolas de la caña de azúcar (RAC), cosecha de caña de azúcar, caña quemada, medio ambiente.

Abstract

Sugar cane is produced in more than a hundred countries and constitutes a crop of vital importance in its economic management. It is a C4 type of crop, with a biomass production that favors environmental protection because its high efficiency in the process of photosynthesis. Paradoxically, the methods of harvesting sugar cane are only oriented to harness plant stems, leaving the rest on the field, in the best case as agricultural leftovers of the cane (RAC, in Spanish). The RAC are generally burned-out before the cut of the sugar cane plant for attaining higher productivity in the harvest. This is also caused for the lack of development of technologies for the mechanized cut of the cane, as well as the collection, preparation and manipulation of the RAC for the integral use of the cane. When the sugar cane plant is burnt before the cut or the RAC are burnt in the cleaning facilities, this causes the pollution of the environment by the dissemination of ashes, smokes and poisoning gases that threaten the nearby population with lung-related diseases and affect the quality of life of people, plants and animals. The RAC, composed of green and dry sheets, sugar cane tops and not recoverable canes, once prepared represent a valuable natural resource, annually renewable, abundant and adequate to the by-products industry, as animal food, energy, fertilizers, etc., with favorable incidence in the environmental protection and high economic profitability. The energy value of the sugar cane in Cuba was 140-160 USD per ton in the period 2007-2008, while the costs of preparation and transportation varies between 10-15 pesos per ton when taking full advantage of the installed capacities. The present paper offers an alternative environmental and sustainable solution in the harvesting of the sugar cane, by eliminating the burning with the application of a sustainable technology associated to the mechanized harvest of the green cane (dry cleaning and cut), for the preparation of the RAC in a continuous process, once the RAC are separated from the cane. The processed RAC get an added value in agreement with the requirements of a raw material and (or) fuel, indispensable for the by-products industry.

Keywords: Agricultural residues of sugar cane (RAC), sugar cane crop, burned-out cane, environment.

Introducción

El cambio climático y las actividades energéticas están muy íntimamente relacionados. Los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas), representan 87% de la energía mundial, contribuyen de manera directa al calentamiento del planeta y constituyen un riesgo múltiple para la vida. Los expertos afirman que las reservas de combustibles fósiles sólo durarán otros 40 ó 50 años. Estos hechos, unidos a la crisis energética actual, hacen más apremiantes las actividades de investigación y desarrollo en materia de fuentes sustitutivas de energía y el uso de fuentes energéticas renovables.

La preservación del medio ambiente, la alimentación y la disponibilidad de energía se han convertido en los problemas más importantes en el ámbito mundial. La gran mayoría de los países, tanto en desarrollo como industrializados, están afectados por desequilibrios crecientes del ecosistema, con gran influencia en el desarrollo económico y social, de modo que se ha

reconocido como inevitable una transición desde la actual dependencia de los combustibles fósiles hacia otras combinaciones energéticas más diversificadas [Unión Europea, 2002]. Entre las nuevas fuentes energéticas y de materias primas, y las nuevas tecnologías que se deben considerar en la solución de los problemas más apremiantes relacionados con el medio ambiente, la producción de energía y de los alimentos, están las denominadas limpias, como es el caso de la biomasa, completamente limpia en CO₂ dado el ciclo natural del carbono; sin embargo, actualmente sólo representa 10% de la producción energética mundial, aún cuando se halla entre las de mayores perspectivas.

En Cuba, desde los primeros años de la década del sesenta, el aprovechamiento de este recurso energético es parte importante del programa de desarrollo del Ministerio del Azúcar (MINAZ), de gran interés para el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), y de la Comisión Nacional de Biomasa. Los resultados fundamentales se basan en la disponibilidad de un sistema de cosecha de la caña con magníficas posibilidades para la utilización de toda la biomasa cañera [Aguilar, *et al.*, 1991].

Estudios de factibilidad y numerosas experiencias relacionadas con la recolección, la preparación, el uso energético de los RAC y el deterioro ambiental que causa la quema de esta biomasa en las plantaciones cañeras e instalaciones de limpieza, vislumbran la necesidad a corto plazo del empleo de sistemas de cosecha de caña verde [Torres, 2007].

Los procesos físicos de pretransformación de biomasa consisten en la alteración de las propiedades físicas del material, asociados a fases primarias de transformación que suelen denominarse acondicionamiento y preparación del material biomásico. No ocasionan de forma general cambios en la composición química de la biomasa y están destinados fundamentalmente a lograr acondicionar el material para su mejor utilización en los procesos posteriores a que están destinados. Dentro de estos procesos se pueden mencionar el secado; la reducción del tamaño de las partículas, como molienda, troceado, etc.; el astillado y la compactación.

La reducción del tamaño de las partículas es una operación que se realiza frecuentemente en biomazas lignocelulósicas que presentan una distribución del tamaño de las partículas no acorde con el proceso al cual están destinados, incongruencia con el sistema de alimentación y las características de diseño del sistema de aprovechamiento que se va a emplear, como es el caso de la caldera en el uso directo de la biomasa agrícola cañera para la producción de energía. Por sus propiedades físicas, las materias biomásicas altamente fibrosas son muy difíciles de moler, por lo que se debe emplear un equipo adecuado para ese fin. De cualquier forma, esta es una de las operaciones que, de ser posible, debe evitarse, pues el molino es un equipo alto consumidor de energía y aporta costos importantes a todos los procesos de transformación de la biomasa.

La preparación de la biomasa agrícola cañera o residuos agrícolas de la caña (RAC) es una operación que puede resultar muy compleja debido a la poca uniformidad, el tamaño de las partículas, la alta humedad y el alto contenido de tierra cuando la recolección no es adecuada, siendo generalmente indispensable en el esquema tecnológico de transformación energética [Pérez y Aguilar, 2002].

Los equipos destinados a la preparación de esa biomasa reciben un material de muy baja densidad con tamaño de partículas de hasta un metro de longitud, las cuales deben ser reducidas en el menor de los casos a alrededor de 50 mm (clase 11,64 mm) [Aguilar, 2001].

En este trabajo se analiza el curso ascendente del valor de los RAC en el nuevo escenario internacional de los biocombustibles, a la vez que se dan soluciones tecnológicas para la preparación de los RAC en la cosecha mecanizada de la caña, como el sistema de cosecha cubano (SCC), los cuales servirán de soporte a programas de producción de alimento animal, fertilizantes y la cogeneración de energía eléctrica a partir de los RAC y del bagazo como combustible y(o) para el desplazamiento de gran volumen de bagazo para la producción de tableros y otros derivados, en todos los casos con una incidencia favorable en la protección del medio ambiente a nivel local y global.

Desarrollo

Posibilidades de la biomasa en la industria de la caña de azúcar

La potencialidad de la biomasa en la industria de la caña de azúcar permite disminuir los costos de producción actual del azúcar y los derivados, si se emplea racionalmente toda la biomasa creada por la energía solar durante el cultivo de la caña, considerando el bagazo y los RAC, lo cual representa más de 50% de la materia prima que llega a la industria.

Los residuos agrícolas de la caña (RAC) representan un potencial de biomasa equivalente a 30% de toda la materia seca aprovechable en la cosecha de la caña, con un valor calórico que fluctúa entre 1 700-4 500 kCal/kg, en dependencia del contenido de humedad. De esto se deriva que, en términos energéticos, por cada mil toneladas de RAC pueden ser sustituidas 310 toneladas de petróleo combustible, cuyo valor asciende a 155 000 USD, según los precios del fuel oil en el mercado internacional en los últimos años. Los resultados son aún mayores cuando se consideran también la alimentación animal, los fertilizantes y los beneficios del medio ambiente.

Esto ofrece oportunidades al desarrollo de tecnologías rentables que permiten disminuir los costos de producción en el sector de la industria azucarera y en otros de la economía nacional.

En la figura 1 se muestra cómo estos resultados se incrementan también en el tiempo, según el escenario internacional de los precios de los combustibles en el 2007.

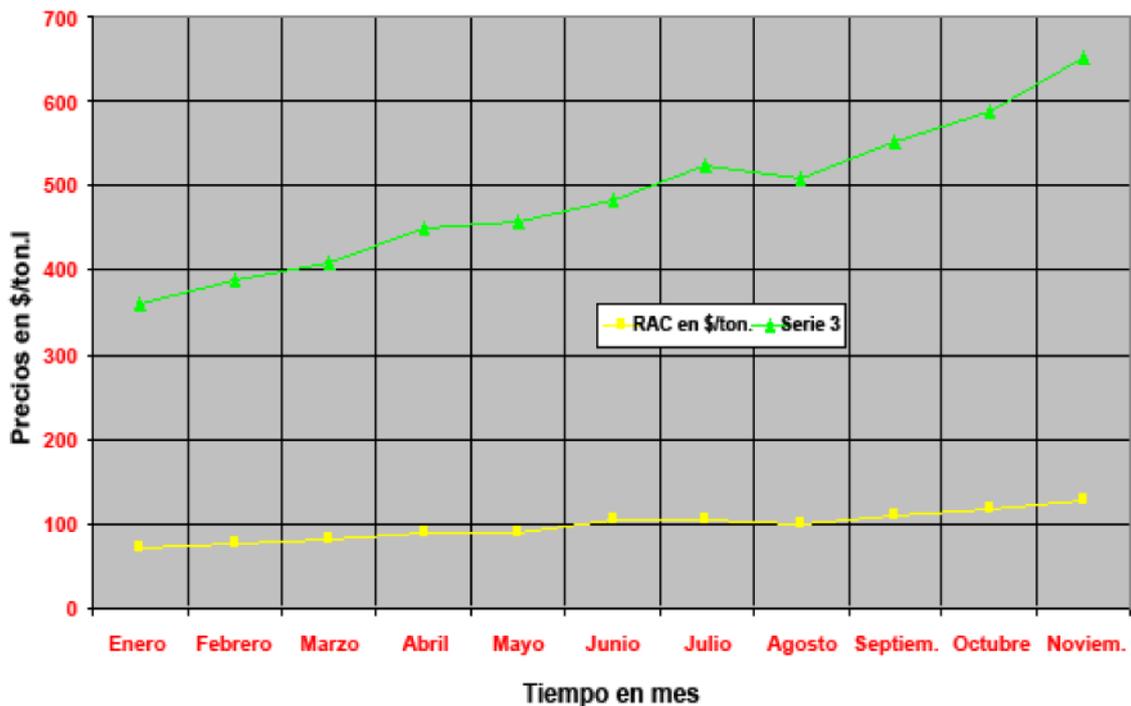


Fig. 1. Comportamiento de los precios de petróleo y RAC en el 2007.

Como se puede apreciar, en el transcurso del 2007 los RAC alcanzan valores por encima de 100 USD/t; mientras los costos de preparación y transportación a la industria no sobrepasan los 20 USD/t. Considerando estos resultados es de esperar que en una instalación de limpieza en seco de la caña con capacidad de 1 000 t/h, el valor de los residuos separados se comportará como aparece en la tabla 1.

Tabla 1. Valor de la producción de RAC

Humedad, %	50,0	45,0	35,0	25,0
RAC, t/h	70,0	63,6	53,8	46,7
Valor calórico, kCal/kg	1 737	1 980	2 465	2 950
Relación, fuel oil/RAC	5,76	5,05	4,06	3,39
Precio del fuel oil, \$/t	538,23	-	-	-
Precio de RAC, \$/t	93,44	106,58	132,57	158,77
Valor pro/zafra, \$/t	850 328	881 205	927 187	963 892

Es importante observar que por cada 1 000 toneladas de caña beneficiada en una instalación de limpieza en seco, se producen 64 t de RAC (45% de humedad), con un valor equivalente a 6 778,50 USD, lo cual asciende a cerca del millón de pesos en una campaña azucarera.



Fig. 2. Instalación de limpieza con tres expansores.

Estos resultados pueden ser consolidados, con el aprovechamiento de todos los recursos naturales durante la cosecha en un sistema mecanizado, como el sistema de cosecha cubano (SCC), con peculiaridades muy favorables, como el corte mecanizado de la caña verde y el empleo de instalaciones estáticas para la limpieza en seco y el trasbordo de la caña (Fig. 2), lo cual facilita la recolección, la preparación y la incorporación de los RAC a la industria como combustible y(o) materia prima en la producción de los derivados.

Por ejemplo, en una zafra de 6 MMt de azúcar con rendimientos industriales y agrícolas de 11% y 80 t/ha, respectivamente, en la que es necesario cortar 687 500 ha de caña (55 MMt de caña), los RAC producidos pueden ser utilizados racionalmente como aparece en la tabla 2, con la aplicación del sistema de cosecha cubano.

Tabla 2. Distribución de los RAC en el sistema de cosecha

Esquemas de cosecha	Total de RAC producido		Cobertura del terreno		Materia prima y combustible			
					Inst. de limpieza		Bagazo en la industria	
	MMt	%	MMt	%	MMt	%	MMt	%
Mecanizado	9,625	70	5,101	53	2,503	26	2,021	21
Manual	4,125	30	1,733	42	1,485	36	0,866	21
SCC	13,750	100	6,834	50	3,988	29	2,887	21

Como se puede observar en la tabla 2, con la aplicación de este sistema de cosecha, 50% de los RAC quedan distribuidos en el campo como cobertura del terreno para evitar la proliferación de malas hierbas, mantener la humedad del terreno, evitar la corrosión y mantener la flora microbiológica, con afectaciones

mínimas en las labores de cultivo, ya que tienen tamaño de partículas entre 200-400 mm cuando el corte es mecanizado.

El 21% de los RAC es transportado hasta la industria junto con la caña, formando parte posteriormente de la masa de bagazo a la salida del tándem de molinos, la que es utilizada generalmente como combustible en la generación de energía.

Mientras que 29% de los RAC (3 988 MMt) se separan y concentran en las instalaciones de limpieza ubicadas en puntos intermedios entre el campo y la industria, que resultan fáciles de preparar para su utilización como combustible o materia prima en la producción de energía eléctrica, alimento animal, fertilizantes, etc., en el proceso de diversificación industrial, con beneficios ambientales y económicos.

Requerimientos de los RAC separados

La incorporación de los RAC procedentes del campo e instalaciones de limpieza de la caña al proceso industrial, requiere de previa preparación debido a su heterogeneidad, baja densidad de bulto (20-30 kg/m), tamaño de partículas (200-700 mm), alto contenido de humedad (40-60%) y la gran cantidad de tierra que incorporan las operaciones de recolección, cuando no son bien elegidas.

Esta preparación depende de la aplicación previamente conocida y de las exigencias del proceso. Si se trata de un combustible y su combustión, es por el método con frente de llama; es necesario pulverizar los RAC y alcanzar humedades cercanas a la de equilibrio del material. Cuando el método de combustión es en pila o en semisuspensión, como es el caso de la combustión del bagazo, generalmente en la industria azucarera, los requerimientos de los RAC para el proceso pueden ser los siguientes:

- Tamaño de partículas: <50 mm (clase 11,6 mm).
- Contenido de humedad: 30 ±5%.
- Contenido de ceniza: 8 ±2%.
- Densidad aparente: 100 ±20%.
- Valor calórico neto: 2 284 kCal/kg.
- Relación fuel oil/RAC: 4,38.

Experiencias del uso directo de los RAC con estas características en la alimentación animal, muestran resultados satisfactorios [Aguilar y Arango, 2006].

Tecnología de preparación de los RAC

Acorde con las características del sistema de cosecha existente en la preparación o potenciación de los RAC con alta eficiencia, se consideran las operaciones siguientes:

- Captación y concentración o separación de los RAC.
- Manipulación (recolección y transporte).
- Reducción del tamaño de las partículas.
- Transporte hasta la industria.
- Almacenamiento.
- Protección ambiental (efecto).

Para lograr el máximo aprovechamiento de las capacidades instaladas, la tecnología de potenciación de los RAC está asociada a las instalaciones de limpieza de la caña.

Una instalación de limpieza puede ser representada como un sistema en el cual intervienen cuatro corrientes, dos de entrada (caña sucia y aire limpio) y dos de salida (caña limpia y aire sucio), como subproductos de un procedimiento de separación neumática, el cual se efectúa en varias etapas consecutivas en cámaras abiertas, denominadas expansores.



Fig. 3. Balance de materiales en una estación de limpieza.

En la figura 3 se expone un esquema con el balance de materiales de una estación de limpieza convencional, cuya capacidad es 106,3 t/h. Como se observa en la corriente (2), el volumen de aire empleado en la limpieza de la caña representa 42% de la caña limpia, equivalente a 122 400 m³/h, comparable con la cantidad de gases que se extraen de un generador de vapor con capacidad de alrededor de 35 t/h.

La corriente (4), de mayor interés para la nueva tecnología, está compuesta por la corriente (2), más los RAC separados en la limpieza de la caña, que representan sólo 4,25% de la corriente (4), lo que le infiere un carácter neumático a la nueva tecnología. Cuando se relacionan estos valores, se obtiene que el potencial de RAC en esta estación de limpieza sea equivalente a 6,3 t/h, cuya recuperación representa el objetivo fundamental de la nueva

tecnología. Esto requiere, previamente, de la captación total de la corriente (4) y de la separación de los RAC, en aras de evitar que caigan al suelo, y la incorporación de materiales indeseables, como tierra, piedra, etc., como ocurre en muchos casos en instalaciones recuperativas cuando los RAC son lanzados al suelo y manipulados sobre el piso de tierra. Como la limpieza de la caña se efectúa en varias etapas consecutivas, en cámaras abiertas denominadas expansores, el diagrama de flujo de esta instalación puede ser representado como muestra la figura 4.

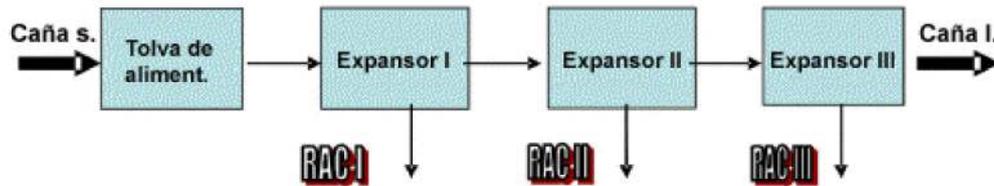


Fig. 4. Diagrama de flujo. Instalación de limpieza con tres expansores.

Finalmente, en cumplimiento de unas de las premisas fundamentales para lograr el mayor aprovechamiento de las capacidades instaladas, la nueva tecnología asociada a este sistema ofrece un modelo de instalación de limpieza, de nuevo tipo, cuyo diagrama de flujo se muestra en la figura 5.

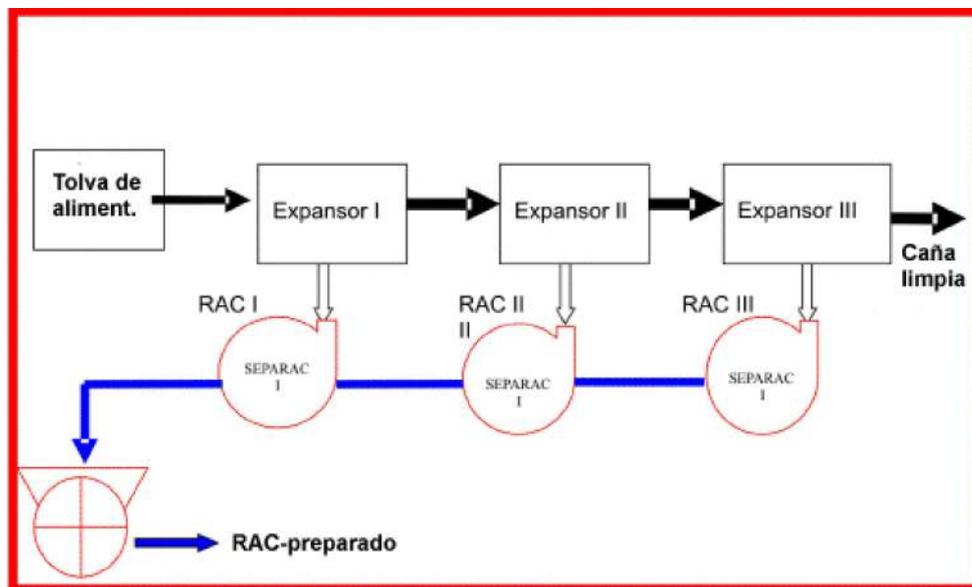


Fig. 5. Diagrama de flujo. Instalación de limpieza de nuevo tipo.

La estación de limpieza de nuevo tipo, con la incorporación de instalaciones para la recuperación de los RAC, entrega como beneficios, además de la caña limpia para la producción de azúcar, los RAC preparados como fuente de combustible y de materia prima renovable, para la producción de energía eléctrica, alimento animal y otros derivados.

Concentración o separación de los RAC de la corriente de aire

Para esta operación se ha previsto un ciclón de forma cilíndrico-cónica denominado SEPARAC-1. Diseñado especialmente para operar acoplado a los expansores de acuerdo con las exigencias de una instalación recuperativa, difiere de los ciclones ordinarios por su alta capacidad y baja caída de presión con relación a sus dimensiones. La alimentación es tangencial e inclinada hacia abajo con un ángulo de 7-10° en la parte cilíndrica del equipo.

Manipulación

La manipulación de los RAC en esta instalación se realiza mediante transportadores típicos empleados convencionalmente para el trasiego de bagazo en la industria azucarera. Para la recolección de los RAC debajo de la batería de SEPARAC-I, se emplea un conductor de banda acanalado que a la vez alimenta al equipo preparador de RAC; mientras que los RAC preparados pueden ser entregados directamente a los medios de transporte o a otras instalaciones para ulterior orientación o preparación.

Preparación o reducción del tamaño de las partículas

Es un proceso de gran importancia, debido a la alta eficiencia que se requiere alcanzar para obtener el tamaño de partículas requerido con relación al tamaño de entrada, hasta en el mejor de los casos. Para esta operación se han realizado experiencias con varios equipos, como aparecen en la tabla 3.

Tabla 3. Tecnologías utilizadas en la preparación de los RAC

Tecnologías	Parámetros de operación		
	Tamaño de partículas Clase 11,64 mm, %	Consumo de energía, kWh/t	Capacidad, t/h
1 juego de cuchillas y 1 molino de 3 mazas	64	16,5	10-20
2 juegos de cuchillas y 1 molino de 2 mazas	73	13,5	4-6
Basculador y tándem	100	78	50-60
Molino desmenuzador	87	20,4	4-6
Máquina PROMEZJAMCAS	70-75	5,5	5-10

El resto de las operaciones se realiza en medios y operaciones convencionales de la industria azucarera; mientras que la protección del medio ambiente se manifiesta como efecto esperado del uso racional de los RAC como fuente de energía, alimento animal, etc., con la aplicación de esta tecnología.

El modelo de tecnología descrito es único en su tipo, coherente con el sistema de cosecha cubano, al operar asociado a las instalaciones de limpieza de la caña. En la medida en que los RAC van siendo separados de la caña y entran a un módulo neumático, pasando por los equipos de corte, seleccionados, según los requerimientos del tamaño de las partículas.

Los residuos preparados pueden ser entregados directamente a los medios de transporte, a una empacadora para su mayor densificación, o a otra operación subsiguiente. Este modelo de tecnología es totalmente mecanizado, fácil de automatizar, lo que simplifica la mano de obra y el uso de equipos adicionales en la preparación y el trasiego de los RAC en las instalaciones de limpieza. Facilita también la obtención de los RAC con mayor concentración (sin la incorporación de materiales extraños, como tierra, piedra, etc.); la transportación con mayor densidad y mayor eficiencia con el uso de los medios de transporte. Todo esto, lógicamente, se debe a una mayor aplicación del desarrollo científico y de las capacidades instaladas, lo cual redundará en una mayor rentabilidad de la inversión.

Densificación

La densidad es una característica de gran importancia en los materiales, por su influencia en el uso del transporte, el almacenamiento y en las operaciones industriales, con la consiguiente reducción del tamaño de las partículas, lo cual también se incrementa, como aparece en la tabla 4.

Tabla 4. Densidad sobre los medios de transporte (kg/m³)

Indicadores estadísticos	Caña	RAC	
	Troceada	Preparado	Natural
Media	118,372	99,91126	19,71295
Desviación media	4,345092	21,26624	3,607258
Error, %	3,670709	21,28513	18,29892
n	22	15	31

En la tabla 4 se puede observar que la densidad de los RAC naturales es 19,7 kg/m³; mientras que la densidad de los RAC después de preparados alcanzan el valor de 99,9 kg/m³, cinco veces mayor y cerca a la densidad de la caña limpia, 118,4 kg/m³, como se puede apreciar en la misma tabla. Según experiencias de transportación en carros de ferrocarril de los RAC sin preparar y de caña limpia, ambos procedentes de la propia estación de limpieza.

Conclusiones

La aplicación de la propuesta tecnológica para la preparación de los RAC separados en las instalaciones de limpieza de la caña en sistemas de cosecha mecanizados, facilita la utilización racional de este recurso como fuente de energía y de materia prima para la industria de los derivados, con beneficios económicos, a la vez que constituye una solución alternativa a la contaminación del medio ambiente por la quema indiscriminada de este recurso renovable.

Bibliografía

AGUILAR, A. P., *et al.* «Algunas experiencias sobre el uso de los RAC como fuente de energía en los complejos agroindustriales azucareros», en Memoria II Congreso ATALAC. Parte IV, Sección Diversificación. México: 1991.

AGUILAR, A. Y J. ARANGO. «Implementación de tecnología de alta eficiencia en la preparación de los RAC». Informe final Proyecto de investigación. MINAZ, ICINAZ, 2006.

AGUILAR, P. «Potencialidad energética de los residuos agrícolas de caña. Parte I Disponibilidad durante la cosecha», en *Revista Cuba-Azúcar*, No. 1. v. XXX, 2001.

PÉREZ, E. Y P. AGUILAR. «Estado del arte del uso energético de los RAC», en Memorias del II Congreso Internacional de Biomasa en Holanda. 2002

TORRES, J. «La biomasa cañera y el tránsito en Cuba hacia una energía sostenible». 2007.

Unión Europea. «La cooperación con los países en vía de desarrollo», en Cumbre Mundial de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible, 2002.

Cálculo de las pérdidas y ganancia energéticas de un secador solar doméstico tipo gabinete

Calculation of the energy losses and gains of a cabinet type domestic solar drier

*Por Ing. Ronald Andión Torres,
Dr. José A. Suárez Rodríguez y M.Sc. Susana Fonseca Fonseca
Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES), Santiago de Cuba, Cuba.
e-mail: ronald@cies.ciges.inf.cu*

Resumen

La energía que recibimos del Sol nos aporta inmensas posibilidades para satisfacer las necesidades energéticas de nuestro planeta. De esta forma, los daños provocados al medio ambiente por la quema de combustibles fósiles se evitarían. En el presente trabajo se describen y calculan los coeficientes locales de transferencia de calor, a través de las diferentes partes que conforman un secador solar doméstico tipo gabinete. Se determinan, además, las pérdidas totales y ganancias de este equipo, para obtener el valor de su energía útil.

Palabras clave: Secado solar, secador solar doméstico, transferencia de calor.

Abstract

The energy we receive from the sun greatly contributes to meet our energy needs at planetary scale. This would be the way to avoid the damages caused to the environment due to the burning of fossil fuels. The present paper describes and calculates the local coefficients of heat transfer, through the different parts that conforms a cabinet type domestic solar drier. Besides, the total losses and gains of this equipment determined in order to get the value of its useful energy.

Keywords: Solar drying, domestic solar drier, heat transfer.

Introducción

La aplicación del secado solar al aire libre es una de las técnicas más antiguas para la conservación de los alimentos, pero esta aplicación tiene varias desventajas debido a que el producto está a expensas de los factores climáticos, como el viento, la lluvia, el polvo; así como a la posibilidad de contaminación del producto por animales e insectos.

La manera de superar esos problemas se logra aplicando un conjunto de equipos, procesos y técnicas que reciben el nombre de secado solar térmico.

Utilizar esas técnicas supone el empleo de equipos que permiten aprovechar la radiación solar y al mismo tiempo preservar los productos de la descomposición debido al contenido de humedad que presentan y, al mismo tiempo, protegerlos de las condiciones climáticas, así como de los animales. Por otra parte, si se conocen cómo se producen las pérdidas en los equipos

solares, es posible trabajar para minimizarlas y así obtener rendimientos térmicos más elevados, para poder mejorar los diseños de estos equipos. Es por esto que en el presente trabajo se calculan las pérdidas energéticas, así como la ganancia del equipo, para después obtener la energía útil. Descripción y funcionamiento del equipo

Como en cualquier secador solar, el principio de funcionamiento se basa en el efecto invernadero.

El equipo está compuesto por una cubierta de cristal y una superficie captadora (chapa metálica ennegrecida), y sus paredes son de madera, pintadas con pintura epóxica, garantizando así el aislamiento térmico y el aumento de la vida útil del secador (Fig. 1).



Fig. 1. Secador solar de hollejo de naranja.

Al inicio del proceso el aire penetra al interior de la cámara de secado por un agujero que presenta en cada lateral el agente secante (aire), que al hacer contacto con el producto (colocado en dos bandejas fabricadas de malla metálica una encima de la otra), es extraída cierta cantidad de humedad. El aire, después de aumentar su temperatura y humedad en el interior de la cámara, es evacuado al ambiente por los agujeros de salida que están ubicados en la parte superior de la pared trasera, y de esta forma se produce el proceso de secado.

Desarrollo de los cálculos

Coefficiente integral de transferencia de calor entre el aire de la cámara y el ambiente por la pared lateral ($l = 0,584 \text{ m}$).

$$U1 = 1 / \left[\left(\frac{1}{h1.1} \right) + \left(\frac{\delta1}{\lambda1} \right) + \left(\frac{1}{(h1.2 + h1.3)} \right) \right] \quad (1)$$

Donde:

$h_{1.1}$: Coeficiente de transferencia de calor por convección entre el aire de la cámara y la pared lateral (W/m²K).

$[\delta]$: Espesor de la pared (0,015 m).

$[\lambda]$: Conductividad térmica de la pared (madera) (0,12 W/mK) [Tabla A.8, Incropera, 2001].

$h_{1.2}$: Coeficiente de transferencia de calor por convección entre la pared lateral y el ambiente (W/m²K).

$h_{1.3}$: Coeficiente de transferencia de calor por radiación entre la pared lateral y el ambiente (W/m²K).

Cálculo de $h_{1.1}$:

$$h_{1.1} = \frac{Nu \cdot \lambda}{l}$$

$$Nu = c(Gr \cdot Pr)^n \quad \text{[(Ec. 3.1), Mikheyev]}$$

$$T_m = T_f + T_p / 2$$

Donde:

T_f : Temperatura del fluido igual a 40 °C = 313 K

T_p : Temperatura de la pared igual a 38 °C = 311 K

$T_m = 39$ °C = 312 K

Con la temperatura media del aire buscamos las propiedades del fluido [Tabla 9, Sukomiel, 1977].

$$\lambda = 2.76 \cdot 10^{-2} \text{ W/mK}, \quad \nu = 24.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, \quad Pr = 0.699, \quad \beta = 3.20 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$Gr = g \cdot \beta \cdot (T_f - T_p) \cdot l^3 / \nu^2 \Rightarrow Gr = 9.81 \cdot 3.20 \cdot 10^{-3} (313 - 311) \cdot 0.584^3 / (24.3 \cdot 10^{-6})^2$$

$$Gr \cdot Pr = 211775139 \cdot 0.699 \Rightarrow Gr \cdot Pr = 148030822 = 1 \cdot 10^8$$

Tabla 1. Fundamentos de la transferencia de calor [Mikheyev]

$Gr \times Pr$	c	n
$1 \times 10^3 - 5 \times 10^2$	1,18	1/8
$5 \times 10^2 - 2 \times 10^7$	0,54	1/4
$2 \times 10^7 - 1 \times 10^{13}$	0,135	1/3

De la tabla 3.1 se toman los valores de $c = 0,54$ y $n = 0,25$, por lo que:

$$Nu = 0.54(14803082.22)^{0.25} \Rightarrow Nu = 33.50$$

$$h_{1.1} = \frac{33.50 \cdot 2.76 \cdot 10^{-2}}{0.584} \Rightarrow h_{1.1} = 1.58 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Cálculo de $h_{1.2}$:

$$h_{1.2} = 5.7 + 3.8 \cdot \alpha, \quad \text{[Duffie, 1991]}$$

Donde:

v_a : Velocidad del viento igual a 2 m/s.

$$\underline{h_{1.2} = 13.3 \text{ W/m}^2 \text{ K}}$$

Cálculo de $h_{1.3}$:

$$h_{1.3} = \xi \cdot \sigma \cdot (T_s + T_a)(T_s^2 + T_a^2)$$

ξ : Emisividad de la madera (0,82-0,92) [Tabla A.8, Incropera. 2001].

σ : Constante de Stefan Boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$).

T_s : Temperatura de la superficie igual a $32 \text{ }^\circ\text{C} = 305 \text{ K}$.

T_a : Temperatura ambiente igual a $30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$.

$$h_{1.3} = 0.88 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot (305 + 303)(305^2 + 303^2) \Rightarrow \underline{h_{1.3} = 5.61 \text{ W/m}^2 \text{ K}}$$

Sustituyendo en (1), se obtiene:

$$U_1 = 1/[(1/1.58) + (0.015/0.12) + (1/(13.3 + 5.61))]$$

$$\underline{\underline{U_1 = 1.24 \text{ W/m}^2 \text{ K}}}$$

Coficiente integral de transferencia de calor entre el aire de la cámara y el ambiente por el fondo

($l = 0,140 \text{ m}$)

$$U_2 = 1/[(1/h_{2.1}) + (\delta_2/\lambda_2) + (1/(h_{2.2} + h_{2.3}))] \quad (2)$$

Donde:

$h_{2.1}$: Coeficiente de transferencia de calor por convección entre el aire de la cámara y el fondo ($\text{W/m}^2 \text{ K}$).

$[\delta_2]$: Espesor de la pared (0,15 m).

$[\lambda_2]$: Conductividad térmica de la pared (madera) (0,12 W/mK).

$h_{2.2}$: Coeficiente de transferencia de calor por convección entre el fondo y el ambiente ($\text{W/m}^2 \text{ K}$).

$h_{2.3}$: Coeficiente de transferencia de calor por radiación entre el fondo y el ambiente ($\text{W/m}^2 \text{ K}$).

Cálculo de $h_{2.1}$:

Con las mismas propiedades del fluido, calculamos Gr :

$$Gr = g \cdot \beta \cdot (T_f - T_p) \cdot l^3 / \nu^2 \Rightarrow Gr = 9.81 \cdot 3.20 \cdot 10^{-3} (313 - 311) \cdot 0.140^3 / (24.3 \cdot 10^{-6})^2$$

$$Gr \cdot Pr = 29175650 \cdot 0.699 \Rightarrow Gr \cdot Pr = 20393779 = 2 \cdot 10^5$$

$$Nu = 0.54(203937.79)^{0.25} \Rightarrow Nu = 11.48$$

$$h_{2.1} = \frac{11.48 \cdot 2.76 \cdot 10^{-2}}{0.140} \Rightarrow \underline{h_{2.1} = 2.26 \text{ W/m}^2 \text{ K}}$$

Cálculo de $h_{2.2}$:

$$h_{2.2} = 5.7 + 3.8 \cdot va$$

$$\underline{h_{2.2} = 13.3 \text{ W/m}^2 \text{ K}}$$

Cálculo de $h_{2.3}$:

$$h_{2.3} = \xi \cdot \sigma \cdot (T_s + T_a) (T_s^2 + T_a^2)$$

$$h_{2.3} = 0.88 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot (305 + 303) (305^2 + 303^2) \Rightarrow \underline{h_{2.3} = 5.61 \text{ W/m}^2 \text{ K}}$$

Sustituyendo en (2), se obtiene:

$$U_2 = 1 / [(1/2.26) + (0.015/0.12) + (1/(13.3 + 5.61))]$$

$$\underline{\underline{U_2 = 1.62 \text{ W/m}^2 \text{ K}}}$$

Coeficiente integral de transferencia de calor entre el aire de la cámara y el ambiente por la pared trasera ($l = 0,500 \text{ m}$)

$$U_3 = 1 / [(1/h_{3.1}) + (\delta_3/\lambda_3) + (1/(h_{3.2} + h_{3.3}))] \quad (3)$$

Donde:

$h_{3.1}$: Coeficiente de transferencia de calor por convección entre el aire de la cámara y la pared trasera ($\text{W/m}^2\text{K}$).

$[\delta_3]$: Espesor de la pared (m).

$[\lambda_3]$: Conductividad térmica de la pared (madera) (W/mK).

$h_{3.2}$: Coeficiente de transferencia de calor por convección entre la pared trasera y el ambiente ($\text{W/m}^2\text{K}$).

$h_{3.3}$: Coeficiente de transferencia de calor por radiación entre la pared trasera y el ambiente ($\text{W/m}^2\text{K}$).

Cálculo de $h_{3.1}$:

$$Gr = g \cdot \beta \cdot (T_f - T_p) \cdot l^3 / \nu^2 \Rightarrow Gr = 9.81 \cdot 3.20 \cdot 10^{-3} (313 - 311) \cdot 0.500^3 / (24.3 \cdot 10^{-6})^2$$

$$Gr \cdot Pr = 132906560 \cdot 0.699 \Rightarrow Gr \cdot Pr = 929016918 = 9 \cdot 10^6$$

$$Nu = 0.54(9290169.18)^{0.25} \Rightarrow Nu = 29.81$$

$$h_{3.1} = \frac{29.81 \cdot 2.76 \cdot 10^{-2}}{0.500} \Rightarrow \underline{h_{3.1} = 1.64 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Cálculo de $h_{3.2}$:

$$\underline{h_{3.2} = 13.3 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Cálculo de $h_{3.3}$:

$$h_{3.3} = \xi \cdot \sigma \cdot (T_s + T_a)(T_s^2 + T_a^2)$$

$$h_{2.3} = 0.88 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot (305 + 303)(305^2 + 303^2) \Rightarrow \underline{h_{2.3} = 5.61 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Sustituyendo en (3), se obtiene:

$$U_3 = 1/[(1/1.64) + (0.015/0.12) + (1/(13.3 + 5.61))]$$

$$\underline{U_3 = 1.27 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Coeficiente integral de transferencia de calor entre el aire de la cámara y el ambiente por la cubierta (l= 0,100 m)

$$U_4 = 1/[(1/h_{4.1}) + (\delta_4/\lambda_4) + (1/(h_{4.2} + h_{4.3}))] \quad (4)$$

Donde:

$h_{4.1}$: Coeficiente de transferencia de calor por convección entre el aire de la cámara y la cubierta de vidrio ($\text{W/m}^2\text{K}$).

$[\delta_4]$: Espesor del vidrio (0,004 m).

$[\lambda_4]$: Conductividad térmica del vidrio (1,4 W/mK).

$h_{4.2}$: Coeficiente de transferencia de calor por convección entre la cubierta y el ambiente ($\text{W/m}^2\text{K}$).

$h_{4.3}$: Coeficiente de transferencia de calor por radiación entre la cubierta y el ambiente ($\text{W/m}^2\text{K}$).

Cálculo de $h_{4.1}$:

$$Gr = g \cdot \beta \cdot (T_f - T_p) \cdot l^3 / \nu^2 \Rightarrow Gr = 9.81 \cdot 3.20 \cdot 10^{-3} (313 - 311) \cdot 0.100^3 / (24.3 \cdot 10^{-6})^2$$

$$Gr \cdot Pr = 10632525 \cdot 0.699 \Rightarrow Gr \cdot Pr = 7432135 = 7 \cdot 10^4$$

$$Nu = 0.54(74321.35)^{0.25} \Rightarrow Nu = 8.92$$

$$h_{4.1} = \frac{8.92 \cdot 2.76 \cdot 10^{-2}}{0.100} \Rightarrow \underline{h_{4.1} = 2.46 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Cálculo de $h_{4.2}$:

$$h_{4.2} = 5.7 + 3.8 \cdot \nu a$$

$$\underline{h_{4.2} = 13.3 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Cálculo de $h_{4.3}$:

$$h_{4.3} = \xi \cdot \sigma \cdot (T_s + T_a)(T_s^2 + T_a^2)$$

Donde:

ξ : Emisividad del vidrio (0,93) [Tabla A.3, Incropera, 2001].

$$h_{4.3} = 0.93 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot (305 + 303)(305^2 + 303^2) \Rightarrow \underline{h_{4.3} = 5.93 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Sustituyendo en (4), se obtiene:

$$U_4 = 1/[(1/2.46) + (0.004/1.4) + (1/(13.3 + 5.93))]$$

$$\underline{\underline{U_4 = 2.17 \text{ W/m}^2\text{K}}}$$

Coefficiente integral de transferencia de calor entre el aire de la cámara y el ambiente por la pared frontal (l= 0,500 m)

$$U_5 = 1/[(1/h_{5.1}) + (\delta_5/\lambda_5) + (1/(h_{5.2} + h_{5.3}))] \quad (5)$$

Donde:

$h_{5.1}$: Coeficiente de transferencia de calor por convección entre el aire de la cámara y la cubierta de vidrio (W/m²K).

$[\delta_5]$: Espesor del vidrio (0,004 m).

$[\lambda_5]$: Conductividad térmica del vidrio (1,4 W/mK).

$h_{5.2}$: Coeficiente de transferencia de calor por convección entre la cubierta y el ambiente (W/m²K).

$h_{5.3}$: Coeficiente de transferencia de calor por radiación entre la cubierta y el ambiente (W/m²K).

Cálculo de $h_{5.1}$:

$$Gr = g \cdot \beta \cdot (T_f - T_p) \cdot l^3 / \nu^2 \Rightarrow Gr = 9.81 \cdot 3.20 \cdot 10^{-3} (313 - 311) \cdot 0.500^3 / (24.3 \cdot 10^{-6})^2$$

$$Gr \cdot Pr = 1329065 \cdot 1 \cdot 0.699 \Rightarrow Gr \cdot Pr = 929016918 = 9 \cdot 10^6$$

$$Nu = 0.54(9290169.18)^{0.25} \Rightarrow Nu = 29.81$$

$$h_{5.1} = \frac{29.81 \cdot 2.76 \cdot 10^{-2}}{0.500} \Rightarrow \underline{h_{5.1} = 1.64 W / m^2 K}$$

Cálculo de $h_{5.2}$:

$$\underline{h_{5.2} = 13.3 W / m^2 K}$$

Cálculo de $h_{5.3}$:

$$h_{5.3} = \xi \cdot \sigma \cdot (T_s + T_a)(T_s^2 + T_a^2)$$

$$h_{5.3} = 0.88 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot (305 + 303)(305^2 + 303^2) \Rightarrow \underline{h_{5.3} = 5.61 W / m^2 K}$$

Sustituyendo en (5), se obtiene:

$$U_5 = 1 / [(1/1.64) + (0.015/0.12) + (1/(13.3 + 5.61))]$$

$$\underline{U_5 = 1.27 W / m^2 K = U_3}$$

Cálculo de las pérdidas del equipo

Pérdidas = (Coeficientes de transferencia de calor) x (Área de incidencia) x (Temperatura)

Tabla 2. Valores de los coeficientes de transferencia de calor, áreas donde inciden y la diferencia de temperatura entre el interior del equipo y el ambiente

Coeficientes de transferencia de calor, W/m ² K	Áreas de incidencia, m ²	Temperatura, K	Pérdidas, W
Coeficiente de transferencia de calor por el lateral ($U_1 = 1,24$)	0,18	10	2,23
Coeficiente de transferencia de calor por el fondo ($U_2 = 1,62$)	0,30	10	4,86
Coeficiente de transferencia de calor por la parte trasera ($U_3 = 1,27$)	0,24	10	3,05
Coeficiente de transferencia de calor por la cubierta ($U_4 = 2,17$)	0,27	10	5,86

Coeficiente de transferencia de calor por el frente ($U5 = 1,27$)	0,16	10	2,03
---	------	----	------

Cálculo de las pérdidas totales del equipo

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 2,23 + 4,86 + 3,05 + 5,86 + 2,03 = 18,03 \text{ W}$$

Cálculo de la ganancia del equipo

$$Q_{inc} = H \cdot A$$

Donde:

Q_{inc} : Energía incidente en la cubierta del secador.

H : Radiación en un día típico del mes de septiembre.

A : Área de la cubierta de vidrio.

$$Q_{inc} = 783,28 \text{ W/m}^2 \cdot 0,27 \text{ m}^2 = 211,49 \text{ W}$$

$$Q_{ent} = \tau_v \cdot Q_{inc}$$

Donde:

Q_{ent} : Energía que penetra al interior del secador.

τ_v : Transmisividad del vidrio.

α_v : Absorbencia del vidrio.

ρ_v : Reflectividad del vidrio.

$$Q_{ent} = (1 - \alpha_v - \rho_v) \cdot Q_{inc}$$

$$Q_{inc} = (1 - 0,05 - 0,05) \cdot 211,49$$

$$\underline{\underline{Q_{ent} = 190,34 \text{ W}}}$$

Cálculo de la energía útil del equipo

$$\text{Energía útil} = \text{Ganancias} - \text{Pérdidas} = 190,34 - 18,03 \text{ W} = 172,31 \text{ W}$$

Conclusiones

En el trabajo se han calculado los coeficientes de transferencia de calor de un secador solar tipo gabinete, para determinar sus pérdidas energéticas.

- Como es de esperar, el valor de pérdida más alto es por la cubierta de vidrio (5,86 W), ya que presenta un grosor de 4 mm y una conductividad térmica de 1,4 W/m²K, comparado con la madera que tiene un espesor de 15 mm y una conductividad térmica de 0,12 W/m²K.
- El valor total de las pérdidas obtenidas fue de 18,03 W.
- Según los cálculos realizados, se obtuvo una ganancia de 190,94 W y finalmente la energía útil del secador es de 172,31 W.

Bibliografía

- BERGUES RICARDO, C., ET AL. "Secador solar doméstico con materiales de la construcción", en Revista Tecnología Química, No. 3, 1992.
- BÉRRIZ PÉREZ, L., ET AL. Secador solar multipropósito. La Habana: 1991.
- CARNERO FONSECA, R.; G. IBAÑEZ DUHARTE Y A. TORRES TEN. "Secador solar rotatorio", en Revista Solar, México, No. 29, 1994.
- CARNERO FONSECA, R.; G. IBAÑEZ DUHARTE, A. TORRES TEN Y L. BÉRRIZ. "Caracterización térmica del prototipo experimental de secador solar de saccharina", en Revista Solar, No. 27, México, 1994.
- CARNERO FONSECA, R.; L. BÉRRIZ PÉREZ, G. DUHARTE Y A. TORRES TEN. "Secador solar de saccharina rústica. Prototipo experimental", en Revista Tecnología Química, No. 3, 1992.
- DUFFIE, J. A. AND W. A. BECKMAN. Solar Engineering of Thermal Processes. Second Edition. New York: Mc Graw-Hill, Inc., 1991.
- INCROPERA, F. P. DE WITT. Fundamental of Heat and Mass Transfer 1. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- ISACHENKO, ET AL. Transmisión de calor, t. 1, cap. 2, 8, y 9. La Habana: Ed. Pueblo y Educación, 1984. KRASNOSCHIOKOV, E. A. Problemas de termotransferencia. Moscú: Ed. MIR, 1977.
- MIKHEYEV, M. Fundamentals of Heat Transfer. Moscú: Ed. MIR.
- TORRES T., ALONSO, SUSANA FONSECA F., JORGE ABDALA R. Y JOEL PANTOJA E. "Análisis térmico del secador solar de tambor rotatorio para granos", en Memorias de la Convención Internacional CIEMA 2003. Cuba: 2003.
- TORRES TEN, A. Y V. FERRO FERNÁNDEZ. "Situación del secado solar en Cuba. A la luz de criterios integrales para su uso extendido", en IX Congreso Ibérico de Energía Solar. Córdoba. España: 2000.
- Torres Ten, A., S. Fonseca Fonseca, J. Abdala Rodríguez, J. Pantoja Enríquez, G. Ibañez Duharte, G. y C. Bergues Ricardo. "Conservación de productos con mínimo costo ambiental, generalización de una tecnología limpia". Ponencia en el I Encuentro Caribeño de Energía y Medio Ambiente. Cienfuegos: 1997.

Análisis preliminar de la variable estado del tiempo presente para cuatro estaciones relacionadas con el desarrollo eólico en Cuba

Preliminary analysis of the present weather conditions variable for four stations related to the development of wind energy in Cuba

*Por Lourdes Álvarez Escudero, Israel Borrajero Montejo,
Rosendo Álvarez Morales y Laura Aenlle Ferro
Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología (INSMET), Cuba.
e-mail: lourdes.alvarez@insmet.cu*

Resumen

A partir de los registros trihorarios de la variable *estado del tiempo* presente para cuatro estaciones relacionadas con el desarrollo eólico en Cuba, se realizó un estudio de diferentes fenómenos meteorológicos significativos, especificando para cada uno su marcha diaria y anual. El análisis mostró una diferencia espacial marcada entre las estaciones de Nuevitas y Punta Lucrecia, donde abundan los cielos despejados, y Puerto Padre y Velasco, donde abundan las brumas. Los fenómenos más significativos son los cielos despejados y las brumas, seguidos por las nieblas, los relámpagos y las tormentas eléctricas, y los menos significativos los asociados a los chubascos, lluvias y lloviznas. Para la zona de estudio, el análisis arroja tendencia decreciente altamente significativa para las nieblas en la estación de Nuevitas, creciente altamente significativa para las observaciones de visibilidad reducida en la estación de Puerto Padre, cuatro series donde las características de la tendencia deben tratarse con reserva, dos series donde no pudo arribarse a conclusiones y el resto son homogéneas.

Palabras clave: Energía eólica, estación meteorológica, estado del tiempo.

Ab stract

From the tri-hour records of the present weather conditions variable for four stations related to the development wind energy in Cuba, it was carried out a study of different significant meteorological phenomena, specifying the daily and yearly running for each one. The analysis showed a marked spatial difference between the meteorological stations of Nuevitas and Punta Lucrecia, where cloudless skies are abundant, and Puerto Padre and Velasco, where fogs are abundant. The most significant phenomena are cloudless skies and fogs, followed by hazes, the lightning and electric storms, and the least significant the ones associated to rainstorms, rains and drizzles. For the surveyed area, the results were: a highly significant decreasing tendency for the fogs in Nuevitas station, a highly significant increase in observations of reduced visibility in Puerto Padre station, four series where the characteristics of the tendency

should be handled with reserves, two series where findings did not led to

conclusions and the rest are homogenous.

Passwords: Wind energy, weather station, weather conditions

Introducción

La variable *estado del tiempo* presente refleja las observaciones con fenómenos meteorológicos significativos, como cielo despejado, nieblas, tormentas eléctricas, etc. [OMM, 1992]; sin embargo, su uso se ha concretado fundamentalmente a la determinación de días con tormentas [Alexander, 1924; WRC, 1942a; WRC, 1942b; OMM, 1956; Easterling and Robinson, 1985; Changnon, 1988, y Dai, 2001] y días con nieblas y brumas [Ward, 1925; Robert, 1969; Hardwick, 1973, y Tardif, 2004], sus marchas diarias y anuales, y su distribución espacial.

En Cuba el estudio más abarcador sobre tormentas está reflejado en el libro *El Clima de Cuba* [Lecha, *et al.*, 1994]. Sobre las nieblas y brumas en Cuba los estudios han sido magros, o al menos poco publicados. En general los más difundidos son sobre parámetros de ocurrencia, marchas diaria y anual, y distribución espacial [Sosa, Rodríguez y Hernández, 1992; Alfonso, 1980, y Alfonso y Florido, 1993].

El objetivo del presente trabajo es realizar un estudio de diferentes fenómenos meteorológicos significativos, caracterizados por la variable código de estado de tiempo presente, para cuatro estaciones meteorológicas relacionadas con el desarrollo eólico en Cuba.

Materiales y métodos

Para el estudio se utilizaron los datos trihorarios de código de tiempo presente de cuatro estaciones de la zona norte de las provincias de Las Tunas, Camagüey y Holguín.

Los datos fueron extraídos de la Base de Datos THOR, desarrollada por el Proyecto «Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia», asociado al Programa Ramal de Ciencia y Técnica «Análisis y pronóstico del tiempo y el clima terrestre y espacial», de la Agencia de Medio Ambiente (AMA). El número y nombre de las estaciones, el año de comienzo y fin de la serie de datos, la longitud de las misma, el número de datos válidos, el número de registros no medidos y no asentados, y el período donde existen mediciones de noche y madrugada (01, 04 y 22 hora local) se recogen en la tabla 1.

Como se observa en la tabla 1, todas las estaciones presentan series de más de 25 años de información, de ellas dos poseen registros desde 1970 (33 años). Los datos faltantes representan 21% de la información, principalmente los relativos a la noche y la madrugada, y menos de 2% son datos perdidos por no encontrarse los libros de asentamiento. Sólo la estación

de Velasco no posee dato alguno de noche y madrugada, y las restantes poseen períodos intermitentes, excepto Puerto Padre que posee información continua de esos horarios desde 1990.

Con respecto a la calidad de los datos, todas las series clasifican como buenas, ya que poseen 15 años o más de información, donde en casi todos los años faltan sólo los registros de noche y madrugada (información faltante de menos de 22% del total de observaciones) y, por tanto, en el caso del cálculo de tendencia las series deben ser recortadas, sobre todo en sus primeros años. A causa de la información faltante debe evaluarse la representatividad de los datos ante cada fenómeno, resaltando el tipo de horario del que es típico.

Tabla 1. Descripción de los registros de estado del tiempo presente utilizados en el estudio de las cuatro estaciones meteorológicas

A	B	C	D	E	F	G	H	I
353	Nuevitas	1970	2002	33	95 936	19 631	488	1973-1977, 1997-2002
358	Puerto Padre	1975	2002	28	81 576	11 248	240	1990-2002
365	Punta Lucrecia	1970	2002	33	93 280	8 582	3144	1975-1978, 1988-1992, 1995-2002
378	Velasco	1976	2002	27	77 216	32 463	1680	No hay

Leyenda:

A: Número de estación.

B: Nombre de la estación.

C: Año de comienzo de la serie.

D: Año final de la serie.

E: Longitud de la serie en años.

F: Número de registros válidos.

G: Número de observaciones no realizadas.

H: Número de observaciones asentadas.

I: Período(s) donde se realizaron observaciones las 24 horas (8 observaciones diarias). Para la identificación de los fenómenos se realizaron agrupaciones de códigos, según el tipo de fenómeno, quedando clasificados como «despejado», «bruma», «nieblas», «lloviznas», «lluvia», «chubascos», «relámpago», «tormentas» y «tormentas con lluvia». Para algunos análisis, en aras de ganar representatividad, se agruparon algunos fenómenos: las lloviznas, lluvias y chubascos se agruparon como lluvia, y las tormentas se trataron sólo en general y no las con lluvias en particular. Para el análisis de homogeneidad de las series se siguió la metodología dada por Sneyers [1990].

Discusión y resultados

Especificidades sobre la calidad de la información

La estación de Nuevitas (353) posee registros desde 1970, aunque fue reubicada en 1979 sin cambios apreciables para la variable en estudio. Tiene poca información diurna faltante (sólo en dos años). Aunque la información

diurna es muy completa, la de noche y madrugada presenta grandes períodos donde está totalmente ausente, por lo que hay que ser cautelosos en el tratamiento de fenómenos como el relámpago, que son fundamentalmente nocturnos.

De igual manera la información faltante para la estación de Puerto Padre (358), presenta pocos faltantes en horario diurno, con la excepción de los años entre 1975 y 1979, donde faltan como máximo 131 datos, pero hay carencia total de datos de noche y madrugada en los primeros años de la serie, a partir de 1983 falta un horario (04) y a partir de 1990 no hay faltantes, excepto noviembre de 1996 que la información no existe. De este comportamiento se sugiere, aunque se pierda puntos en la serie, realizar el análisis de tendencia de la serie, comenzar desde 1979 y ser cautelosos con los fenómenos nocturnos.

La estación de Punta Lucrecia (365) presenta faltantes tanto en horario diurno, como de noche y madrugada, en forma dispersa dentro de la serie. Hay 13 meses de los años 1974, 1979 y 1994, fundamentalmente, de los que no se poseen registros archivados. Aunque la falta de datos no debe introducir sesgo en los estudios de marcha anual y diaria, las conclusiones sobre la tendencia en la serie deben tomarse con mucha cautela y en dependencia del fenómeno.

La estación de Velasco es la que ocupa peor posición en el completamiento de sus datos. Aquí no existen mediciones de noche y madrugada en toda la serie, y hay faltante de datos diurnos hasta 1990, donde la serie es más completa. En 1976 faltan los horarios de las 16 y 19, principalmente, pero en días salteados; en 1987 faltan en todos los horarios, fundamentalmente el de las 07 en días salteados; en 1979 el horario de las 19 al final de octubre, noviembre y diciembre, de 1980 a 1987 siempre falta el horarios de las 19, y en 1987 (que es donde más faltan) falta además el horario de las 16 en julio y agosto. Hay 7 meses (fundamentalmente en 1994) que no se poseen registros archivados. Visto esto, se recomienda empezar los análisis de tendencia en 1978 y ser cautelosos al arribar a conclusiones teniendo en cuenta la falta de datos en el horario de las 19 hora local.

Aspectos generales

De un análisis de la frecuencia de ocurrencia para los 100 códigos de tiempo presente por estaciones, se constata que el mayor porcentaje de observaciones se agrupa en los códigos relativos al cielo despejado y los relativos a la visibilidad reducida, principalmente las brumas (código 5). También tienen representatividad, en menor medida, las nieblas ligeras, el relámpago visible, el trueno, los chubascos, las lluvias y varios códigos relativos a tormentas eléctricas sobre la estación.

Los cielos despejados tienen mayor ocurrencia en Punta Lucrecia, seguida por Nuevitas y menor en Puerto Padre y Velasco, aunque en este último caso esto podría deberse a la ausencia de datos en horas de la noche y la madrugada, horarios estos de gran ocurrencia del fenómeno en otras estaciones.

Con respecto a los códigos de visibilidad reducida (donde se destacan las brumas), las estaciones de Velasco y Puerto Padre son las más representativas, con porcentaje de ocurrencia por encima de 30%; mientras las estaciones de Nuevitas y Punta Lucrecia presentan porcentajes por debajo de 15%. Es de destacar 4% de códigos de visibilidad reducida, debido a humo encontrado en la estación de Nuevitas, lo que hace que los códigos relativos a bruma propiamente dicha queden en 1,5%.

Las nieblas no rebasan 15% de las observaciones para ninguna de las estaciones, con un máximo de 13% en la de Velasco y un mínimo marcado de 0,5% para Punta Lucrecia.

Las lloviznas tienen muy baja representatividad, con valores no mayores que 0,3%; sin embargo, las variaciones entre estaciones suelen ser muy marcadas. Así, la estación de Nuevitas presenta un máximo absoluto cercano a 0,25%, mientras las restantes estaciones poseen valores relativamente bajos, por debajo de 0,05%.

Con respecto a las lluvias, los valores están siempre por debajo de 2%, aunque la distribución es más pareja que para otros grupos de códigos, oscilando entre un máximo en Nuevitas de 19% (donde también son mayoritarias las lloviznas) y un mínimo en Velasco con 0,9%.

Los chubascos no sobrepasan los valores por encima de 3% con un mínimo de 0,8% para la estación de Nuevitas, que es donde más abundan las lloviznas y lluvias. El máximo de 3% se alcanza en la estación de Velasco, allí donde suelen ser mínimas las lloviznas y lluvias.

El relámpago visible no rebasa 11% del total de observaciones; un máximo absoluto se alcanza en la estación de Nuevitas (353) con 10,4%, y el mínimo en Velasco, aunque este mínimo es ficticio debido a que el relámpago visible es un código predominante de horas de noche y madrugada, y esta estación no posee mediciones regulares en esos horarios.

La zona de estudio no se caracteriza por ser una región de máximo de tormentas eléctricas en el país, sino más bien de mínimo. En la figura 1 se muestra un detalle del mapa de número de días con tormentas (nivel ceráunico) calculadas a partir de la variable código de estado de tiempo presente. Los mapas fueron extraídos de la tesis presentada por Álvarez [2006].

Para la zona en análisis los niveles ceráunicos no sobrepasan los 80 días al año con mínimos de menos de 60 días hacia la estación de Punta Lucrecia, que presenta los valores mínimos de tormentas en el país. El porcentaje de ocurrencia de observaciones con tormentas no sobrepasa 4,5%.

La distribución por estaciones para la frecuencia de ocurrencia total y de observaciones de tormentas con lluvia sobre la estación muestra un mínimo en la estación de Punta Lucrecia con valores por debajo de 2%, y el máximo en Velasco con valores por encima de 6%.

Las tormentas con lluvia sobre la estación tienen una distribución muy similar a las de las tormentas en general, pero su porcentaje de ocurrencia no sobrepasa 2% del total de observaciones. El mínimo continua estando en la estación de Punta Lucrecia con 0,6%, y el máximo en Velasco con 1,7%.

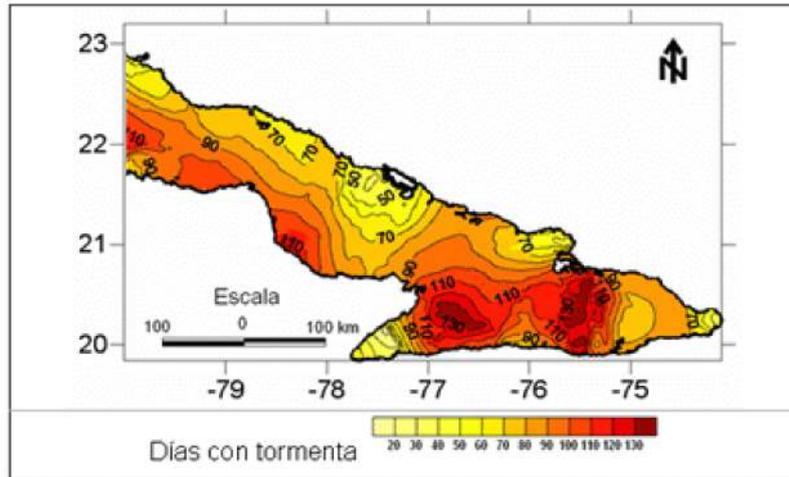


Fig. 1. Detalle del mapa de distribución espacial de días con tormenta, según Álvarez [2006].

Marcha diaria

Para el análisis de la marcha diaria se agruparon más los fenómenos: la llovizna, la lluvia y los chubascos formaron el grupo denominado «lluvia», y las tormentas eléctricas se analizaron en general, tanto los códigos relativos a la tormenta con lluvia o sin ella.

Para las estaciones donde son predominantes las brumas, los horarios de cielo despejado suelen ser los de noche y madrugada; sin embargo, en las estaciones donde el cielo despejado es predominante el fenómeno ocurre con aproximadamente la misma frecuencia en todos los horarios. En la estación 353 todos los horarios tienen marcada representación de cielos despejados fundamentalmente los de las 01, 04, 10, 13 y 16, en la estación 358 son mayoría de noche y madrugada, en la 365 abundan por la madrugada y en la estación 378 donde no hay datos de noche y madrugada el horario de mayor incidencia son las 19 hora local.

Las brumas son características para todas las estaciones de las horas de la mañana y primeras horas de la tarde. La estación 353 tiene un máximo a las 07, la 358 a las 10, la 365 entre las 10 y las 13, y la 378 a las 10 hora local. Las nieblas, sin embargo, presentan máximo de ocurrencia a las 07 hora local en todas las estaciones.

Aunque las lluvias en todas sus formas (lloviznas, lluvias o chubascos) tienen representatividad en todos los horarios, la última hora de la tarde, las horas de noche y madrugada y la primera hora de la mañana son las más favorecidas con este fenómeno, fundamentalmente el horario de las 22 hora local. La

estación 378, donde no hay registros de noche y madrugada, presenta máximos a las 10, 13 y 19, y valores más deprimidos a las 07 y 16 hora local.

El relámpago visible es en todas las estaciones en estudio característico de la última hora de la noche (19) y de horas de la noche y la madrugada (01, 04, 22 hora local). La hora de máxima ocurrencia del fenómeno es a las 22 hora local para las estaciones 358 y 365, y 19 hora local en las estaciones 353 y 378, aunque estas últimas estaciones se ven afectadas por la falta de registros de noche y madrugada.

Las tormentas eléctricas, teniendo en cuenta todos los códigos relativos a las mismas, se manifiestan fundamentalmente en horas de la tarde, y el máximo se encuentra a las 16 hora local.

Marcha anual

A lo largo del año hay una representación significativa de las frecuencias de ocurrencia en todos los meses del año para los códigos asociados al cielo despejado en cada una de las estaciones en estudio, aunque se observan valores mayores en los meses de invierno.

Para los códigos relativos a la visibilidad reducida, la distribución anual del porcentaje de ocurrencia, tiene representatividad significativa en todos los meses del año, aunque cada estación tiene sus características, en la 353 el período de mayor ocurrencia abarca de marzo a septiembre, en la 358 de enero a agosto y diciembre, en la 365 es más reducido de junio a agosto y en la 378 de marzo a agosto. Con la excepción de la 358, donde el mes de mayor preponderancia es abril, seguido por julio, en las restantes estaciones lo es el mes de julio.

Las nieblas son en general características del período poco lluvioso específicamente entre los meses de diciembre y marzo, con máximo en el mes de enero, constituyendo excepción la estación 378 donde aunque hay representatividad significativa en todos los meses del año, el período de mayor preponderancia abarca de septiembre a febrero con máximo en octubre. Este comportamiento desigual de la estación 378 puede deberse a la ausencia de datos total en horarios de noche y madrugada y faltantes en el horario diurno.

Las lloviznas, lluvias y chubascos (recogidas en el grupo general denominado lluvias) tienen un comportamiento bastante parecido en todas las estaciones. El período de máxima ocurrencia se verifica más bien en el período invernal entre octubre y febrero, con otro máximo relativo en el mes de mayo. El mes de máxima ocurrencia es para todas las estaciones noviembre. Los mínimos se agrupan de junio a agosto.

El relámpago visible muestra un comportamiento muy regular en la mayoría de las estaciones en estudio con máximos de ocurrencia entre los meses de agosto y octubre y con valor extremo en el mes de septiembre.

Constituye excepción la estación 378, que debido a su ausencia total de datos en períodos de noche y madrugada presenta un período de máxima actividad extendido de agosto a noviembre con máximo absoluto en octubre.

Las tormentas eléctricas ocurren en los meses de verano fundamentalmente entre los meses de junio y septiembre, y las distribuciones son bastante regulares para las estaciones en estudio. En todos los casos la distribución es bimodal con un mínimo relativo en el mes de julio. El mes más favorecido es septiembre en todos los casos.

Según Álvarez [2006], la distribución día a día de frecuencia de ocurrencia de días con tormenta anual para todas las estaciones en estudio presentan distribuciones bimodales, y la temporada de máxima actividad de días con tormenta es mayoritariamente larga.

La estación de Punta Lucrecia es singular por ser la que presenta los porcentajes más bajos de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas, tanto anual, como por temporadas de actividad y de número de días con tormenta, de las cuatro estaciones en estudio y de número de días con tormentas de todas las estaciones del país.

Análisis de tendencia

El análisis de tendencia arriba a pocas conclusiones ya que sólo puede precisarse que hay tendencia decreciente altamente significativa para las nieblas en la estación de Nuevitas (353) y tendencia creciente altamente significativa para las observaciones de visibilidad reducida en la estación de Puerto Padre (358). El resto de las series que muestran tendencias, sus gráficos muestran variaciones poco naturales para achacarlas a una variación natural en los fenómenos y pueden ser debidas a errores en los datos, a cambios de instrumentos o de métodos de medición, entre otros. Más de la mitad de las series en estudio son homogéneas, con un caso particular para la estación 378 donde todas las series lo son; esto puede deberse a que en aras de sortear la falta de datos la serie de análisis es corta (15 años) y no posee información de noche y madrugada.

En el caso de las tormentas eléctricas el análisis es semejante al realizado por Álvarez y colaboradores [2006], aunque hay diferencias en algunas estaciones (358 y 365) donde no puede arribarse a conclusiones, debido a que la falta de datos en horarios diurnos hizo que se recortaran las series y que se trabajó con todos los datos posibles, a diferencia del estudio mencionado que se realizó para observaciones diurnas tratando, de hacer las series lo más representativas posibles para el fenómeno.

Conclusiones y recomendaciones

Los cielos despejados tienen mayor ocurrencia en la estación de Punta Lucrecia, seguida por Nuevitas, y son menores en Puerto Padre y Velasco, y los códigos de visibilidad reducida presentan una situación contraria. La estación de Nuevitas es la única que posee registros de visibilidad reducida debidos a humo, con alrededor de 4% de las observaciones.

Las nieblas no rebasan 15% de las observaciones para ninguna de las estaciones en estudio, con un máximo de 13% en la de Velasco y un mínimo marcado de 0,5% para Punta Lucrecia.

Las lloviznas tienen muy baja representatividad, con valores no mayores que 0,3%, las lluvias están siempre por debajo de 2% y los chubascos no sobrepasan los valores por encima de 3%, con un mínimo de 0,8% para la estación de Nuevitas, que es donde más abundan las lloviznas y lluvias, y un máximo de 3% para la estación de Velasco, donde son mínimas las lloviznas y lluvias.

El relámpago visible no rebasa 11% del total de observaciones, con un máximo absoluto para la estación de Nuevitas.

Las tormentas en general y con lluvia tienen distribuciones similares, con máximos para la estación de Velasco y mínimos para la de Punta Lucrecia, que tiene los indicativos más bajos del país respecto a frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas y días con tormenta.

Para la zona de estudio en las estaciones donde predominan los códigos de visibilidad reducida, el cielo despejado es característico de la madrugada y en las restantes tienen una distribución pareja para todos los horarios, las brumas son características de la mañana y primeras horas de la tarde, las nieblas ocurren en su mayoría a las 07 hora local, el relámpago visible es característico de la noche y la madrugada, las lluvias tienen representatividad en todos los horarios y las tormentas eléctricas de las últimas horas de la tarde con máximo a las 16 hora local.

Las observaciones de cielo despejado son más significativas en invierno, aunque abundan en todo el año. Los registros de visibilidad reducida presentan máximo en julio con períodos de máxima ocurrencia de variables en extensión alrededor de ese mes y las nieblas ocurren fundamentalmente en el período poco lluvioso y su mes más preponderante es enero. Las lloviznas, lluvias y chubascos tienen mayor ocurrencia en el período invernal y su mayor ocurrencia es en noviembre. El relámpago visible es característico de los meses de verano, con máximo en septiembre y las tormentas eléctricas de mayo a octubre, con máximos en septiembre, observándose una distribución bimodal de la frecuencia de ocurrencia del fenómeno para las estaciones en estudio.

Los análisis de tendencia son muy sensibles a la ausencia de datos. Para la zona de estudio el análisis arroja tendencia decreciente altamente significativa para las nieblas en la estación de Nuevitas, creciente y altamente significativa para las observaciones de visibilidad reducida en la estación de Puerto Padre, cuatro series donde las características de la tendencia deben tratarse con reserva, dos series donde no pudo arribarse a conclusiones y el resto son homogéneas.

Se recomienda realizar un trabajo de completamiento o estimación de la información faltante en las estaciones más afectadas por esta carencia para reconsiderar el análisis de tendencia de las series relativas a algunos tipos de fenómenos.

Bibliografía

- ALEXANDER, W. H. «Distribution of thunderstorms in the United States», *Monthly Weather Review*, vol. 52, no. 7, pp. 337-348, 1924.
- ALFONSO, A. P. «Descripción preliminar de las condiciones en Isla de la Juventud», Informe Científico Técnico, no. 134, Instituto de Meteorología, 1980. 25 pp.
- ALFONSO, A. P. Y A. Florido. *El clima de Matanzas*. La Habana: Ed. Academia, 1993. 113 pp.
- ÁLVAREZ, L. «Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia». Tesis presentada en opción del grado de Doctor en Ciencias Meteorológicas, UDICT, Instituto de Meteorología, 2006. 149 pp.
- ÁLVAREZ, L.; I. FORRAJERO Y R. ÁLVAREZ. «Análisis de la tendencia de las series de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, de tormentas con lluvia y de días con tormenta para el territorio cubano», en *Revista Cubana de Meteorología*, vol. 13, no. 1, pp. 83-94, 2006.
- CHANGNON, S. A. «Climatology of Thunder Events in the Conterminous United States. Part II: Spatial Aspects», *Journal of Climate*, vol. 1, no. 4, pp. 399-405, 1988.
- DAI, A. «Global Precipitation and Thunderstorm Frequencies. Part I: Seasonal and Interannual Variations», *Journal of Climate*, vol. 14, no. 6, pp. 1092-1111, 2001.
- EASTERLING, D. R. AND P. J. ROBINSON. «The Diurnal Variation of Thunderstorm Activity in the United States», *Journal of Applied Meteorology*, vol. 24, no. 10, pp. 1048-1058, 1985.
- HARDWICK, W. C. «Monthly Fog Frequency in the Continental United States», *MWR*, vol. 101, no. 10, pp. 763-766, 1973.
- LECHA, L. B.; L. R. PAZ Y B. LAPINEL, eds. *El clima de Cuba*. La Habana: Ed. Academia, 1994. 186 pp.
- OMM. «World Distribution Thunderstorm Days», WMO No. 21, TP 21, 71 pp., 1956.
- OMM. *Manual de Claves*. Documento No. 306. vol. 1, Parte A, Claves Alfanuméricas, 1992.
- ROBERT, L. P. «Heavy-fog regions in the conterminous United States», *MWR*, vol. 97, no. 2, pp. 116-123, 1969.
- SNEYERS, R. «On the statistical analysis of series of observations», Technical Note No. 143, WMO-No. 415, 1990. 192 pp.

SOSA, M.; O. RODRÍGUEZ Y R. HERNÁNDEZ. «Las nieblas en las provincias habaneras», en *Revista Cubana de Meteorología*, vol. 5, no. 2, pp. 28-34, 1992.

Tardif, R. «Characterizing fog occurrences in the north-eastern United States using historical data», 11th Conference on Aviation, Range and Aerospace Meteorology, American Meteorological Society, Hyannis, Massachusetts, USA, October 2004. http://ams.confex.com/ams/11aram22sls/techprogram/paper_81650.htm, 2004.

Ward, R. D. *The Climates of the United States*. Ginn and Co., Boston, 1925. 528 pp.

WRC. «Climate and Weather of Southeast Asia. Part I. India, Burma and Southern China», Publications of the Weather Research Center, vol. V, no. 3, 130 pp., 1942a.

WRC. «Climate and Weather of the West Coast of Africa and the Eastern Atlantic Islands», Publications of the Weather Research Center, vol. II, no. 3, 40 pp., 1942b.

Eco Solar es una publicación científica electrónica trimestral para los especialistas de las fuentes renovables de energía. Se dedica a la promoción de temas relacionados con la energética, las energías alternativas, la física ambiental, la arquitectura bioclimática, el impacto sobre el medio ambiente la educación ambiental, la termoconversión, la eficiencia energética, y las energías de origen hidráulico, fotovoltaico, eólico, solar, biomasa y ciencias relacionadas.

DIRECTOR GENERAL:

Dr. Luis Bérriz Pérez.

DIRECTOR:

Lic. Manuel Álvarez
González.

EDITOR:

Lic. Alejandro Montecinos
Larrosa.

CORRECCIÓN:

M Sc. Roberto Manzano
Díaz.

Ing. Jorge Santamarina

DISEÑO ELECTRÓNICO:

D.I. Antonio Romillo Polaino.

TRADUCCIÓN:

Lic. Lázaro O´Farril Lazo.

CONSEJO ASESOR:

Dr. Luis Hernández (Energía fotovoltaica)

Dr. Conrado Moreno Figueredo (Energía
eólica)

Lic. Bruno Henríquez Pérez (Física
ambiental)

Dr. Jorge Luis Paretas (Energía hidráulica)

Dr. Dania González Couret (Arquitectura
bioclimática)

Dr. Jorge Guardado (Biomasa)

Dr. Sergio Corp Linares (Energía solar
térmica)

Lic. Leonor Turtós Carbonell (Impacto
ambiental)

Lic. Alejandro Montecinos Larrosa (Energía
humana)

Lic. Ricardo Bérriz Valle (Educación
ambiental)



**SOCIEDAD CUBANA PARA LA PROMOCIÓN
DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA Y EL RESPETO
AMBIENTAL**

Calle 20 no. 4113, esquina a 47, Miramar, Playa,
Ciudad de La Habana, Cuba. Código Postal: 11300.

Teléfono: (537) 205-9949.

Apartado postal: 6611, CP: 10600, Ciudad de La Habana, Cuba.

e-mail: editora@cubasolar.cu

<http://www.cubasolar.cu>