

NOTA TÉCNICA

1^{ER} TALLER “EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA SEGURIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD DE IBEROAMÉRICA (EFESOS)”

Vásquez, Carmen Osal, William Sudriá, Antonio
Yépez, Wilson Parra, Estrella Sánchez, Itha
Ramírez, Rodrigo Doyharzabal, Julio Llosas, Yolanda

Resumen: Los estudios de las emisiones de los gases de efecto invernadero causados por la producción de la energía eléctrica con fuentes no renovables incrementan el interés por la Eficiencia Energética. Ésta busca establecer oportunidades de ahorro manteniendo los niveles de bienestar de los clientes del servicio. Debido a su importancia, desde el año 2007 se desarrolla la Acción de Coordinación EFESOS del CYTED con el objeto de potenciar las oportunidades y el intercambio de los resultados de la investigación de sus miembros. En el 1^{ER} Taller EFESOS se presentaron temas referidos a: sus objetivos, su importancia, las normativas, las tecnologías de iluminación y de los sistemas de automatización y control para la eficiencia, las auditorías energéticas, los planes de mantenimiento basados en la eficiencia y las oportunidades de ahorro en los sistemas de distribución. Este trabajo busca dar a conocer la información relevante presentada en dicho Taller. Se concluye que es imprescindible el intercambio de experiencias para generar iniciativas que a su vez permitan generar conocimiento en el área y el desarrollo de la Eficiencia Energética como herramienta para incrementar la seguridad y la sostenibilidad en Iberoamérica.

Palabras clave: CYTED/ EFESOS/ Eficiencia Energética.

Abstract: The studies of greenhouse gas emissions caused by the production of electric power based on non renewable sources increase the interest for Energy Efficiency. This seeks to establish saving opportunities maintaining the electrical service user's quality of life. Due to their importance, in the year 2007 the EFESOS Coordination Action of the CYTED is developed in order to boost the opportunities and the exchange of research results within its members. In the 1th EFESOS Workshop the topics presented referred to: their objectives, their importance, the normative, the technologies of illumination and of the automation systems and control for efficiency, the energy audits, the maintenance plans based on efficiency and the saving opportunities in electrical distribution systems. This paper shows the outstanding information presented during the Workshop. Among its conclusions it is established the need to exchange experiences to generate initiatives to allow new knowledge generation in this subject and the development of Energy Efficiency as a tool to increase the security and the sustainability in Iberoamérica.

Keyword: CYTED/ EFESOS/ Energy Efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

El Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de Iberoamérica (CYTED) [1] tiene como objetivo principal contribuir al desarrollo armónico y sostenible de la región mediante la promoción de la colaboración y cooperación entre

los Organismos Nacionales de Ciencia y Tecnología, Organismos de Fomento de la Innovación, grupos de investigación de universidades, centros de I+D y las empresas en torno a siete (7) áreas, como se muestran en la Figura 1. Este programa promueve la formación de Redes Temáticas, Acciones de Coordinación de Proyectos de Investigación,

Manuscrito finalizado el 2009/01/20, recibido el 2009/03/09, en su forma final (aceptado) el 2009/03/25. La Dra. Carmen Luisa Vásquez Stanesco es Profesora Asociada del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UNEXPO (1), cvasquez@bqto.unexpo.edu.ve. El Dr. William José Osal Herrera es Director de Investigación y Postgrado del Vicerrectorado Barquisimeto de la UNEXPO (1). El Dr. Antonio Sudiré es Director de CITCEA de la UPC (2) sudira@citcea.upc.edu. El Ing. Wilson Yépez es Profesor Coordinador del Área de Sistemas Eléctricos de la ESPE (3), wyepez@hotmail.com. La Ing. Estrella Parra es Directora Académica de la UNAL (4), ceparra@unal.edu.co. La Ing. Itha Sánchez es Investigadora en el IIE (5), isanchez@iie.org.mx. El Ing. Rodrigo Ramírez es Profesor del Dpto. de Ingeniería Eléctrica del CITCEA-UPC (2), ramirez@citcea.upc.edu.ve. El Ing. Julio Doyharzabal es Profesor Dedicación Exclusiva del Dpto. de Ingeniería Eléctrica de la UTN (6), jdotharz@frsf.utn.edu.ar. La Dra. Yolanda Llosas Albuerno es Decana de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la VO (7), yolanda@fie.uo.edu.cu. Ver las referencias de las instituciones al final del artículo.

Proyectos de Investigación Consorciados y Proyectos de Innovación IBEROEKA que involucren a instituciones de los países participantes. Las Acciones de Coordinación de Proyectos de Investigación buscan promover la transferencia de resultados de proyectos de investigación a los sistemas productivos de estos países.

A raíz de la Convocatoria del 2007 del CYTED [1] se integra la Acción de Coordinación: *Eficiencia Energética para la Seguridad y la Sostenibilidad en Iberoamérica* (EFESOS) [2],

en el área dedicada a la Energía, la cual se destaca en la Figura 1. En el marco de esta Acción se ha planificado la 2^{DA} Reunión Ordinaria de sus miembros en la ciudad de Barquisimeto. Dentro de las actividades planificadas se realiza el 1^{ER} Taller EFESOS. El motivo de este trabajo es presentar las conclusiones más destacadas de este Taller. El mismo se encuentra estructurado en secciones dedicadas a presentar la importancia de la Eficiencia Energética (EE), de los aspectos tratados en el Taller, sus resultados y al final, las conclusiones más importantes del mismo.

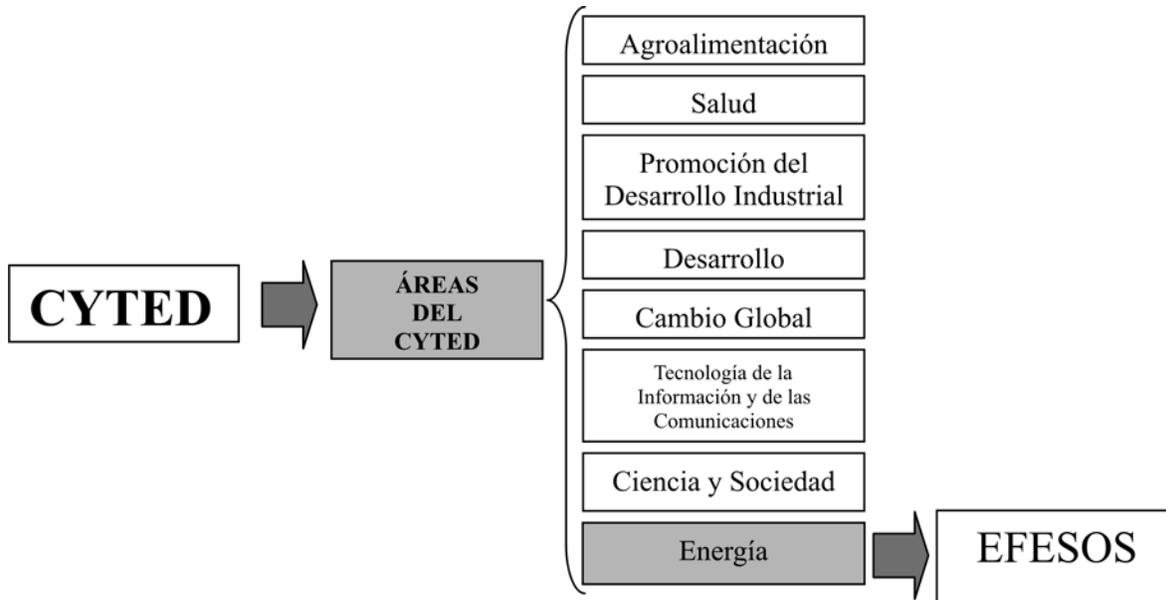


Figura 1. Áreas Temáticas del CYTED

II. DESARROLLO

1. Eficiencia energética (EE)

La eficiencia es una relación que busca obtener los mismos beneficios o productos de salida con menos insumos. Tradicionalmente este término se ha utilizado como parámetro para la determinación de la productividad de las empresas de bienes y servicios, en la búsqueda de alternativas para mejorar sus procesos [3]. En el sector eléctrico, la EE nace de la necesidad de disminuir el consumo creciente y los efectos que tienen las emisiones de gases efecto invernadero sobre el ambiente por la producción de energía eléctrica a base de fuentes no renovables. En torno al tema de la energía se han desarrollado dos (2) alternativas para disminuir estas emisiones:

1. Sustitución de las fuentes de energía no renovables (carbón, fueloil, diesel y otras) por las conocidas como energías verdes o alternativas (hídrica, eólica, solar y otras).

2. Disminución del consumo de energía manteniendo los mismos niveles de bienestar de sus clientes, conocida como EE.

La alternativa de la EE tiene su origen en la década de los 70, durante la crisis petrolera [4], cuando los países importadores de petróleo y sus derivados se vieron en la necesidad de disminuir el consumo de los combustibles. Adicionalmente, en 1997 con el *Protocolo de Kioto sobre el Cambio Climático* [5] se hace un mayor énfasis en lograr la reducción de las emisiones de los seis (6) gases de efecto invernadero, a nivel mundial: el dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF₆). Adicional a la reducción de estas emisiones la EE introduce otros beneficios como postergar las inversiones por la ampliación del sistema eléctrico, pérdidas evitadas e incluso mejorar la seguridad del suministro eléctrico. Esfuerzos importantes se han realizado en este sector en torno al tema. En general estos esfuerzos se han dirigido a:

- Incremento del uso de tecnologías consideradas más eficientes en consumidores finales.
- La educación de los consumidores finales sobre la EE, el ahorro de energía y los beneficios derivados en relación al medio ambiente.
- La implementación de medidas fiscales para promover el uso de equipos de consumo eficiente y de normativas, que establecen las condiciones que deben cumplir el diseño de las nuevas edificaciones para estar en armonía con el medio ambiente y con un menor y más eficiente consumo de energía.
- La promoción de la generación distribuida y local ubicada en áreas cercanas a los consumidores finales, disminuyendo las pérdidas debidas al transporte de energía.

2. Acción efesos

A menos de un (1) año de la conformación de EFESOS [2] se han desarrollado dos (2) Reuniones Ordinarias de sus miembros en el año 2008: los días 19 y 20 de junio en la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), en su sede en la ciudad de Bogotá, Colombia, y del 3 al 5 de diciembre en las

instalaciones de la UNEXPO, en Barquisimeto, Venezuela. Éstas tienen la finalidad de presentar las propuestas de trabajos futuros y evaluar los logros obtenidos en torno a las actividades realizadas por sus miembros sobre a la Acción. La Figura 2 muestra la relación entre la EE, la seguridad del suministro y la sostenibilidad del medio ambiente desarrollada por EFESOS [2], en el año 2008 [6], con la idea de relacionar los temas de la Acción.

La Tabla I muestra los países, instituciones y responsables participantes de EFESOS [2], con el Dr. Antoni Sudriá como Director de la Acción y Rodrigo Ramírez como Coordinador Técnico de EFESOS. Dentro de los logros se destacan la coordinación de trabajos que implican el intercambio de información necesaria para incrementar el nivel de conocimiento, la posibilidad de publicación de trabajos en conjunto y la motivación a presentar los resultados en el área. Esta motivación ha originado un interés por desarrollar los Talleres EFESOS que permitan transmitirlos al mayor número de personas y sensibilizar a los actores involucrados en este tema, como son las entidades gubernamentales y las empresas del sector eléctrico y académico.



FIGURA 2. Relación entre Eficiencia Energética, Seguridad del Suministro y Sostenibilidad del Medio Ambiente

Tabla I. Países, Instituciones y Responsables de EFESOS

País	Institución	Responsable
Argentina	Universidad Tecnológica Nacional (UTN)	Jorge Caminos
Brasil	<i>Escola Superior De Tecnologia—Da Universidade Estadual Do Amazonas</i>	Marivan Silva
Chile	Departamento De Ingeniería Eléctrica. Pontificia Universidad Católica de Chile	Hugh Van De Wyngard
Colombia	PAAS- Universidad Nacional de Colombia (UNAL)	Horacio Torres-Sánchez
Cuba	Universidad de Oriente (UO)	Israel Benítez
Ecuador	Escuela Politécnica del Ejercito	Jaime Ayala
España	CITCEA-Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)	Antoni Sudriá
México	Instituto De Investigaciones Eléctricas (IIE)	Ricardo López
Venezuela	Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” (UNEXPO)	Carmen Vásquez

3. El 1^{ER} Taller EFESOS

El 1^{ER} Taller EFESOS se realiza el 4 de diciembre del 2008 en la ciudad de Barquisimeto y tiene como objetivos presentar a la comunidad los resultados obtenidos de las investigaciones más recientes sobre los temas que involucra y propiciar un encuentro entre los participantes e instituciones interesados en la búsqueda para crear los enlaces en áreas afines. Al mismo asistieron un total de 64 participantes de las instituciones MENPET, MPPEC,

FUNDELEC, CORPOELECT, ENELBAR, EDC, ENELVEN, ELEVAL, CADAFE, CALIFE, PDVSA, ENEGAS, MESAS DE ENERGÍA, CÁMARA DE INDUSTRIALES, UNEXPO, UNET, UPEL, UFT, REGOMINCA CA y INGEMEC CA de Caracas y de los estados Carabobo, Zulia, Barinas, Táchira, Trujillo, Lara y Yaracuy y contó con el apoyo adicional de las instituciones UNEXPO y ENELBAR. La Tabla II muestra los temas que se presentaron y a continuación se describen los temas relacionados en cada presentación.

Tabla II. Temas tratados en el 1ER Taller EFESOS

Ponente	Título de la presentación
Antoni Sudriá (España)	Proyecto EFESOS: Eficiencia, Seguridad y Sostenibilidad para Iberoamérica
Wilson Yépez (Ecuador)	Importancia de la Eficiencia, Seguridad y Sostenibilidad para Iberoamérica
Itha Sánchez (México)	Programas de Normalización de Eficiencia Energética en países miembros de EFESOS
Estrella Parra (Colombia)	Eficiencia Energética en Iluminación
Rodrigo Ramírez (España)	La Automatización y el Control como apoyo a la Eficiencia, Seguridad y Sostenibilidad
Julio Doyharzabal (Argentina)	Auditorías Energéticas: Experiencia en la Elaboración, Implementación y Mejoras obtenidas
Yolanda Llosas (Cuba)	Planes de Mantenimiento Basados en la Eficiencia
Carmen Vásquez (Venezuela)	Ahorros Energéticos en los Sistemas Eléctricos de Distribución

3.1 Proyecto EFESOS: Eficiencia, Seguridad y Sostenibilidad para Iberoamérica.

Según Sudriá [6] el objetivo principal de EFESOS [2] es “Intercambiar entre los grupos de los diferentes países participantes experiencias que permitan generar iniciativas que se puedan traducir en políticas que busquen asegurar el desarrollo de la eficiencia energética como herramienta para aumentar la seguridad y la sostenibilidad en Iberoamérica”. Como objetivos específicos de EFESOS [2] se plantean:

- Desarrollar un diagnóstico de los programas relacionados con la EE en países de Iberoamérica.
- Identificar en cada uno de los países iniciativas en cuanto al ahorro de energía y sus principales características: aplicación, tiempo, efectos, etc.
- Diseñar mecanismos que permitan el intercambio de experiencias, así como poder cuantificar (bajo metodologías como *benchmarking* o fronteras de eficiencia) la bondad de aplicar estos programas en otros países.
- Recoger los principales problemas que se presenten en cuanto a la seguridad de suministro entre los países participantes.

- Desarrollar planes conjuntos que permitan incentivar programas de EE y a su vez estos repercutan en la seguridad y sostenibilidad de los países participantes.

En cuanto a objetivos generales de EFESOS [2] en el marco del CYTED [1] se pueden enumerar los siguientes:

- Fomentar sinergias entre los diferentes proyectos realizados por cada uno de los equipos, de forma que se puedan obtener mayores resultados que la suma de cada una de los proyectos individuales y colaboraciones, de manera estable, entre diferentes grupos de investigación con líneas e intereses similares.
- Buscar aumentar el nivel científico de los grupos participantes, a través de la formación de investigadores y el intercambio de experiencias en diferentes proyectos.
- Mejorar la transferencia de los resultados obtenidos en los proyectos de investigación de los grupos.
- Propiciar la Innovación en proyectos de investigación en el área de energía para que pueda servir como elemento dinamizador dentro del horizonte de la EE y el mejor uso de los recursos energéticos, a través de la transferencia tecnológica.

3.2 Importancia de la Eficiencia, Seguridad y Sostenibilidad para Iberoamérica.

Según Yépez [7] la importancia de la EE se ha acentuado últimamente con la búsqueda de alternativas que permitan disminuir la emisiones de los gases de efecto invernadero y su impacto en el calentamiento global. Esto se demuestra con algunas declaraciones dadas por los organismos encargados

de establecer las políticas ambientales a nivel mundial. La Tabla III muestra un ejemplo de estas declaraciones en países miembros de EFESOS [2] donde se destaca el compromiso adquirido en torno al tema. Según la Tabla III la EE se trata como un tema social con miras a incrementar el acceso de la energía a las personas que no la dispongan y de la utilización de los ahorros por el consumo de energía evitada para programas sociales que lo requieran.

Tabla 3. Declaraciones en torno a la EE realizadas en países miembros de EFESOS [8].

Evento	Fecha y Lugar	Declaración
XXXVII Reunión de Ministros de OLADE	Madrid, 15 de septiembre de 2006 (España)	Su compromiso con carácter prioritario, en la implementación y consolidación de Programas Nacionales de Eficiencia Energética en los Países de la Región , impulsando el desarrollo tecnológico, promoviendo el uso racional y eficiente de la energía, para disminuir el impacto ambiental y permitir la reasignación social de los ahorros obtenidos.
Seminario Regional de Eficiencia Energética	Quito, 4 y 5 de agosto de 2008 (Ecuador)	Autoridades y expertos de América Latina y el Caribe se comprometieron a llevar adelante un programa regional de eficiencia energética como política prioritaria de sus Estados.
XXXIX Reunión de Ministros de Energía – OLADE	Buenos Aires 17 Noviembre 2008 (Argentina)	En la Declaración Ministerial Conjunta, denominada Declaración de Buenos Aires , las autoridades energéticas de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Paraguay, Perú, República Dominicana, Trinidad & Tobago y Uruguay expresan la importancia de fortalecer las alianzas energéticas existentes para la promoción del desarrollo sustentable y el acceso a la energía para los pueblos de la Región.

La EE se presenta como un concepto de vida basado en un compromiso hombre-medio ambiente donde aparecen dos (2) actores: el desarrollo tecnológico (que promueve el uso de equipos más eficientes y de matrices energéticas diferentes) y los consumidores finales que requieren un cambio cultural que implique el uso racional de la energía. Los beneficios en torno a este uso racional se pueden listar en: el ahorro de energía, la reducción de los costos relativos a la energía, que implica un factor de incremento de la productividad, disminución de las necesidades de recursos destinados al desarrollo de las infraestructuras energéticas y de las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Para el desarrollo e implementación de las políticas energéticas se pueden citar las siguientes debilidades: es necesario un elevado compromiso institucional entre sus actores (entes gubernamentales, empresas del sector eléctrico y usuarios), elevada inversión inicial en infraestructura, equipos y planes de educación e información, poca disponibilidad de normativas y la necesidad de un cambio de paradigma de los usuarios para el uso racional de la energía y sus implicaciones (manipulación de desechos, entre otras).

3.3 Programas de Normalización de Eficiencia Energética en países miembros de EFESOS

La normalización de la EE establece los límites de consumo o eficiencia en los productos o sistemas que se fabrican, producen o comercializan en los países, a través de la trazabilidad de protocolos de referencia, de establecer la manera de evaluación de la conformidad y de la difusión de sistemas de información al consumidor, generalmente implementados de forma de etiqueta, según Sánchez [8]. Ésta tiene como objetivo que los gobiernos promuevan una competencia entre fabricantes, para que desarrollen productos que cumpla con ciertas especificaciones energéticas, manteniendo los otros criterios de mercado, y la aceptación de los usuarios.

Cuando las normas son acogidas por los gobiernos, ya que se detecta que su aplicación a nivel nacional puede incidir en el mejoramiento del entorno energético y ambiental, pasan a ser de carácter obligatorio por Ley y facultan a una Institución para su aplicación, control y vigilancia, creando un sistema de evaluación de conformidad que pondrá las reglas a seguir en la aplicación de la norma. Dentro de estas instituciones en los países miembros de EFESOS [2] se encuentra, por

ejemplo, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), el Concejo Nacional de Electricidad (CONELEC) y las Comisiones Nacionales para el Ahorro de Energía (CONAE), de Colombia, Ecuador y México, respectivamente.

Dichas instituciones han promovido y desarrollado normas que regulan la EE en equipos de uso final como: refrigeradores, lámparas, equipos de aire acondicionado, lavadoras, motobombas, cocinas o estufas, calentadores, televisores y otras. Adicionalmente, se han emprendido otras acciones de EEE como la sustitución y producción de equipos (lámparas, refrigeradores, aires acondicionados y otros) por

sus equivalentes de mayor eficiencia. También han desarrollado esquemas de financiamiento para su adquisición o reemplazo, y a la par de la normativa, se ha privilegiado el etiquetado de productos o sistemas (voluntarios y obligatorios) como una herramienta de persuasión para mejora de EE. Otros programas que se han desarrollado han sido programas de administración de la demanda (cambio de horario), implementación de programas de difusión y de incentivos.

A manera de ejemplo, la Figura 3 muestra la reducción lograda, entre un 10 a un 50% del consumo de energía eléctrica, a través de la aplicación de uno de sus programas relativos a EE en refrigeradores o neveras en México.

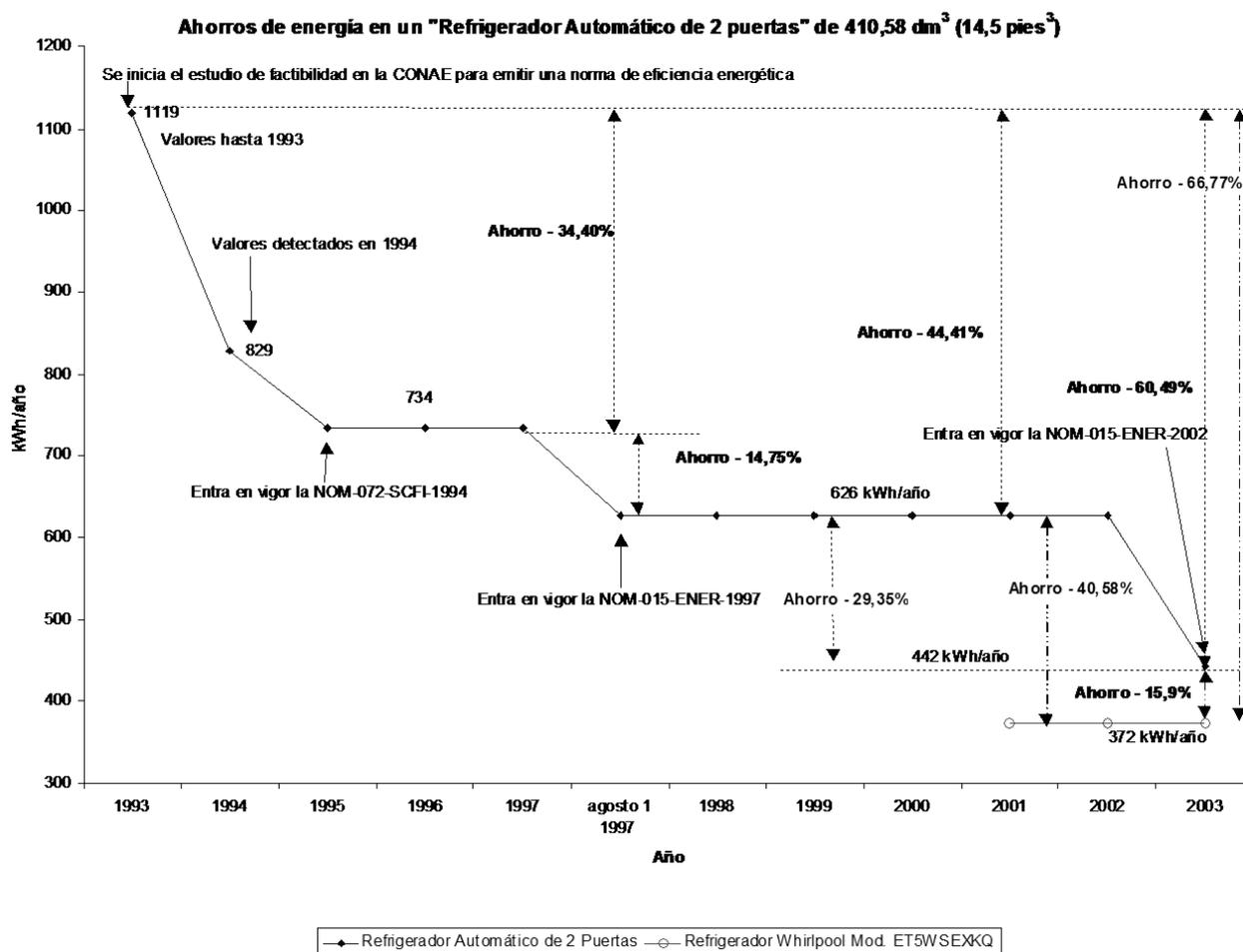


Figura 3. Eficiencia Energética en Refrigeradores en México [9]

3.3 Eficiencia Energética en Iluminación

I. La EE en equipos de iluminación se ha dedicado a la sustitución de los convencionales por sus equivalentes eficientes en casi todos los países miembros de EFESOS [2]; como ejemplo se muestran los planes para la sustitución de las bombillas incandescentes por las Bombillas Fluorescentes Compactas (BFC) en interiores en países

como Argentina, Colombia, México y Venezuela. Parra [10] presenta el proyecto titulado "Caracterización de las bombillas para usos de interiores utilizadas en Colombia" en el LABE de la UNAL. Para el estudio se suministraron 200, 60 y 253 bombillas incandescentes y fluorescentes tubulares y compactas, respectivamente, de las cuales sólo se probaron 127, 45 y 168. La Tabla IV muestra un resumen de las observaciones realizadas a los tres (3) tipos de bombillas.

Tabla IV. Observaciones realizadas en las pruebas a las bombillas incandescentes y las fluorescentes tubulares y las compactas [10]

Tipo de Bombilla	Observaciones
Incandescentes	La eficacia de las 127 bombillas probadas es en promedio 13 lm/W, en un rango entre 27 a 8 lm/W. Cerca del 30 % de las bombillas probadas presentaron una vida real inferior a 700 h. Se encuentra información contradictoria e incompleta en el empaque de las muestras (requisito RETIE).
Fluorescente Tubular	El 36 % de las muestras ensayadas tiene un flujo inferior al 90 % de su valor nominal. El 32 % de las bombillas probadas presentaron una eficacia luminosa superior a 60 lm/W. El 70% presentaron un factor de potencia mayor al estipulado en la Norma. A excepción de una referencia ensayada, las muestras evidenciaron un THD en corriente menor al 200%.
Fluorescente Compacta	Sólo 9 de las 45 muestras ensayadas presentan un valor de flujo luminoso superior al 90 % del declarado en el empaque. La evaluación de la conformidad del flujo luminoso sólo se realiza al 33 % de las muestras, ya que sólo éstas lo reportaban en su empaque o bulbo. El valor de eficacia luminosa promedio para el grupo de bombillas probadas es de 62 lm/W en un rango de 72 a 44 lm/W. El 98 % de las muestras tiene una potencia medida menor al 105 % + 0,5 W.

Las observaciones generales de estas pruebas se resumen a continuación:

- La información al cliente en cerca del 25 % de las muestras ensayadas de bombillas incandescentes y BFC es incompleta o contradictoria
- El valor promedio de eficacia luminosa de las BFC es de 53 lm/W, superior al requerido por la norma técnica de referencia (40 lm/W).
- La relación de eficacias luminosas para bombillas incandescentes y las BFC es de 1 a 3,5 (para reemplazar una bombilla de 100 W incandescente se requiere de una bombilla de 28 W BFC)
- La distorsión armónica en corriente para las BFC es en

promedio 133 %.

Adicionalmente, se evalúa el impacto que sobre el sistema de distribución de energía eléctrica tiene la sustitución a nivel residencial de las bombillas incandescentes por las BFC, sin considerar el tratamiento de los residuos y las emisiones de gases. A través de simulaciones se muestra en la Tabla V las mediciones realizadas en el circuito del Municipio Usiacurí, Colombia, y en la Figura 4 el análisis de las distintas variables involucradas en el estudio.

Finalmente se puede resaltar que aunque la sustitución de las bombillas incandescentes por las BFC reportan una disminución de la energía eléctrica del sistema, existen otras variables, como la corriente que circula a través del conductor neutro, que incrementa su valor y traen consigo problemas adicionales a la operación del sistema.

Tabla V. Análisis de distintas variables eléctricas de comparación entre las Bombillas Fluorescentes Compactas (BFC) y las incandescentes [9]

Variable	BFC/Incandescente	Incandescente	BFC
Potencia Activa (%)	66,28		
Pérdida de Potencia (%)	48,69		
Corriente de fase (%)	67,75		
THDi Corriente de fase (%)		0	15
Corriente del neutro (A)		0,9	65
THDi Corriente de neutro (%)		0	99
THDv Tensión de fase (%)		0	2,95
Factor de Potencia		0,976	0,95

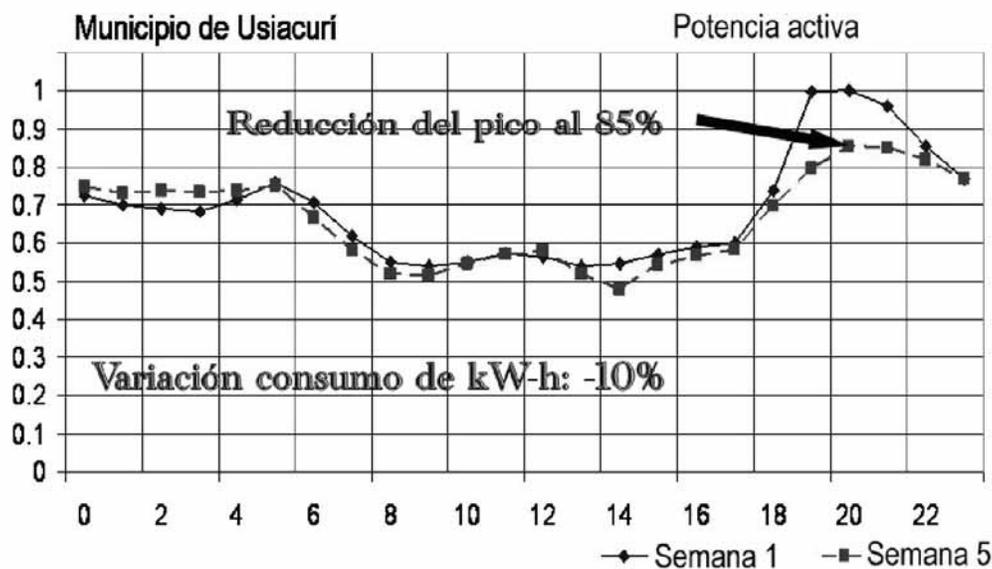


Figura 4. Mediciones de Energía Eléctrica antes y después de la sustitución de bombillas convencionales por las LFC en Colombia [9]

3.4 La Automatización, supervisión y el control como apoyo a la Eficiencia, Seguridad y Sostenibilidad

Según Rodrigo [10] para EFESOS y en general para los diversos sectores, es importante el desarrollo de elementos de control y automatización para lograr mayores eficiencias. En la búsqueda de lograr este objetivo se han optimizado los procesos implementando sistemas automatizados de supervisión y control que permitan el incremento de su EE con el desarrollo de nuevas tecnologías. Como ejemplo se encuentran los motores de alta eficiencia. Estos motores consumen menos energía para la misma potencia que uno convencional ya que se ha logrado reducir en porcentajes significativos las pérdidas en el estator, rotor, de dispersión, cobre y fricción en los cojinetes.

El precio del motor de alta eficiencia es mayor que el precio de uno convencional, pudiendo ser justificable su instalación según el ciclo de trabajo del proceso sobre el que actúa. Este incremento del costo se justifica con el hecho de que este tipo de motores necesita una mayor precisión constructiva que los convencionales, aunque los materiales y la tecnología constructiva usados para los motores eficientes es la misma o muy parecida, en la mayoría de los casos, que las del motor convencional. Aunque su costo de adquisición es mayor, se amortiza, en función del ahorro de energía, en un máximo de dos (2) años.

Otro ejemplo de tecnologías de mayor eficiencia en el sector industrial lo representan los sistemas de bombeo con equipos eficientes. La EE de un sistema de bombeo convencional y su equivalente eficiente es del 31 y 72 %, respectivamente. Esto se logra con la implementación de variadores rápidos de

velocidad (VSD, por sus siglas en inglés), de motores y bombas de alta eficiencia y de tuberías de baja fricción. Dentro de sus beneficios energéticos se reportan un ahorro de 47 kWh para producir la misma cantidad de salidas.

3.5 Auditorías Energéticas: Experiencia en la Elaboración, Implementación y Mejoras obtenidas.

Según Doyharzabal [11] la auditoría energética constituye una herramienta para conocer el uso final de la energía dentro de las edificaciones y el grado de eficiencia en su utilización, identificar los principales potenciales de ahorro energético y económico y definir los posibles proyectos de mejora de la EE. Las etapas de una auditoría energética son: recopilación de la información preliminar, planificación de la auditoría y del trabajo de campo (levantamiento integral y mediciones), análisis de la información, diagnóstico, calificación, estudio de mejoras y recomendaciones generales y presentación del informe final. Al final de un proyecto de este tipo se emitirán una serie de recomendaciones con oportunidades de ahorro energético y en la mayoría de los casos sólo operativas o de poca inversión. Sin embargo existirán otras que necesitan de inversiones importantes o costos extras en el mejoramiento del edificio.

En edificaciones en construcción se ha identificado y cuantificado un importante potencial de ahorro energético, el cual surge como resultado de las condiciones de las instalaciones, del mantenimiento y control, la existencia de herramientas de gestión energética y el uso de los recursos. Con medidas sin inversión (uso adecuado de equipos de aire acondicionados e informáticos) se han logrado ahorros de energía significativos de hasta un 20%.

3.6 Planes de Mantenimiento Basados en la Eficiencia.

Según Llosas [12] la EE se puede lograr por dos (2) vías: la implantación de la gestión energética y/o de equipos o tecnologías de alta eficiencia. La gestión energética persigue lograr un uso más eficiente de la energía sin reducir los niveles de producción, sin mermar la calidad del producto o servicio, ni afectar la seguridad o los estándares ambientales. Esta gestión implica monitoreo, registro, evaluación y acción correctiva continua sobre los equipos, áreas y procesos clave y sobre el personal para mejorar los indicadores que determinan la EE del centro. Estos indicadores son relaciones entre la energía de entrada y salida del sistema. La mejor gestión energética implica las buenas prácticas de consumo, de operación y mantenimiento.

A partir de la elaboración y ejecución de un plan de mantenimiento predictivo, establecido atendiendo al análisis de la ocurrencia de fallos en los diferentes escenarios, se podrá lograr una mayor eficiencia, debido a que se podrán realizar las acciones correctivas para garantizar la no ocurrencia de las averías, precisamente adaptado al momento, lugar y condiciones en que se encuentre el sistema.

Actualmente, la implementación de sistemas de gestión automatizados permite utilizar el diagnóstico como una herramienta para el desarrollo del mantenimiento predictivo y de la ingeniería del mantenimiento. El empleo de las técnicas modernas posibilita dar un salto en la gestión de la actividad de mantenimiento y obtener mejores resultados, evaluándose ahora los escenarios de fallos con inteligencia artificial.

Se impone por tanto el crear una cultura en todos los niveles de dirección de las empresas acerca de un plan de mantenimiento eficaz que sirva de nicho a la eficiencia energética y que garantice desde la gestión energética su culturización. Con la aplicación de esta política se puede dotar a las empresas de una herramienta que permita el cambio que se necesita en la actividad de mantenimiento para la mejora gradual de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y seguridad.

3.7 Ahorros Energéticos en los Sistemas Eléctricos de Distribución.

Según Vásquez [13] los planes de EE no sólo deben ser dirigidos a los consumidores finales, sino también a las empresas encargadas de la generación y transporte de energía eléctrica, en la que es importante implementar alternativas que permitan disminuir las pérdidas en las etapas de diseño, operación y mantenimiento de estos sistemas. En el Diseño se pueden evaluar alternativas, con criterios técnicos económicos, que permitan proponer con recuperación rápida del capital en virtud de los ahorros por energía consumida y por postergar las inversiones necesarias. El uso de nuevas

tecnologías (transformadores y cables eficientes, filtros, dispositivos de compensación reactiva y sistemas automatizados para el alumbrado público, entre otros) y la implementación de la Generación Distribuida (GD) son ejemplos de estas alternativas [14].

En la Operación se puede demostrar que adicionalmente a las pérdidas introducidas por las fallas del suministro, las debidas a la falta de calidad de la potencia eléctrica incrementan el tiempo sin servicio de los usuarios y la energía perdida y disminuyen la vida útil de sus equipos y la seguridad del suministro. Como ejemplo de estos problemas se presenta el incremento de las interrupciones del servicio en la ciudad de Barquisimeto [15], debido a los impulsos transitorios producidos por las descargas eléctricas atmosféricas y a la reducción de la vida útil de los transformadores de distribución de energía eléctrica y el incremento de las pérdidas por las componentes armónicas [16]. Finalmente, el Mantenimiento es una técnica que permite disminuir las fallas, las pérdidas en los sistemas e incrementar la seguridad del suministro. En [17] se muestra que el primer paso para cualquier plan de mantenimiento es el Análisis de Fallas. En este Análisis realizado, se muestra que la principal causa de falla es el racionamiento, cuya alternativa, más que mejorar la EE, atenta contra la seguridad del suministro.

III. CONCLUSIONES

1. Es imprescindible el intercambio de experiencias para generar iniciativas que permitan incrementar el conocimiento en el área y el desarrollo de la Eficiencia Energética como herramienta para incrementar la seguridad y la sostenibilidad en Iberoamérica.
2. Se requiere de un gran esfuerzo conjunto en todos los niveles sociales, políticos y culturales de los países que deseen fomentar y aplicar medidas para la reducción del consumo de energía, hacer más eficiente su utilización y reducir los efectos negativos que se tienen sobre el medio ambiente, por la generación, el uso y consumo de la energía.

IV. REFERENCIAS

- 1) CYTED: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, (2008, Diciembre), [Online] disponible en <http://www.cytcd.org/>
- 2) EFESOS: Eficiencia Energética y Seguridad para Iberoamérica, (2008, Diciembre), [Online] disponible en: <http://efesos.espe.edu.ec/BIENVENIDO.html>
- 3) Morales C., Evalúe la Gestión de su Empresa. Más allá de la estrategia y de sus indicadores, Bogotá, Temas Gerenciales 3R Editores, 2005, pp 19-30.

- 4) Solano J., *Petróleo y energía: una visión estratégica*, Caracas, Universidad Metropolitana, 2006, pp 22-37.
- 5) ONU: Naciones Unidas. *Protocolo de Kioto (2008, Diciembre)*, 1998, [On line], disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpsan.pdf>
- 6) Sudriá A., “Proyecto EFESOS: Eficiencia, Seguridad y Sostenibilidad para Iberoamérica”, 1ER Taller EFESOS, UNEXPO, Barquisimeto, Diciembre, 4, 2008, p. 8.
- 7) Yépez W., “Importancia de la Eficiencia, Seguridad y Sostenibilidad para Iberoamérica”, 1ER Taller EFESOS, UNEXPO, Barquisimeto, Diciembre, 4, 2008, p. 34.
- 8) Sánchez I., “Programas de Normalización de Eficiencia Energética en países miembros de EFESOS”, 1ER Taller EFESOS, UNEXPO, Barquisimeto, Diciembre, 4, 2008, p. 31.
- 9) Parra E., “Eficiencia Energética en Iluminación”, 1ER Taller EFESOS, UNEXPO, Barquisimeto, Diciembre, 4, 2008, p. 26.
- 10) Rodrigo R., “La Automatización y el Control como apoyo a la Eficiencia, Seguridad y Sostenibilidad”, 1ER Taller EFESOS, UNEXPO, Barquisimeto, Diciembre, 4, 2008, p. 31.
- 11) Doyharzabal J., “Auditorias Energéticas: Experiencia en la Elaboración, Implementación y Mejoras obtenidas”, 1ER Taller EFESOS, UNEXPO, Barquisimeto, Diciembre, 4, 2008, p. 24.
- 12) Llosas Y., “Planes de Mantenimiento Basados en la Eficiencia”, 1ER Taller EFESOS, UNEXPO, Barquisimeto, Diciembre, 4, 2008, p. 38.
- 13) Vásquez C. “Ahorros Energéticos en Sistemas Eléctricos de Distribución”, 1ER Taller EFESOS, UNEXPO, Barquisimeto, Diciembre, 4, 2008, p. 21.
- 14) López L., “Factibilidad Técnica de Generación Distribuida con Energía Fotovoltaica en un Sistema de Distribución de 24 kV”. Trabajo Especial presentado ante el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UNEXPO Vicerrectorado de Barquisimeto como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Electricista, UNEXPO, Barquisimeto, Julio, 2008, p. 84.
- 15) Vásquez C., et. al., “Flashover Rate Due Lightning in Overhead Distribution Lines”, 9th Internacional Conference Electrical Power Quality and Utilization, EPQU2007, UPC, Barcelona, octubre 9 al 11, 2007, p. 6.
- 16) Naranjo E, “Determinación de la Capacidad Equivalente de los Transformadores de Distribución en Presencia de Corrientes Armónicas”, Trabajo de Grado presentado como parte de los requisitos exigidos para optar al Grado de Magister Scientiarum en Ingeniería Eléctrica. UNEXPO, Barquisimeto, Mayo 2008, p. 158.
- 17) Molina M., “Confiabilidad de una Subestación y sus Circuitos de Distribución de Energía Eléctrica”, Trabajo de Grado presentado como parte de los requisitos exigidos para optar al Grado de Magister Scientiarum en Ingeniería Eléctrica, UNEXPO, Barquisimeto, Mayo 2008, p. 164.

AGRADECIMIENTO

Los autores quieren agradecer a las instituciones CYTED y EFESOS por el apoyo brindado para la elaboración de este Taller.