



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Innovación en las facultades de ingeniería:
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



CENTRO EXPERIMENTAL DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA EN ENERGÍAS RENOVABLES PARA EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

Yaneth Romero Álvarez, Fernando Calvo Silva

**Universidad Pontificia Bolivariana
Montería, Colombia**

Resumen

El Centro Experimental de Enseñanza, Investigación y Transferencia en Energías Renovables para el Departamento de Córdoba, busca establecer medios adecuados de implementación de proyectos conjuntos, comunicación y de enseñanza a las instituciones y/o comunidades en el Departamento de Córdoba que carecen de energía o que requieren asesorías para el aprovechamiento de los recursos disponibles para la generación de energía, partiendo de la concientización en el ahorro energético y el uso racional de la energía, buscando la mitigación del impacto del cambio climático, el bienestar de las comunidades y el aumento de la eficiencia energética en los procesos productivos de la región. Los avances del Centro en el presente proyecto tuvieron como alcance el desarrollo de una auditoría energética en la Universidad Pontificia Bolivariana en sectores estratégicos para la toma de decisiones como punto de partida para la implementación de soluciones y así disminuir los consumos energéticos de la red convencional, generando modelos propios de enseñanza del Centro experimental.

Abstract

The Experimental Centre for Education, Research and Technology Transfer Renewable Energy for the Department of Córdoba, seeks to establish adequate means of implementation of joint projects, communication and education institutions and / or communities in the Department of Córdoba lacking energy or require advice for the use of available resources for power generation, based on the awareness on energy saving and rational use of energy, looking mitigating the impact of climate change, the welfare of communities and increasing energy efficiency in production processes in the region. Advances Center in this project were scoped to the development of an energy

audit at the Universidad Pontificia Bolivariana in strategic sectors for decision-making as a starting point for implementing solutions and thus reduce the energy consumption of the conventional network, generating own models of experimental teaching center.

1. Introducción

Las energías alternativas, también llamadas renovables, son aquellas que aprovechan directamente los recursos considerados inagotables como el sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor interior de la tierra. Colombia y en especial el Departamento de Córdoba tienen un gran potencial en la generación de este tipo de energías por su posición geográfica.

La energía es indispensable para el continuo desarrollo humano y el crecimiento económico. De hecho, la vida no es sino un proceso permanente de la conversión y transformación de energía. Sin embargo, la producción de energía, transformación y su uso siempre generan subproductos no deseados y emisiones de gases que están afectando el planeta.

Conscientes de ello, y a razón de la Ley 1715 de 2014, en el Departamento de Córdoba, y en particular en la Universidad Pontificia Bolivariana, se ha dado inicio a un proceso de investigación y transferencia en Energías Renovables que contribuya a la solución de las problemáticas ambientales y socio-económicas de generación de energía eléctrica que se vienen generando a nivel nacional, partiendo del hecho que el departamento de Córdoba y en especial su capital Montería, cuentan con un gran potencial en Intensidad Lumínica Solar presente en un 75% de los 365 días del año, lo cual lo convierte en una de las tasas más altas del país, valores necesarios para el desarrollo de proyectos en este campo de vanguardia.

2. Planteamiento del problema

En el panorama mundial se prevé un alza en el consumo de energía debido al crecimiento de la población, al aumento de la calidad de vida y a la progresiva industrialización de los países en desarrollo como es el caso de Colombia. Este aumento desmesurado de consumo de energía y su alto impacto en el medio ambiente tiene grandes repercusiones en el cambio climático y en el aprovechamiento y distribución de los recursos naturales. En un mundo en constante crecimiento demográfico y con graves problemas de desigualdad y pobreza, es importante aumentar la eficiencia en la generación, distribución y uso de la energía, de tal modo que con menor gasto de recursos se pueda beneficiar a una mayor población (International Energy Agency, 2008).

Las energías renovables como alternativas a las tradicionales fuentes de energía, permiten abrir paso a soluciones de fondo en el objetivo mundial del Desarrollo sostenible. El planeta comienza a sufrir los desgastes de los procesos productivos del hombre, el acceso a sistemas energéticos es cada vez más costoso y la concentración de gases efecto invernadero en la atmósfera influye cada vez más en el clima. Las energías

renovables son una solución a este daño, ya que estimulan el crecimiento económico sostenible y la creación de empleo, pero permiten una protección proactiva del ambiente mitigando los daños.

El aumento en el costo del consumo eléctrico y la escasa de calidad del servicio en el departamento de Córdoba, hacen latente la necesidad de implementar estrategias que conlleven a la utilización de energías renovables como es el caso de unidades fotovoltaicas que ayuden a bajar la facturación y mejora de los servicios públicos. Así mismo, la implementación de alternativas que permitan el ahorro del agua, tal como es el bombeo con unidades fotovoltaicas que reemplacen el bombeo eléctrico o mecánico.

Este proyecto busca generar conciencia en el cuidado de los recursos y de su preservación para las futuras generaciones. El alcance va desde la implementación de estrategias educativas en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería, que permitan influir en la comunidad académica, en la concientización de ahorro energético y del agua, así como la propuesta de proyectos en conjunto con la empresa privada y los entes gubernamentales para la implementación de sistemas de generación de energía mediante fuentes renovables, especialmente en aquellas comunidades que hoy día aún no se encuentran interconectadas. Sin embargo, un primer avance del proyecto consta de actividades desarrolladas con estudiantes en las que se realizaron diagnósticos energéticos de algunos sectores del campus universitario para posteriormente establecer estrategias que propendan por la eficiencia energética y por el uso de fuentes alternas de energía.

3. Objetivo

Crear un Centro Experimental de Enseñanza, Investigación y Transferencia en Energías Renovables en el Departamento de Córdoba que permita el estudio del mapa energético la región, la compra de tecnología, la transferencia y la contextualización de know how de las energías renovables y su aplicación en la región de Córdoba.

3.1 Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar estrategias educativas en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería, que permitan influir en la comunidad académica, en la concientización de ahorro energético y del agua, así como también el reemplazo de fuentes de energías en algunos sitios estratégicos por energías renovables.
- Establecer diagnósticos y modelos de aprovechamiento energético en Instituciones y comunidades de impacto social de la Universidad y hacer transferencia de conocimiento a este público objetivo.
- Convertir el laboratorio de energías renovables de la UPB en centro de transferencia y experimentación de los estudiantes y de líderes de las instituciones y comunidades que requieran el conocimiento del uso de fuentes alternas de energía y dar inicio a proyecto de investigación en conjunto con la empresa privada y los entes gubernamentales.

4. Panorama de la Energía en Córdoba

Córdoba se encuentra ubicada cercana al Ecuador, en la parte noroccidental de Colombia a los 7° 22' y 9° 26' de latitud norte y a los 74° 47' y 76° 30' de longitud al oeste de Greenwich. Tiene una superficie de 23.980 km². Representa aproximadamente el 60% de la superficie total del departamento y está formada por la gran llanura del Caribe. La llanura comprende la región conocida como las Sabanas de Córdoba, herencia histórica de las antiguas Sabanas de Bolívar, así como la zona costera, que se extiende por 124 kilómetros entre los municipios de Los Córdobas y San Antero. Esta zona posee elevaciones que no superan los 100 msnm y alberga los valles aluviales de los ríos Sinú, San Jorge y el área costera (Gobernación de Córdoba, 2015)

La capital de Córdoba, Montería, es de las ciudades intermedias que tiene mayor consumo de energía eléctrica en la Costa Norte Colombiana, lo que brinda un panorama con perspectivas de crecimiento e innovación prometedoras. De acuerdo al Informe del mes de agosto de 2015 de XM, filial de ISA, las altas temperaturas produjeron para ese mes, un aumento del consumo de energía eléctrica en el país de un 5.0% con respecto al mismo mes de 2014 (ver Figura 1). (UPME, 2015)

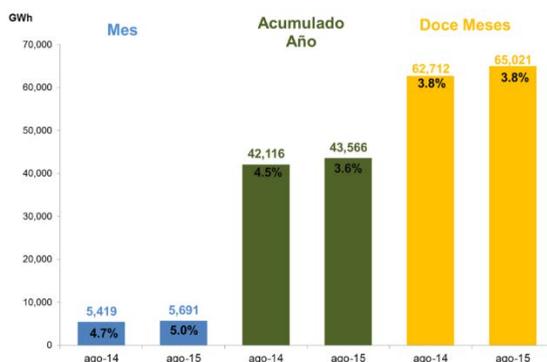


Figura 1: Comportamiento de la demanda de energía en Colombia 2014 – 2015. Fuente: XM, Agosto de 2015

Y en el análisis por regiones, la Costa Atlántica ha tenido un incremento hasta del 10.9%; teniendo Montería la mayor tasa de participación dado su proceso de transformación y modernización. Sin embargo, en el Departamento aún se destacan cifras desalentadoras:

- El 60.2% de la población se encuentra en situación de pobreza. De los cuales 27.3% en pobreza extrema. (ANSPE 2013)
- La Población con NBI asciende a 76.60% en zonas rurales (DANE 2014)
- Y el déficit de cobertura de la red eléctrica es del 15.98% en zona rural. (DANE 2014)

Lo anterior ha conllevado a generar estrategias y coaliciones de diferentes actores que van desde representantes políticos del Departamentos, académicos y estudiantes, empresarios del sector privado y hasta los mismos usuarios a crear escenarios de trabajo que fortalezcan y faciliten el camino hacia el uso de energías renovables.

El potencial del Departamento de Córdoba en energías renovables se ve reflejado en la disponibilidad de fuentes como las que se presentan y en los avances que en esta temática se encuentran:

4.1 Energía solar

El departamento de Córdoba se encuentra ubicado en una zona privilegiada en cuanto a la incidencia de radiación solar (aprox. 5Kwh/m² como promedio anual), por lo cual esta región dispone de un recurso energético valioso, que potencialmente se puede convertir en eje de desarrollo tecnológico agroindustrial y beneficiar económicamente a los agricultores de esta zona que se destaca por su gran vocación agrícola (Avila Gómez, Mendoza Fandiño, & Beltrán Sarmiento, 2010).

4.2 Biomasa

La vocación de Córdoba es agrícola. Solo la producción del algodón puede llegar a ser aproximadamente de 45.000 Toneladas por año (ICA, 2008), y alimentos como el arroz tienen áreas plantadas de 5.103 hectáreas (DANE 2013) y el maíz de 16.605 hectáreas (Portafolio, 2013) lo que suman en conjunto grandes cantidades de biomasa lo que incluye a su vez residuos que son poco aprovechados en la actualidad.

Esta gran cantidad de residuos agroindustriales derivados de esta producción creó la necesidad de desarrollar alternativas tecnológicas que permitieran su utilización en otros procesos productivos para aprovechar su potencial y contribuir a la disminución del impacto ambiental que puedan generar por una inadecuada disposición, uno de ellos es su aprovechamiento energético mediante la gasificación, proyecto desarrollado por la UPB y la Gobernación de Córdoba en el marco del Convenio 753 de 2013 "Desarrollo de integración tecnológica de recursos energéticos renovables en sistemas productivos agrícolas y agroindustriales Montería, Córdoba, Caribe" mediante el montaje de una planta piloto en la que la biomasa es sometida a un proceso de reducción y compactación generando biocombustibles sólidos densificados (pellets o briquetas) con el objetivo de incrementar su poder calorífico y así convertirse en elementos combustibles de aplicación doméstica y/o industrial de fácil transporte, pero como característica más importante: como fuente de generación de energía alterna.

4.3 Energía Eólica

En el departamento de Córdoba se encuentran ciertas regiones donde el potencial eólico es alto, Según datos del estudio realizado por el IDEAM en el 2004, se han dado a velocidades de viento considerable, que son de un promedio de 2 hasta 5m/s, en lugares como San Antero y San Bernardo Del Viento, este potencial puede llegar a ser aprovechado, mediante la instalación de turbinas eólicas, más eficientes que las encontradas comúnmente en otras regiones del país que captan la cantidad de aire necesario para producir energía eléctrica (Espinosa Corrales, 2011). No obstante, son pocos los hallazgos en avances en la implementación del uso de este tipo de energía limpia.

4.4 Avances en investigación en Energías renovables en Córdoba:

En materia de Energías renovables, encontramos que solo dos Universidades de la Región han venido trabajando por en el tema como son la Universidad Pontificia Bolivariana con su grupo de investigación OPUREB y el Proyecto “Desarrollo de integración tecnológica de recursos energéticos renovables en sistemas productivos agrícolas y agroindustriales Montería, Córdoba, Caribe”. Este proyecto financiado por el Sistema General de Regalías, tiene como objetivos la evaluación de rendimientos energéticos de paneles solares fotovoltaicos, con miras al acoplamiento a plantas piloto de densificación y gasificación y el Diseño de un prototipo industrial para la integración tecnológica en generación fotovoltaica y aprovechamiento de radiación solar térmica mediante colectores solares de alta y baja temperatura.

Por otra parte se encuentran hallazgos de iniciativas de investigaciones de la Universidad de Córdoba acerca del tema como es el Parque temático en generación y uso de energía solar para una agricultura climáticamente inteligente”.(UNICOR, 2015)

5. Avances del proyecto

5.1 Auditoría energética Campus universitario

Para dar inicio al proceso de auditoría energética, el campus universitario de la UPB Seccional Montería se zonificó de acuerdo a la alimentación de las subestaciones de las diferentes subestaciones encontradas, priorizándose el edificio principal de salones y oficinas tal y como lo señala la Figura 2.

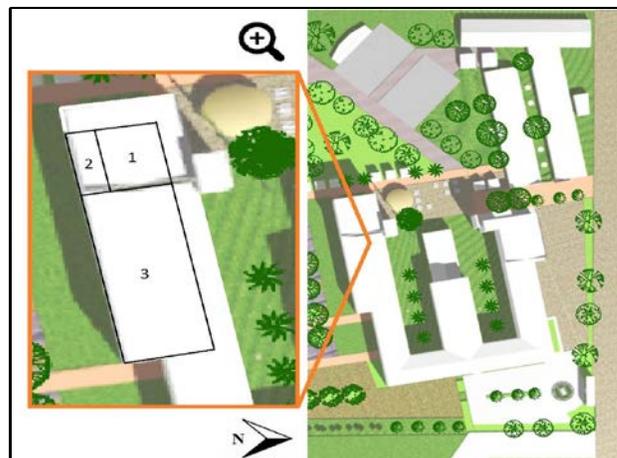


Figura 2: Zonificación de áreas para la Auditoría Energética. Fuente: Elaboración propia

Para demostrar la metodología, señalaremos los resultados con el Auditorio principal del campus denominado "Auditorio San Jerónimo". Los hallazgos de los consumos parciales de los equipos y la suma de los totales del edificio se señalan en la tabla 1:

Tabla 1: Consumos Zona 1 Auditorio San Jerónimo

Dispositivos	Potencia (W)	Unidades	Pot. Inst. (W)	Horas/Días	Consumo (Wh/días)
Luces incandescentes	50	16	800	2,6	2080
Consola amplificadora	250	1	250	2,6	650
Mezclador	40	1	40	2,6	104
Consola 2	800	1	800	2,6	2080
Portátil PC	47,5	1	47,5	2	95
Luces frías largas	64	6	384	2,6	998,4
Filtro de agua	90	1	90	12	1080
Parlante	450	2	900	2,6	2340
Regulador micrófonos	17	1	17	2,6	44,2
		Total	3328.5	Total	9471.6

5.2 Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

Posterior a la auditoría energética, se procedió a realizar el dimensionamiento para el montaje de un sistema fotovoltaico que supla las necesidades encontradas en cada una de las zonas de acuerdo al consumo. Para ello suponemos un rendimiento de la instalación de un sistema fotovoltaico del 75% y calculamos un consumo estimado con la ecuación (1):

$$(1) \quad CE = \frac{\text{Consumo Wh/día}}{0.75}$$

Para determinar el número de módulos de paneles solares necesarios para el consumo hallado, se requiere conocer el valor de la radiación solar disponible en la zona seleccionada. Haciendo uso del mapa de radiación solar global de la IDEAM para la ciudad de Montería, encontramos que el mes más desfavorable de insolación es el mes de Mayo, en cual, la radiación se encuentra alrededor de 3800 Wh/m² por día, con lo que podemos calcular la cantidad de horas sol pico (HSP), dividiéndola entre 1 kW/m² que es la referencia utilizada para calibrar los módulos de acuerdo a la ecuación (2) y con ella se define el número de módulos solares requeridos utilizando la ecuación (3).

$$(2) \quad HSP = \frac{Rad}{1 \text{ kW/m}^2}$$

$$(3) \quad Ndm = \frac{CE}{Rad \times Fp \times Pp}$$

Donde,

HSP: Horas

Ndm: Número de módulos fotovoltaicos

CE: Consumo estimado

Rad: Radiación solar esperada

Fp: Rendimiento de trabajo que incluye las pérdidas en el panel

Pp: Potencia pico del módulo

Para establecer la capacidad de la batería, se utiliza la ecuación (4), estimándola a partir de los días de autonomía que se requieren en el sistema, lo que sería de un (1) día en el caso de la Universidad; y del voltaje y la profundidad de descarga de la batería, la cual oscila entre 0.5 y 0.8. (Click Renovables, 2016).

$$(4) \quad \text{Capacidad de la batería} = \frac{CE \times \text{días de autonomía}}{\text{Voltaje} \times \text{Prof}}$$

El número de baterías requeridas se calcula con la ecuación (5) a partir de la capacidad requerida de las baterías y el valor nominal de las baterías disponibles comercialmente, el cual es de 230 Ah:

$$(5) \quad N^{\circ} \text{ baterías} = \frac{\text{Capacidad de la batería}}{230 \text{ Ah}}$$

Por último, se establece la selección de inversor (6), en función de la suma de todas las potencias nominales de los equipos auditados como consumidores, multiplicados por el coeficiente de simultaneidad de uso de estos que son valores que normalmente oscilan entre 0,5 y 0,7.

$$(6) \quad \text{Inversor} = \sum \text{Potencia}_i \times 0.7$$

Establecida la metodología, se hicieron los respectivos cálculos en cada una de las zonas establecidas para la auditoría. Estos valores se encuentran resumidos en la Tabla 2

Tabla 2: Dimensionamiento Sistema solar fotovoltaico

SECTOR	POTENCIA INSTALADA (kW)	CONSUMO ESTIMADO (kWh/día)	MODULOS SOLARES	INVERSOR CONEXIÓN A RED (kW)	CAPACIDAD DE LOS ACUMULADORES (Ah)	# BATERIAS
Auditorio	3,3	9,5	14	3	877	4
Emisora	4,7	82,0	116	5	7597	33
Biblioteca	5,6	68,2	97	5	6314	28
Gimnasio	3,5	10,9	16	3	1007	5
Salón de los espejos	1,2	7,3	11	1	679	3
Salones y oficinas 1er piso	1,2	22,9	33	1	2121	10
Escuela de ingenierías	9,4	69,3	98	8	6412	28

6. CONCLUSIONES

La responsabilidad desde la academia en cuanto a la masificación del uso de energías renovables en el Departamento de Córdoba ha comenzado a dar sus frutos ya que en materia investigativa encontramos algunos avances, sin embargo se encuentran diferentes dificultades principales en su implementación como es el alto costo de la implementación de los sistemas de paneles fotovoltaicos, la falta de mano de obra especializada y la poca claridad en materia de regulación, porque si bien ya existe la ley 1715 de 2014 aún se desconocen los incentivos y políticas de su uso y posible transferencia. Nos encontramos en desventaja con otros países como España, Chile y Bolivia y se hace necesario que en Córdoba, la empresa privada, las universidades y los entes gubernamentales se unan para desarrollar proyectos.

El ejercicio desarrollado contribuye al logro del primer objetivo de éste proyecto, ya que se logró concientizar a los estudiantes de las grandes cantidades de energía que hoy día se consumen con la red convencional y se les brindaron herramientas para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos que ayuden a suplir los consumos actuales de energía eléctrica.

Entre los resultados encontramos que existen zonas de alto consumo energético que, si se tomara la decisión de cubrir esta demanda utilizando un sistema solar fotovoltaico, demandaría una alta inversión, por lo que se recomienda el montaje de un sistema híbrido que permita mejorar la calidad de la energía actual y disminuir los costos de los consumos actuales.

Terminada esta fase, el proyecto continuará con la implementación de las decisiones tomadas y la conformación de los lineamientos del Centro Experimental de enseñanza, investigación y transferencia en energías renovables para el Departamento de Córdoba.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avila Gómez, A. E., Mendoza Fandiño, J. M., & Beltrán Sarmiento, J. (2010). Evaluación energética de un colector solar de placa plana de doble cubierta. *Ingeniería y Desarrollo*, 93-112.
- Click Renovables. (28 de 06 de 2016). *Click Renovables*. Obtenido de Click Renovables: <http://www.clickrenovables.com/blog/como-calculiar-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/>
- Espinosa Corrales, D. (2011). *Modelación y Simulación de un generador eólico vertical*. Montería: UPB.
- Gobernación de Córdoba. (09 de 12 de 2015). *Gobernación de Córdoba*. Obtenido de Gobernación de Córdoba: <http://www.cordoba.gov.co/cordoba/geografia.html>
- Renovetec. (2014). *Centrales Termoeléctricas de Biomasa*. Renovetec.
- Rodríguez Murcia, H. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de Ingeniería*, 83-89.
- UPME. (2015). *PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y POTENCIA MÁXIMA EN COLOMBIA*. Bogotá: UPME.

Sobre los autores

- **Yaneth Romero Álvarez:** Ingeniera Industrial, Magister en Finanzas, Doctora en formación en Sostenibilidad. Profesora Asociada. yaneth.romero@upb.edu.co
- **Fernando Javier Calvo Silva:** Ingeniero Químico. Magister en Ingeniería Mecánica. Profesor Asistente. fernando.calvos@upb.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)