



HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES

INVESTIGACIÓN

Nuevas Estrategias para un Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica

Hernández, Jean C.; Pinto, Ángel D.**; González, Jaime A.*;
Pérez-García, Nelson A.*; Torres, Juan M.**; Rengel, José-Eduardo****

Resumen

Ante los reales problemas causados por el consumo cada vez mayor de energía eléctrica, el estado inadecuado de los segmentos que conforman la red eléctrica y el impacto ambiental negativo de las tradicionales fuentes de generación de electricidad, en este artículo se propone un conjunto de estrategias para un nuevo plan de uso racional y eficiente de la energía eléctrica, aplicable a cualquier país y basado en la coexistencia de nuevas formas de generación de energía (generación alternativa, co-generación, generación distribuida) con las formas de generación tradicional, así como en la incorporación de técnicas y metodologías de punta, tales como *Smart Grid*, DR (*Dynamic Response*), etc. Asimismo, el plan propuesto define una solución holística integral para abordar el uso racional de energía eléctrica promoviendo un cambio en el comportamiento del usuario del servicio. El plan establece objetivos concretos, estrategias y líneas de acción en catorce áreas de oportunidad.

Palabras clave: uso racional de energía eléctrica; cambio tecnológico; cambio en el comportamiento de consumo del usuario; planificación holística

Artículo que expone resultados del proyecto «Uso Eficiente de la Energía durante el Efecto del Fenómeno de El Niño», auspiciado por la Gobernación del Estado Mérida, Venezuela. Presentado el 28/03/2016 y admitido el 13/09/2016

AUTORES: *Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela; **Universidad del Sinú, Montería, Colombia; *** Universidad de Oriente, Puerto La Cruz, Venezuela.

CONTACTO: perezn@ula.ve, nelsonpgo@hotmail.com



New Strategies for Planning Efficient Use of Electrical Energy

Abstract

To face real issues caused by the growing consumption of electricity, considering inadequate state of all segments that compose the power grid and negative environmental impact of traditional energy sources, this paper proposes a set of strategies for a novel plan for rational and efficient use of electric power, which may be applicable in any country and based on the coexistence of new forms of electric energy generation (alternative generation, cogeneration, distributed generation) and conventional generation schemes considering latest techniques and methodologies such as Smart Grid, Dynamic Response (DR), etc. Consequently, the proposed plan defines a holistic solution to address rational use of electric energy that fosters a behavioral change on the service user. Precisely, the plan sets specific objectives, strategies, and action lines identifying for areas of potential opportunity.

Keywords: rational use of electricity; technological change; user consumption behavioral change; holistic planning

Novas Estratégias para um Plano de Uso Eficiente da Energia Elétrica

Resumo

Diante dos problemas reais produzidos pelo consumo cada vez maior de energia elétrica, o estado inadequado dos segmentos que compõem a rede elétrica e o impacto ambiental negativo das tradicionais fontes de geração de eletricidade, neste artigo se propõe um conjunto de estratégias para um novo plano de uso racional e eficiente da energia elétrica, aplicável a qualquer país e baseado na coexistência de novas formas de geração de energia (geração alternativa, cogeração, geração distribuída) com as formas de geração tradicional, assim como na incorporação de técnicas e metodologias de ponta, tais como redes inteligentes (Smart Grid), DR (*Dynamic Response*), etc. Além disso, o plano proposto define uma solução holística integral para a abordagem do uso racional de energia elétrica promovendo uma mudança no comportamento do usuário do serviço. O plano estabelece objetivos concretos, estratégias e linhas de ação em quatorze áreas de oportunidade.

Palavras-chave: uso racional de energia elétrica; mudança tecnológica; mudança no comportamento de consumo do usuário; planejamento holístico

I. Introducción

El permanente desarrollo industrial, la prácticamente indetenible demanda cada vez mayor por parte de la población por el uso de nuevas tecnologías para acceder a nuevos servicios y comodidades y una preocupante cultura de despilfarro de la energía eléctrica, ha traído como consecuencia un considerable incremento en el consumo de dicha energía, lo que ha conllevado a que no sean pocos los países que actualmente estén en el límite de su capacidad de generación o simplemente ya la hayan superado, como por ejemplo, el caso de Venezuela (Buitrago, 2013) y Colombia (UPME, 2014).

Adicionalmente, otros aspectos, tales como el estado de los segmentos de las redes de transmisión y distribución de energía eléctrica, el uso ilegal de dicha energía, el impacto ambiental producido por las fuentes de generación (por ejemplo, gases contaminantes producto de la quema del carbón, diesel o gas), el costo del servicio, entre otros, imponen la necesidad de racionar y ahorrar la misma, tarea que debe ser emprendida por los gobiernos nacionales en conjunto con la población, con actores tales como entes gubernamentales, instituciones universitarias, empresas públicas y privadas, comunidad en general, etc.

En ese sentido, mucho se ha escrito sobre el uso racional y eficiencia energética (Flores *et al.*, 2010; Bernal *et al.*, 2012; Teixeira y Malheiro, 2013; Fredericks *et al.*, 2015; Mathews y Vosloo, 2015), así como del descalabro climático producido por las frecuentes malas praxis en el uso de la energía eléctrica (Contreras-Lisperguer y De Cuba, 2008; Jalal y Bodger, 2011; Pazheri *et al.*, 2013; MINAE, 2013; Holland *et al.*, 2015). Por ejemplo, los ciclos del efecto del fenómeno del Niño, cada vez más irregulares y de mayor intensidad, describe un panorama poco alentador (Montealegre, 2014; SENAMHI, 2014; Maciel *et al.*, 2015; Rembold, 2015). Empero, en muchos de los casos no fueron tomados en cuenta planes energéticos, mientras que en otros casos, los cambios de paradigma sobre generación eléctrica han convertido a la mayoría de esos planes en letra muerta, por su no aplicabilidad. Aquí es importante resaltar que los fines de esa aplicabilidad del uso eficiente de energía eléctrica depende de las particularidades políticas, económicas, técnicas, sociales, culturales, entre otras, propias de cada país o región. En ese sentido, ejemplos de condiciones particulares en planes o estrategias para el uso racional de energía pueden ser encontradas en Venezuela (AN, 2011; MPPEE, 2012), Colombia (Cáceres, 2013; Mejía, 2014), Argentina (Fundación AVINA, 2012), Ecuador (INEN, 2009; Evans y De Schiller, 2013), Brasil (EPE, 2014), Perú (Romaní y Arroyo, 2012), México (Vásquez, 2014; Vásquez,

2015), Costa Rica (MINAE, 2015), Honduras (TSC, 2012), Panamá (SNE, 2015), Estados Unidos (Broehm y Geronimo, 2014), España (IDEA, 2011), Suráfrica (DERS, 2013), Japón (Berraho, 2012) , entre otros.

Ahora bien, hasta hace pocos años, en la implementación de planes de uso racional de energía se abarcaba el correcto uso de la energía eléctrica, es decir el uso eficiente de la misma, pero en la mayoría de las ocasiones no se contemplaba la exploración de otros tipos de energía, y si la contemplaba, no se establecía la necesidad de coexistencia de dichas formas de energías con la generación tradicional; menos aún se consideraban la incorporación de tecnologías y metodologías, denominadas de punta, en la consecución de eficientes estrategias para el ahorro de energía, tales como *Smart Grid* (Senior y Padilla, 2014; Loschi *et al*, 2015), HVDC (*High Voltage Direct Current*) (Khan *et al.*, 2015), NZEH (*Net-Zero Energy Home*) (Hoque, 2010; Rosen, 2015), entre otras. Precisamente, la principal contribución de este artículo radica en la propuesta, de libre opción, contentiva de una serie de estrategias para lograr esa coexistencia, así como la incorporación de esas nuevas tecnologías. Se trata de uno de los resultados del proyecto intitulado «Uso Eficiente de la Energía durante el Efecto del Fenómeno de El Niño», auspiciado por la Gobernación del Estado Mérida, Venezuela; resultado que en este trabajo es enmarcado en un contexto adaptable, de forma completa o parcial, a la realidad de cualquier país. En tal sentido, es oportuno resaltar que este trabajo no pretende ser una «receta» de estricto cumplimiento, sino que por el contrario ofrece una serie de alternativas, basadas en áreas de oportunidades, que podrán ser ajustadas e incluso hasta desconsideradas, en cada país, de acuerdo a su economía, realidad política, necesidades locales, regionales y nacionales, etc. Es por ello que, líneas relativamente fáciles de implementar en algunos países, se tornan difíciles de implantar en otros, tal es el caso, por ejemplo, del uso de bombillos ahorradores de energía, estrategia que ha sido factible de implementar en Colombia (MERCOLÓGICO, 2016), pero que en Venezuela ha generado un considerable impacto económico para la población, debido al alto costo de dichos bombillos para el país (NOTICIALADIA, 2016).

II. Metodología

Básicamente, la metodología a seguir para la concepción del plan de uso eficiente de energía eléctrica objeto del presente trabajo, consta de las siguientes fases:

- Establecer las principales actividades que deben ser emprendidas en el marco del referido uso eficiente de la energía.

- Detectar los problemas que, en líneas generales, impactan negativamente un Sistema Eléctrico Nacional (SEN).
- Definir las condiciones en las que se debe basar el diagnóstico de la situación actual del SEN de un determinado país.
- Establecer las medidas más resaltantes que pueden ser consideradas por cada gobierno nacional para propiciar el uso eficiente de la energía eléctrica.

II.1. Principales actividades a ser acometidas para el uso eficiente de la energía eléctrica

La articulación del plan contentivo de las nuevas estrategias a ser propuestas para el plan en cuestión, parte específicamente de las dos (2) siguientes actividades: promoción del cambio tecnológico y promoción del cambio en el comportamiento del usuario del servicio (UPME, 2010; Fernández, 2014; Davoudi *et al.*, 2014; Olsen 2015).

En relación al cambio tecnológico, previamente es importante resaltar el hecho de que en la actualidad, en varios países, tales como Venezuela y Colombia, la generación alternativa y la cogeneración representan un bajo porcentaje en relación el uso de la generación hidráulica, lo cual supedita la confiabilidad del suministro del servicio eléctrico a los cambios climáticos, tal es el caso del fenómeno del El Niño.

Así, en Venezuela, un 62 % de la energía eléctrica es producto de la generación hidráulica, 35 % es proveniente de las centrales termoeléctricas y un 3 % se ampara en la generación distribuida (CORPOELEC, 2015). Por su parte, en Colombia, la generación hidráulica aporta un 69,9 % de la energía eléctrica del país, seguida por la generación por gas natural (24,8 %), carbón (4,9 %), cogeneración (0,3 %) y eólica (0,1 %) (Macías y Andrade, 2013).

Por tanto, es imprescindible incorporar nuevas tecnologías aplicadas a la generación de energía para contribuir con la eficiencia energética, por lo que, las líneas de acción más importantes identificadas en esta actividad son:

- Establecimiento de un marco legal de regulación que impulse la adopción de medidas de ahorro energético y el uso eficiente de la energía eléctrica.
- Utilización de incentivos económicos que favorezcan la elección por parte del usuario de tecnologías más eficientes.
- La promoción de tecnologías, a nivel de hardware y software, de alta eficiencia, certificadas y homologadas de acuerdo a prácticas de manufactura y desarrollo.

Por su parte, la promoción de cambio en el comportamiento del consumidor está orientada a crear conciencia en los usuarios del servicio acerca de los grandes problemas climáticos que se han venido derivando por el uso y abuso indiscriminado del consumo de energía, lo que trae como consecuencia condiciones desfavorables que afectan el bienestar de toda la comunidad, en lo concerniente a la vivienda, infraestructura vial, salud, agricultura, pesca, entre otros. En consecuencia, las líneas de acción más destacadas identificadas para esta actividad son:

- Difusión de mejores prácticas del uso de la energía eléctrica, a través de campañas informativas enfocadas a los distintos grupos sociales.
- Utilización de incentivos económicos y no-económicos para fomentar la adopción de hábitos al uso eficiente de la energía eléctrica.
- Penalización económica y no-económica cuando el uso ineficiente de la energía es comprobado por segunda vez en adelante.
- Regímenes de tarifas no lineales con respecto al consumo.

II.2. Situación general actual del Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

La problemática del Servicio Eléctrico Nacional (SEN) en cada país es principalmente de tipo estructural y existe la percepción de que en los últimos años la situación se ha venido empeorando a pesar de la significativa cantidad de recursos económicos invertidos por los gobiernos nacionales (Rojas y Ventura, 2014; MPPEE, 2015). Ello indica que el problema radica más en una inadecuada planificación que en la falta de inversión. En este sentido, es importante tomar en cuenta que anteriormente una significativa cantidad de los problemas que se presentaban sólo eran conocidos por los expertos a cargo del SEN; sin embargo, la situación se ha convertido más tangible para los usuarios del servicio, especialmente en aquellas regiones donde su población es más vulnerable y en donde los efectos climáticos se sienten con mayor rigor. Por ello, es indispensable realizar una minuciosa investigación acerca de la aplicación de los planes de uso racional de energía teniendo en cuenta la realidad de cada país. En ese particular, en líneas generales, las anomalías que impactan negativamente un SEN, son las resumidas en **Tabla 1**.

TABLA 1. Anomalías que afectan a un SEN

Anomalías	Descripción	Consideraciones a ser tomadas en cuenta en el plan a ser propuesto
Planificación e inversión incorrectas	La relación técnica-económica no siempre es la que mejor responde a los problemas derivados del cambio climático, ahorro de energía, entre otros. Por ello, también se requiere prestar especial atención a los cambios de paradigmas que tienen lugar en la generación eléctrica y su entorno, ya que una mala selección podrá agravar aún más los problemas existentes.	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones y equipos nuevos de generación, subestaciones, transmisión y distribución de energía eléctrica. - Instalaciones y equipos existentes de generación, subestaciones, transmisión y distribución de energía eléctrica. - Diversificación del sistema. - Medición (micro y macro).
Debilidad institucional	Relacionada con la capacidad de las empresas públicas o privadas, de entender los razonamientos del plan a nivel de los entes responsables de las políticas a corto, mediano y largo plazo, para su implantación.	<ul style="list-style-type: none"> - Debilidad política. - Debilidad estructural. - Debilidad de conocimiento (personal no actualizado en las nuevas tecnologías y nuevas prácticas del sector eléctrico).
Efecto climático	Es uno de los aspectos más importantes que se considera en el plan de eficiencia energética a ser propuesto, ya que, tanto los prestadores del servicio eléctrico como los usuarios del mismo forman parte del problema.	<p>Los efectos climáticos más importantes en la región suramericana son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fenómeno del El Niño - Calentamiento global.
Incremento de la demanda	La mejora en el poder adquisitivo y calidad de vida de la población redundan en un aumento del consumo de energía eléctrica y el correspondiente incremento en el deterioro del ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> - Mejoras económicas de la población. - Incremento del parque comercial e industrial. - Aumento de la población.
Uso ineficiente de la energía eléctrica	Conjunto de acciones, deliberadas o no, que tiene un considerable impacto negativo en un SEN.	<ul style="list-style-type: none"> - Fraude o hurto de energía. - Pérdidas técnicas y no-técnicas de sistema de energía eléctrica. - Operación deficiente, alto consumo, derroche de energía y bajo costo del servicio.

II.3. Condiciones para el establecimiento de las líneas de acción del plan

Con el fin de establecer las líneas de acción que deberán ser acometidas para el plan de uso racional y eficiencia energética a ser propuesto, es im-

perioso realizar un diagnóstico de la situación actual del SEN del país en cuestión, a partir de condiciones tales como déficit energético, aislamiento geográfico, límites de voltaje de transmisión, estabilidad de voltaje, problemas técnicos en el SEN, plantas de generadores fuera de funcionamiento, condiciones de embalses, tecnologías y metodologías de punta para el incremento de la eficiencia energética, legislación de nuevas estrategias de generación, entre otras.

II.4. Medidas a ser tomadas por cada gobierno nacional para el uso eficiente de la energía

Tal como ha sido mencionado anteriormente, el fomento del uso eficiente de la energía eléctrica en cada país dependerá de la realidad del mismo, es decir, se debe considerar, por ejemplo, la infraestructura existente, mercado o modelo de negocios de energía, concepción del gobierno nacional en cuanto a los objetivos sociales del servicio eléctrico, situación económica del país, actitud del usuario del servicio hacia el ahorro de energía, entre otros. Las medidas en cuestión deberán estar enmarcadas, en parte, en las áreas de oportunidades que serán definidas más adelante. Dichas medidas deben estar en consonancia, precisamente con el cambio tecnológico y los cambios de patrones de comportamiento en el uso de la energía.

En resumen, entre las medidas más resaltantes que pueden ser consideradas por cada gobierno nacional para propiciar el uso eficiente de la energía eléctrica, están:

- Declaración de emergencia del SEN, mediante Decreto Presidencial.
- Instalación de unidades de bombillos ahorradores de energía en clientes residenciales.
- Instalación de luminarias ahorradoras en el alumbrado público.
- Fomento del uso de cocinas de inducción, así como del cambio de refrigeradores y aires acondicionados de alto consumo por equipos nuevos de bajo consumo.
- Reducción, también vía Decreto Presidencial, de la demanda de energía eléctrica en los edificios de la administración pública.
- Construcción de viviendas de «energía neta nula o cero» o NZEH.
- Uso de energías alternativas, tales como paneles solares y generadores eólicos.
- Diseño de planes eficientes de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Auditorias permanentes al SEN.
- Ejecución de campañas para concienciar al usuario, a través de los medios de comunicación.

- Aplicación de pliego tarifario a grandes consumidores comerciales e industriales.
- Cambio del régimen tarifario a clientes residenciales.
- Estudio de posibilidades de cogeneración por parte de clientes de alto consumo y con planta eléctricas privadas.
- Estudio de posibilidades de generación distribuida.
- Incorporación de tecnologías de punta, tales como *Smart Grid*, HVDC, software de visualización en dispositivos móviles, DR (*Dynamic Response*), etc., a la red de energía eléctrica.
- Aplicación de técnicas de inteligencia computacional, por ejemplo, algoritmo genético, PSO (*Particle Swarm Optimization*), ACO (*Ant Colony Optimization*), entre otras, para la optimización del desempeño de red de energía eléctrica, modelado del comportamiento de consumo de los usuarios, etc.
- Formación y capacitación de los actores relacionados directa o indirectamente con la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

No obstante, es oportuno resaltar que aunque no todas las medidas señaladas hayan resultado completamente exitosas (por ejemplo, la sustitución de bombillos incandescentes convencionales por bombillos ahorradores de energía de alto rendimiento, ha tenido inconvenientes en algunos países, relacionados con el precio de dichos bombillos o la calidad de los mismos o el nivel de contaminación ambiental producido), tales medidas no sólo pueden, sino que además deben ser reimpulsadas, debido a su potencial impacto positivo en el uso eficiente de la energía eléctrica, razón por la cual todas ellas serán consideradas en el plan que se propone en el presente artículo.

III. Resultados y discusión

A la luz de las dos principales actividades a ser emprendidas en el uso racional y eficiente de la energía eléctrica, los problemas generales de un SEN, las condiciones a ser tomadas en cuenta en el establecimiento del plan de uso racional y eficiencia energética de un país y las medidas a ser consideradas por un gobierno nacional en ese sentido, se obtiene como resultado, los objetivos general y específicos, así como las estrategias que conforman el mencionado plan, propuesta como una solución holística que incluye la mayoría de los factores involucrados en el uso de la energía eléctrica

Al respecto, se han identificado 14 áreas de oportunidades en las que se centrará el plan en cuestión, las cuales se describen en la **Tabla 2**. Por

sí mismas, cada una de esas áreas representa las estrategias y líneas de acción costo-efectivas para promover y fomentar el uso eficiente de la energía eléctrica, a corto y mediano plazo, en los sectores de la sociedad involucrados.

Cabe resaltar que dichas áreas han sido consideradas a partir de los resultados obtenidos en el proyecto «Uso Eficiente de la Energía durante el Efecto del Fenómeno de El Niño», de la Gobernación del Estado Mérida, Venezuela anteriormente mencionado (González *et al.*, 2015), así como de algunos de los resultados reportados en la literatura, como por ejemplo, edificaciones NZEH (González, 2014), concienciación de la población (Buchanan *et al.*, 2015), combate al fraude de energía eléctrica (Arefia *et al.*, 2012; Dangar y Joshi, 2014), energía alternativas y generación distribuida (Goggin, 2013; Couture *et al.*, 2015), entre otros.

En ese sentido, en el caso específico del proyecto de la Gobernación del Estado Mérida, se reflejó que después de un periodo de evaluación que data desde hace aproximadamente 5 años, cuando en 2010 se implementaron las primeras medidas de cara al uso racional de la energía eléctrica y la eficiencia energética en el mencionado estado y, en general, en Venezuela, es decir, la concienciación de la población para el uso racional de la energía, el cambio de las luminarias incandescentes por su homólogas ahorradoras, los planes de racionamiento programados y el fortalecimiento institucional, acciones esas que forman parte de 4 de las 14 áreas de oportunidades del plan propuesto en el presente trabajo. En general, las 14 áreas en cuestión han contribuido en menor o mayor grado, de manera efectiva a la reducción del consumo de energía eléctrica, tal como se especificará más adelante en la sección III.3.

Claro está, las condiciones en tiempo y espacio para la implementación de una u otra área de oportunidades en el estado Mérida, y en Venezuela en general, a lo largo de ese periodo de 5 años, no han sido constantes. Por ejemplo, el reemplazo de las tradicionales luminarias por las llamadas ahorradoras ha sufrido una desaceleración e, incluso, en algunos sectores de la población, hasta un retroceso, debido a que aproximadamente desde el segundo semestre del 2014 el costo al público de dichas luminarias ha tenido incrementos sucesivos, siendo actualmente hasta 10 veces más caras que lo que costaban hasta el final del primer semestre de ese 2014. Asimismo, en el caso de las campañas de concienciación de la población para cambiar sus costumbres de consumo, el apoyo de los medios de comunicación privados ha sido variable, incluyendo periodos de muy poca promoción de dicha campaña.

En relación a los resultados extraídos de la literatura arriba mencionada, se tiene, por ejemplo, que de acuerdo a González (2014), la evaluación del desempeño durante un año, en términos de ahorro de energía, de una NZEH construida en el estado de Maryland, Estados Unidos, bajo el auspicio de la NIST (*National Institute of Standards and Technology*), mostró un ahorro de aproximadamente 490 kWh al año, es decir, que con mil (1000) residencias de ese tipo en una ciudad, se estarían ahorrando 490 MWh por periodo anual en dicha ciudad.

Arefia *et al.* (2012) evaluaron la energía eléctrica ahorrada en un año, en 14 empresas de prestación de servicio eléctrico en Irán, implementando técnicas de prevención de hurto de energía eléctrica de manera aislada o combinada con otras técnicas de finalidad similar, obteniéndose una reducción en las pérdidas de energía desde 6,9 MWh hasta 1,3 GWh.

De la misma manera, Goggin (2013) mostró que en el periodo 1999 hasta 2010, los países en Europa que incrementaron el uso de la energía eólica en ese mismo periodo vieron reducida la emisión de CO₂ por kWh hasta en un 53,07% (caso de Portugal, que presentó el mayor incremento en la utilización de dicha energía en el mencionado periodo).

TABLA 2. Áreas de oportunidades del plan de uso racional de energía eléctrica

Áreas de Oportunidades	Descripción
Iluminación	Comprende necesidades de iluminación en los sectores residencial, comercial, industrial y dependencias del gobierno nacional y estatal, así como de alumbrado público.
Equipos electrodomésticos	Se refiere al consumo de energía derivado del uso de los equipos electrodomésticos, electrónicos y equipos de mayor consumo eléctrico dentro de hogares; incluyendo aire acondicionado, refrigeración, cocción de alimentos, calefacción y calentamiento de agua.
Cogeneración	Identifica la posibilidad de ahorro de energía en las industrias y entes públicos con potencial latente de cogeneración.
Edificaciones	Aborda las oportunidades de ahorro de energía debido a mejores prácticas de construcción y aislamiento térmico.
Motores industriales	El interés se centra en motores trifásicos de menos de 75 Hp, que representan la gran mayoría del parque de motores
Campañas de concienciación de la población	Se refiere al entendimiento por parte de la población, de la problemática del SEN, a través de campañas informativas mediáticas.

La tabla continúa en página siguiente >>>

Evaluación de planes de racionamiento	Estudio y consecución de planes de racionamiento, debido a que existe la duda, por ejemplo, sobre la cantidad de energía eléctrica necesaria después de una reconexión para estabilizar la carga en un determinado circuito, en comparación con otras estrategias.
Medición	Establecimiento de un plan piloto de medición a niveles micro y macro, con la incorporación de <i>Smart Grid</i> , DR, etc.
Combate al fraude	Aborda el problema de detección y eliminación del fraude en todos los niveles de consumo.
Auditoría	Necesaria para garantizar la correcta aplicación de las medidas contempladas en el plan de uso racional y eficiente de la energía eléctrica.
Optimización y modernización del funcionamiento	Contempla el análisis del sistema actual y estudia las posibilidades técnicas-económicas para el mejoramiento del mismo; por ejemplo, disminución de pérdidas técnicas, modernización y actualización de equipos y análisis de contingencias, implementación de HVDC, uso de técnicas de inteligencia computacional, entre otros.
Energías alternativas y generación distribuida	Explora el potencial del uso de energías alternativas y/o de generación distribuida.
Replanteamiento de horarios laborables	Plantea el estudio de los horarios laborales en todos los sectores de la sociedad, con el objetivo principal de promover el uso eficiente de la energía eléctrica.
Fortalecimiento institucional	Aborda los cambios institucionales que se deben implementar para tornar compatible y hacer cumplir las leyes en un modelo económico, preferiblemente, con impacto social positivo, que garantice el uso eficiente de la energía eléctrica.
Formación y capacitación del personal	Establece las necesidades, y sus formas de cubrirlas, que se tiene en materia de formación y capacitación del personal ligado al SEN para la solución de sus problemas.

III.1. Objetivo general del plan de uso racional y eficiente de la energía eléctrica

El plan para el uso eficiente de la energía eléctrica tiene como objetivo general fomentar el aprovechamiento sustentable de dicha energía, enfocándose principalmente en estrategias de eficiencia energética basadas en el cambio tecnológico, así como en el cambio del comportamiento de consumo por parte del usuario del servicio, manteniendo siempre una visión holística y optimista, y al mismo tiempo proponiendo herramientas necesarias para garantizar la validez del mismo en el tiempo.

III.2. Objetivos específicos y estrategias por áreas de oportunidades

Para cada área de oportunidades de la **Tabla 2** se ha definido un objetivo específico, así como las estrategias que se sugieren implementar para lograr cada uno de esos objetivos, lo cual se muestra en la **Tabla 3**.

TABLA 3. Objetivos específicos y estrategias por áreas de oportunidades

Área de Oportunidades	Objetivo Específico	Estrategias Planteadas
Iluminación	Incrementar la eficiencia del parque de lámparas de iluminación	<ul style="list-style-type: none"> -Asegurar el cambio tecnológico para incrementar la eficiencia del parque de iluminación. -Garantizar que el acceso a las lámparas de alto rendimiento sea continuo y económicamente sustentable, implementando subsidios para que el costo de dichas lámparas sea menor al de las lámparas convencionales. -Otorgar incentivos económicos a las instituciones privadas para que cambien sus lámparas convencionales por otras de alto rendimiento. -Promover el uso de sistemas de detección de movimiento de ultrasonido e/o infrarrojo para el control automático de la iluminación en instituciones públicas y privadas. -Optimizar el uso del alumbrado público a través de fotoceldas, con control automático o control manual. -Analizar el impacto del uso de lámparas de alto rendimiento en la calidad del servicio eléctrico, armónicos, etc. -Controlar el manejo de lámparas desechadas.
Equipos electrodomésticos	Incrementar la eficiencia del parque de los equipos electrodomésticos del hogar	<ul style="list-style-type: none"> -Establecer normas para mejorar la eficiencia de los equipos electrodomésticos nuevos que entran al mercado. -Sustituir equipos electrodomésticos obsoletos y racionalizar el consumo de energía por parte de los equipos nuevos.
Cogeneración	Incrementar la capacidad de cogeneración	<ul style="list-style-type: none"> -Promover, incentivar y facilitar la cogeneración en usuarios de alto consumo.
Edificaciones	Reducir el consumo por acondicionamiento del ambiente en edificaciones, en todos los sectores de la población	<ul style="list-style-type: none"> -Proponer mejores prácticas en la construcción de edificaciones. -Mejorar del aislamiento térmico de instalaciones existentes. -Aprovechar la luz natural.
Motores industriales	Incrementar la eficiencia del parque de motores industriales de mayor consumo	<ul style="list-style-type: none"> -Evaluar y modificar del tipo de arranque de los motores. -Mejorar la eficiencia de los motores nuevos que entran al mercado.
Campañas de concienciación de la población	Informar y promover el entendimiento en la población acerca de la situación actual de SEN y el uso eficiente de la energía eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> -Implementar entrevistas, micro-videos, documentales en televisión, radio, Internet, equipos móviles, etc. -Implementar elementos informativos en instituciones públicas y áreas de alto tráfico peatonal y vehicular. -Entregar volantes, franelas y DVD. -Elaborar y distribuir una guía de uso eficiente de la energía eléctrica. -Modelar y optimizar el comportamiento de consumo de los usuarios mediante técnicas de inteligencia computacional.

La tabla continúa en página siguiente >>>

Evaluación de planes de racionamiento	Evaluar los planes de racionamiento	<ul style="list-style-type: none"> -Simular el sistema en flujo de carga. -Comparar la energía consumida en funcionamiento normal y después de la reconexión, en función del tiempo de corte. -Evaluar posibles escenarios ante una emergencia aún más marcada: cogeneración y generación distribuida.
Medición	Implementar la medición del consumo de la energía eléctrica a niveles micro y macro	<ul style="list-style-type: none"> -Incluir medidores en el sistema e implementar planes pilotos de medición, incorporando <i>Smart Grid</i>, DR, etc. -Crear una fábrica de medidores inteligentes.
Fraude	Detectar y disminuir las pérdidas no técnicas o por fraude	<ul style="list-style-type: none"> -Fortalecer los grupos de detección de fraude. -Mejorar las técnicas usadas para la detección de fraude. -Implementar cambios en la facturación en áreas de consumo altamente fraudulentas, considerando macro medición. -Ajustar las penalizaciones.
Auditoría	Implementar un plan de auditoría permanente del SEN	<ul style="list-style-type: none"> -Activar unidades de auditoría, internas y externas (por ejemplo, investigadores de instituciones universitarias), de las diferentes partes del SEN, conformadas por expertos en las distintas áreas
Optimización y modernización del funcionamiento	Optimizar y modernizar la operación del sistema eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> -Analizar el sistema a través de simulación del flujo de carga. -Determinar posibles escenarios para garantizar un funcionamiento óptimo. -Cambiar equipos obsoletos. -Incluir nuevas tecnologías. -Aplicar técnicas de inteligencia computacional para optimizar el desempeño de las redes eléctricas.
Energías alternativas y generación distribuida	Analizar, promover e implementar el uso de energías alternativas y generación distribuida	<ul style="list-style-type: none"> -Crear una fábrica de mini-hidro centrales eléctricas y establecer un plan piloto. -Crear una fábrica de paneles solares y establecer un plan piloto. -Analizar el potencial de la energía eólica. -Implementar plantas de generación distribuida.
Replanteamiento de horarios laborales	Replantear horarios laborales de instituciones públicas y privadas para un uso más eficiente de la energía	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar estudios de horas laborales diarias por tipo de sector económico. -Analizar el impacto de fines de semana de tres días o más días (por los feriados). -Analizar el impacto del cambiar del huso horario.
Fortalecimiento institucional	Determinar los cambios institucionales a ser implementados para tornar compatible y hacer cumplir las leyes, en un modelo económico, con impacto social positivo	<ul style="list-style-type: none"> -Crear una comisión nacional reguladora con plenas potencialidades y garante de la confiabilidad y fortaleza del SEN. -Desarrollar las competencias de los estados o provincias, así como de los municipios. -Evaluar el flujo de caja de las empresas del sector y generar políticas de mantenimiento y ampliación económicamente sustentables, acorde con el requerimiento y crecimiento de la población.

Es oportuno destacar que, las estrategias planteadas para el cumplimiento de los objetivos específicos del plan propuesto que aparecen en la **Tabla 3**, son nuevamente el resultado de la sistematización de los alcances logrados

por el proyecto «Uso Eficiente de la Energía durante el Efecto del Fenómeno de El Niño», de la Gobernación del Estado Mérida, Venezuela, así como de los resultados reportados en la literatura que fue consultada para tal fin, citada anteriormente.

III.3. Líneas de acción por áreas de oportunidades

Las políticas comprometidas con la eficiencia energética pueden ser implementadas a través de líneas de acción interdependientes y líneas básicas transversales, necesarias para lograr la sinergia y, por ende, los resultados deseados. Las líneas de acción propuestas por áreas de oportunidades en el plan objeto del presente trabajo, se resumen en la **Tabla 4**.

TABLA 4. Líneas de acción por áreas de oportunidades

Área de Oportunidades	Líneas de Acción
Iluminación	<ul style="list-style-type: none"> - Promover el uso de lámparas ahorradoras. - Crear una empresa que suministre al consumidor las lámparas ahorradoras al menos al mismo precio de una lámpara incandescente, para lograr una economía de energía en lo relativo a la iluminación permanente en el tiempo.
Equipos electrodomésticos	<ul style="list-style-type: none"> - Incentivar subsidios para el cambio de electrodomésticos. - Obligar al uso de la tarjeta de consumo de energía eléctrica de los equipos electrodomésticos que se vendan en el país.
Cogeneración	<ul style="list-style-type: none"> - Lograr una diversificación de la generación en el SEN para que al menos sus componentes hidráulico y térmico sean equitativos. - Incentivar el uso de las energías alternativas.
Edificaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Reglamentar la utilización de luz natural en las edificaciones comerciales. - Establecer un plan piloto para evaluar el beneficio de las mejoras del aislamiento térmico en instalaciones existentes.
Motores industriales	<ul style="list-style-type: none"> - Reglamentar el uso de arrancadores para motores de gran potencia y la eficiencia de los mismos.
Campaña de concientizar a la población	<ul style="list-style-type: none"> - Impulsar campañas de concienciación a través de los diferentes medios de comunicación.
Evaluación de planes de racionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar los impactos técnicos, sociales, ambientales y económicos de los planes de racionamiento y ahorro de energía.
Medición	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar la macro y micro medición en un circuito de distribución piloto. - Llevar a cabo la automatización de la medición del consumo de los usuarios. - Crear una fábrica de medidores inteligentes.

La tabla continúa en página siguiente >>>

Fraude	<ul style="list-style-type: none"> - Reglamentar los mecanismos para evitar el fraude y fortalecer los grupos para detección del mismo. - Implementar tarifas variables. - Implementar cambios en la facturación en áreas de consumo altamente fraudulentas. - Aplicar sanciones y penalizaciones.
Auditoría	<ul style="list-style-type: none"> - Conformar un grupo de expertos, a nivel interno y externo, que audite las diferentes partes del SEN, estableciendo métricas que permitan garantizar el cumplimiento del plan de uso eficiente de la energía eléctrica.
Optimización y modernización del funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar los cambios necesarios para cumplir con los requerimientos de calidad de energía en un marco de impacto socialista positivo, garantizando el derecho constitucional al acceso a la energía eléctrica. - Desarrollar y ejecutar de esquemas de operación óptima.
Energías alternativas y generación distribuida	<ul style="list-style-type: none"> - Crear una fábrica de mini-hidro centrales eléctricas y establecer un plan piloto. - Crear una fábrica de paneles solares y establecer un plan piloto. - Estudiar el potencial de la energía eólica.
Replanteamiento de horarios laborales	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar estudios de operación de fábricas en horarios diferentes a los actuales. - Evaluar el cambio del huso horario.
Fortalecimiento institucional	<ul style="list-style-type: none"> - Crear de una comisión nacional reguladora con plenas potencialidades y garante de la confiabilidad del SEN. - Desarrollar las competencias de los estados (provincias) y municipios. - Evaluar el flujo de caja de las empresas del sector y generar de políticas de mantenimiento y ampliación económicamente sustentables, en un todo según el requerimiento y crecimiento de la población.

La facilidad o complejidad en la implementación de una determinada línea de acción en un país, está supeditada a la realidad política, económica, social, cultural y tecnológica del mismo, por lo que el escenario de dicha implementación es cambiante de país en país. Por ejemplo, la significativa dificultad que existe en la mayoría de los países de América Latina y África para crear fábricas de productos tecnológicos, no necesariamente se percibe de esa manera en los llamados países tecnológicamente desarrollados.

A la luz de la aplicación, en algunos casos, profunda y en otros, de manera superficial, para el estado Mérida, Venezuela, de las líneas de acción propuestas en la **Tabla 4**, en la **Figura 1** se muestran los resultados acerca de la facilidad de implementación de cada área de oportunidades (González *et al.*, 2015). Puede observarse que el área de oportunidades que mayor

facilidad presentó en su implementación fue la de iluminación, con un 25 %, seguida por las campañas de concienciación de la población y el fortalecimiento institucional, cada una con un 10 %. Las restantes áreas se lograron implementar o conceptualizar en apenas un 5 % cada una de ellas. Es oportuno acotar que los tiempos de implementación o conceptualización de cada una de las áreas fueron diferentes; por ejemplo, la migración hacia las lámparas ahorradoras se evaluó desde su implementación en el año 2010.

Por otra parte, en la **Figura 2** se ilustra el porcentaje de reducción en el consumo de energía eléctrica alcanzado con la implementación las áreas de oportunidades (González *et al.*, 2015). Se observa que el éxito real o esperado en la reducción del consumo de energía según el área de oportunidades esperada no necesariamente está correlacionado con el porcentaje de implementación de cada una de esas áreas. Por ejemplo, con apenas un porcentaje de implementación del 5 % para el caso de las energías alternativas y generación distribuida, se logró una reducción del 33 % desde el año 2010 al 2015, es decir, la misma que se obtuvo mediante la aplicación real con la migración a lámparas ahorradoras. Asimismo, se observa por ejemplo, que a pesar de haber sido implementadas ambas en un 10 %, el fortalecimiento institucional arrojó una reducción mayor que la obtenida con la campaña de concienciación de la población.

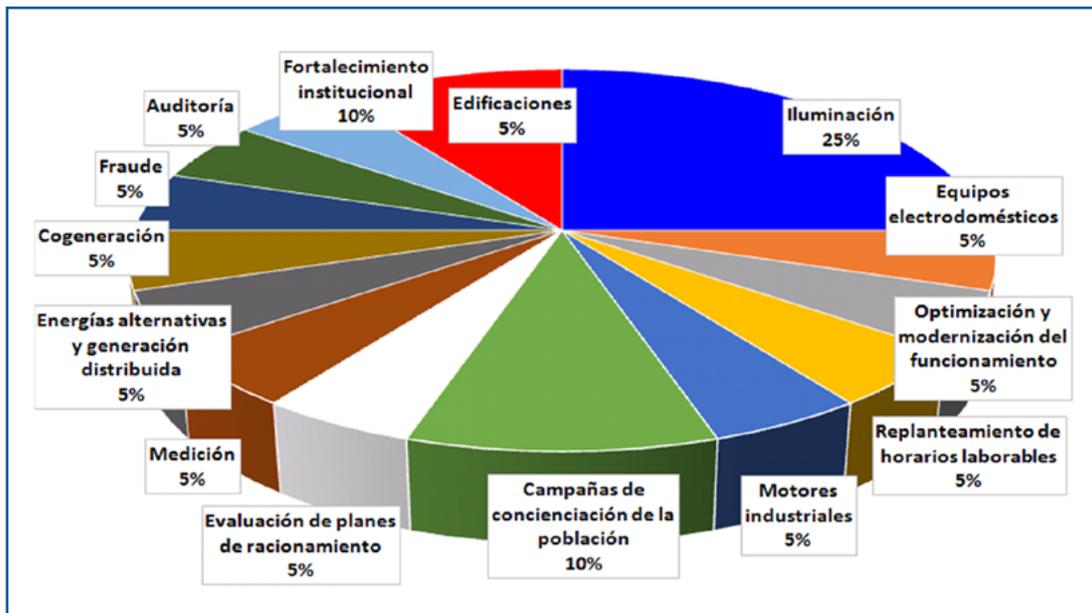


FIGURA 1. Implementación real de las áreas de oportunidades del plan, en el estado Mérida, Venezuela

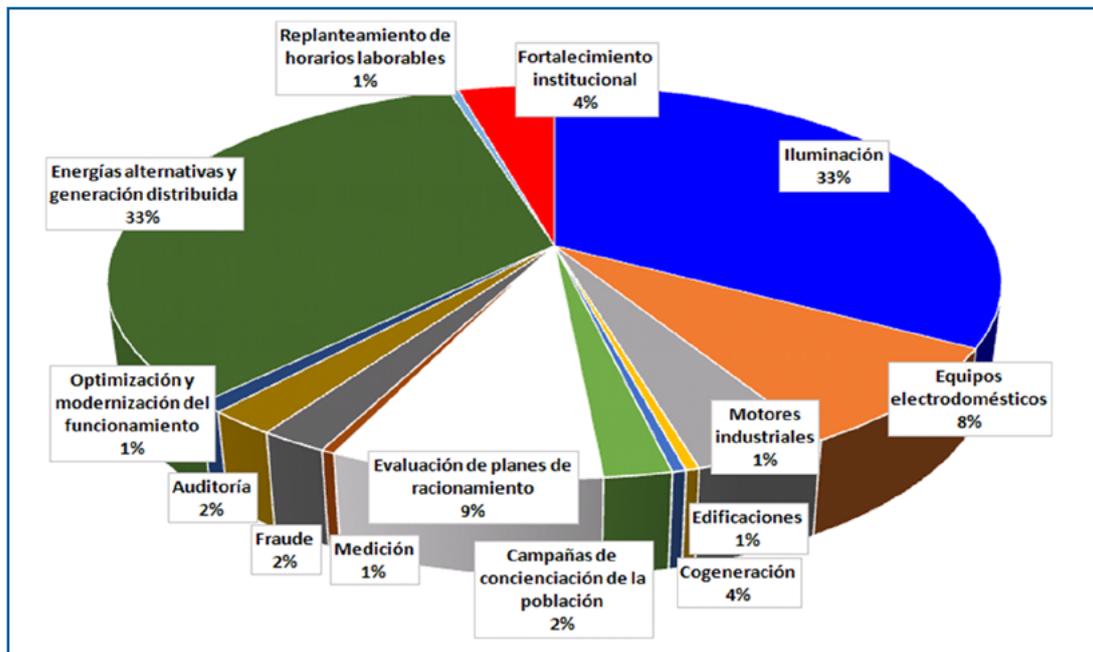


FIGURA 2. Reducción del consumo de energía alcanzada por área de oportunidades en el estado Mérida, Venezuela

Es importante considerar también realidades, en el caso del estado Mérida, Venezuela, relacionadas con el mayor consumo de energía eléctrica a nivel residencial que industrial, así como la resistencia encontrada en los usuarios para mejorar las edificaciones, minimizar el fraude y replantear los horarios laborales.

Finalmente, en la **Tabla 5** se puede apreciar la prioridad, establecida particularmente por la Gobernación del Estado Mérida, en cuanto a la implementación, a corto, mediano y largo plazo, de las áreas de oportunidades del plan propuesto (González *et al.*, 2015), no sin antes insistir en que dicha priorización es propia de cada país e incluso, de cada estado o provincia.

En la **Tabla 5** se puede observar que, ante la realidad económica, social, tecnológica de Venezuela y del estado Mérida en particular, los porcentajes de prioridad considerados como realistas en su implementación, para las áreas de oportunidades, son más elevados a largo plazo. Para otros estados de Venezuela u otros países, esa tendencia podría ser diferente.

TABLA 5. Prioridad en la implementación de las áreas de oportunidades para el caso del estado Mérida, Venezuela

Áreas de Oportunidades	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Iluminación	40 %	20 %	40 %
Equipos electrodomésticos	10 %	40 %	50 %
Cogeneración	5 %	15 %	80 %
Edificaciones	5 %	15 %	80 %
Motores industriales	5 %	30 %	55 %
Campañas de concienciación de la población	20 %	40 %	40 %
Evaluación de planes de racionamiento	20 %	40 %	40 %
Medición	5 %	25 %	70 %
Combate al fraude	5 %	20 %	75 %
Auditoría	15 %	35 %	50 %
Optimización y modernización del funcionamiento	10 %	40 %	50 %
Energías alternativas y generación distribuida	-	10 %	90 %
Replanteamiento de horarios laborables	5 %	20 %	75 %
Fortalecimiento institucional	20 %	40 %	40 %
Formación y capacitación del personal	20 %	40 %	40 %

IV. Consideraciones generales para la implementación del plan propuesto

En realidad, considerando las vicisitudes propias de cada país que impactan de manera favorable o desfavorable, la aplicación de una determinada línea de acción del plan para el uso racional de la energía y la eficiencia energética, es prácticamente imposible establecer un procedimiento metódico para la implementación del mismo. No obstante, si es posible señalar algunas consideraciones generales que se pudieran tomar en cuenta para dicho fin:

- Evaluar previamente las condiciones económicas, sociales, tecnológicas, culturales, ambientales, entre otras, en la región en la cual se pretende implementar una determinada área, a fin de estimar las facilidades y dificultades que circundan dicho proceso en la región e interés, así como también estimar los porcentajes del despliegue de esa implementación a corto, mediano y largo plazo. Por ejemplo, el diseño de una edificación NZEH varía dependiendo de la región climática del país en la que se vaya

a construir, el tiempo para la creación y puesta en operación de una fábrica de medidores inteligentes depende de la situación económica del país y/o sus alianzas estratégicas con otros países.

- Prever los porcentajes de reducción del consumo de energía eléctrica y/o emisiones hacia el medio ambiente, asociados a cada línea de acción a ser implementada, y determinar su relación con el costo de inversión. Por ejemplo, la construcción de plantas de energías alternativas requiere de la inversión de significativos recursos económicos, pero el porcentaje de reducción de energía, así como también de las emisiones contaminantes, es mayor que en la mayor parte de las restantes líneas de acción propuestas en el plan.
- Crear programas de subsidio que permitan abaratar los costos inherentes, por ejemplo, a los bombillos ahorradores, edificaciones NZEH, motores trifásicos de nueva generación, electrodomésticos también de nueva generación, etc.
- Promover la participación de las instituciones universitarias para la investigación, asesoría y ejecución en materia de: campañas de concienciación, prevención y disminución del hurto de energía eléctrica, diseño y fabricación de motores eléctricos, medidores inteligentes, centrales eléctricas, plantas de energías alternativas y edificaciones NZEH, actividades de regulación del SEN, desarrollo e impartición de los planes de formación y capacitación en materia de energía eléctrica, uso de técnicas de computación inteligente para la optimización de las redes eléctricas, etc.
- Promover la creación de estudios desde el nivel primario hasta postgrado involucrados directamente con el tema del uso racional de la energía eléctrica y la eficiencia energética.

V. Conclusiones

El uso racional y la eficiencia energética, requiere de planes estratégicos que son propios de cada país en virtud de las características locales políticas, económicas, sociales, entre otras. No obstante, en el presente artículo se tomaron en cuenta aspectos que de una manera u otra son comunes a las realidades de los países en general, lo que permitió proponer estrategias para un plan del uso racional y eficiente de la energía eléctrica con cierta validez universal.

El referido plan partió de dos importantes premisas: a) necesidad de incorporar cambios tecnológicos, tales como fuentes alternativas de energía, generación distribuida, cogeneración, tecnologías y metodologías de punta tales como *Smart Grid*, HVDC, NZEH, DR, técnicas de inteligencia computa-

cional, entre otras; b) necesidad de promover cambios en el comportamiento del usuario en relación al consumo de energía eléctrica.

Seguidamente, se analizaron las principales anomalías que, en general, se ciernen sobre los SEN, así como las condiciones a ser tomadas en cuenta para el establecimiento de las líneas de acción del mencionado plan y las medidas que cada gobierno nacional debería implementar para el uso eficiente y racional de la energía eléctrica.

A partir del conocimiento de esas variables y realidades, se procedió a proponer el plan en cuestión, estableciendo los objetivos específicos, estrategias y líneas de acción según áreas de oportunidades (14 en total) tales como iluminación, campañas de concienciación de la población, medición, optimización y modernización del funcionamiento del SEN, entre otras.

Finalmente, se recomienda la puesta en práctica del plan aquí propuesto, con su respectiva evaluación en términos, por el ejemplo, del ahorro de energía, ahorro económico, etc.

Referencias bibliográficas

- AN (ASAMBLEA NACIONAL DE VENEZUELA) (2011). *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 39.823. Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía*. Disponible en: <<http://www.pgr.gob.ve/dmdocuments/2011/39823.pdf>> [07 de enero de 2016].
- AREFIA, A.; OLAMAEIA, J.; YAVARTALABB, A.; KESHTKARC, H. (2012). Loss Reduction Experiences in Electric Power Distribution Companies of Iran, en: *Energy Procedia*, 14:1392-1397.
- BERNAL, L. J.; LEÓN, A. Y.; MOYA, F. D. (2012). Rational Use of Energy in State Buildings, Case Study. (pp. 1-6). En: *2012 IEEE International Symposium on Alternative Energies and Energy Quality (SIFAE)*, Barranquilla, Colombia.
- BERRAHO, D. (2012). *Options for the Japanese Electricity Mix by 2050*. Master of Science Thesis, KTH School of Industrial Engineering and Management, Stockholm, Sweden. Broehm. r.; Geronimo, M. (2014). *Electric Utility Integrated Resource Plan (IRP)*. The Brattle Group Boston, USA.
- BUCHANAN, K.; RUSSO, R.; ANDERSON, B. (2015). The Question of Energy Reduction: The Problem(s) with Feedback, en: *Energy Policy*, 77:89-96.
- BUITRAGO, L. (2013). *Venezuela es el País de América Latina con Mayor Generación y Consumo de Electricidad*. Disponible en: <<http://www.avn.info.ve/contenido/venezuela-es-pa%C3%ADs-am%C3%A9rica-latina-mayor-generaci%C3%B3n-y-consumo-electricidad>> [07 de diciembre de 2015].
- CÁCERES D. L. (2013). *Uso Racional y Eficiente de la Energía en Colombia: Análisis de la Incidencia de las Políticas Públicas*

- en la Sostenibilidad Energética. Tesis de Maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede Ecuador.
- CONTRERAS-LISPERGUER, R.; DE CUBA, K. (2008). *The Potential Impact of Climate Change on the Energy Sector in the Caribbean Region*. Disponible en: <http://www.oas.org/dsd/Documents/Effects_of_Climate_on_Energy_DSD_Energy_Division.pdf> [15 de diciembre de 2015].
- CORPOELEC (CORPORACIÓN ELÉCTRICA DE VENEZUELA) (2015). *Generación*. Disponible en: <<http://www.corpoelec.gov.ve/generaci%C3%B3n>> [28 de enero de 2016].
- COUTURE, T.D.; JACOBS, D.; RICKERSON, W.; HEALEY, V. (2015). *The Next Generation of Renewable Electricity Policy. How Rapid Change is Breaking Down Conventional Policy Categories*. Disponible en: <<http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63149.pdf>> [03 de julio de 2016].
- DANGAR, D.; JOSHI, S.K. (2014). Electricity Theft Detection Techniques for Distribution System in GUVNL. (pp. 11-18). En: *2nd Two Days National Conference on Recent Trends In Electrical and Electronics & Communication Engineering (RTEECE 2014)*, Gujarat, India.
- DAVOUDI, S.; DILLEY, L.; CRAWFORD, J. (2014). Energy Consumption Behaviour: Rational or Habitual?, *disP - The Planning Review*, 50(3):11-19.
- DERS (DEPARTMENT OF ENERGY OF THE REPUBLIC OF SOUTHAFRICA) (2013). *Integrated Resource Plan for Electricity (IRP): 2010-2030, Update Report 2013*. Disponible en: <http://www.doe-irp.co.za/content/IRP2010_updatea.pdf> [26 de enero de 2016].
- EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA) (2014). *Nota Técnica DEA 10/14. Consumo de Energia no Brasil. Análises Setoriais. Série Estudos da Eficiência Energética*, Rio de Janeiro, Brasil.
- EVANS, J. M.; DE SCHILLER, S. (2013). Promoción de Eficiencia Energética y Uso de Energía Solar en Vivienda del Ecuador. (pp. 1-8). En: *Primer Congreso Internacional y Expo Científica. Investigación Sostenible: Energías Renovables y Eficiencia Energética (ISEREE 2013)*, Quito, Ecuador.
- FERNÁNDEZ, M. (2014). Actitud hacia un Sistema de Energía Eléctrica Prepago como Elemento de Mercadeo de este Servicio. Caso de Estudio: Municipio Naguanagua, Estado Carabobo, Año 2013. Trabajo de Grado, Maestría en Administración de Empresas, Mención Mercadeo, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.
- FLORES, W.; RODAS, O.; RIVAS, F. (2010). Initiatives in the Rational Use of Energy in Honduras, en: *IEEE Latin America Transactions*, 8(5):533-541.
- FREDERIKS, E.; STENNER, K.; HOBMAN E. (2015). Household Energy Use: Applying Behavioural Economics to Understand Consumer Decision-making and Behaviour, en: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4:1385-1394.
- FUNDACIÓN AVINA; CEARE; FARN; ITBA (2012). *Plataforma Escenarios Energéticos Argentina 2030. Informe de Síntesis. Aportes para un Debate Energético Nacional*. Disponible en:

- <<http://www.avina.net/avina/wp-content/uploads/2013/07/Escenarios-Energeticos-Argentina-2030.pdf>> [07 de enero de 2016].
- GOGIN, M. (2013). Wind Energy's Emissions Reductions: A Statistical Analysis. (pp. 1-5) En: *2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting*, Vancouver, Canada.
- GONZÁLEZ, J.; HERNÁNDEZ, J.C.; PÉREZ, N.; PINTO, A.; TORRES, J.M.; RENGEL, J.E. (2015). *Reporte Técnico No. 5. Proyecto: Uso Eficiente de la Energía durante el Efecto del Fenómeno de El Niño*. Gobernación del Estado Mérida, Venezuela.
- GONZÁLEZ, L. (2014). *The Results Of A 1-Year Net-Zero-Energy Home Case Study*. Clean Technic. Disponible en: <<http://cleantechnica.com/2014/07/21/results-1-year-net-zero-energy-home-case-study/>> [02 de julio de 2016].
- HOLLAND, R. A.; SCOTT, K. A.; FLORKEC, M.; BROWN, G.; EWERS, R. M.; FARMER, E.; *et al.* (2015). Global Impacts of Energy Demand on the Freshwater Resources of Nations, en: *Proceedings of National Academy of Science (PNAS)*, 112(48):E6707-E6716.
- HOQUE, S. (2010). Net Zero Energy Homes: An Evaluation of Two Homes in the North-eastern United States, en: *Journal of Green Building*, 5(2):79-90.
- IDAE (INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA) (2011). *Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020*. Disponible en <http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11905_PAEE_2011_2020.A2011_A_a1e6383b.pdf> [26 de enero de 2016].
- INEN (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN) (2009). *Eficiencia Energética en Edificaciones. Requisitos*. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 506:2009, Quito, Ecuador.
- JALAL, T.S.; BODGER, P.S. (2011). Evaluation of New Zealand Electricity Generation Expansion in Meeting Dry Year Demands (pp. 1-7). En: *2011 IEEE Trondheim PowerTech*, Trondheim, Norway.
- KHAN, F. M.; ABBASI, A.; KHAN, M. A.; KHAN, M. I. (2015). General Overview of Using High Voltage Direct Current (HVDC) Transmission in Pakistan for Maximum Efficiency and Performance. (pp. 1-5). En: *2015 Power Generation System and Renewable Energy Technologies (PGSRET)*, Islamabad, Pakistan.
- LOSCHI, H. J.; LEON, J.; IANO, Y.; FILHO, E.R.; CONTE, F.D.; CARDOSO, T., *et al.* (2015). Energy Efficiency in Smart Grid: A Prospective Study on Energy Management Systems, en: *Smart Grid and Renewable Energy*, 6(8):250-259.
- MACÍAS A. M.; ANDRADE, J. (2013). *Estudio de Generación Eléctrica bajo Escenario de Cambio Climático*. Ministerio de Minas y Energía de Colombia, Bogotá, Colombia.
- MACIEL, F.; TERRA, R.; CHAER, R. (2015). Economic Impact of Considering El Niño-Southern Oscillation on the Representation of Streamflow in an Electric System Simulator, en: *International Journal of Climatology*, 35(15):4094-4102.
- MATHEWS G. E.; VOSLOO, J. C. (2015). The Benefits of Energy Efficiency Programs - Comparing Germany with South Africa. (pp. 166-170). En: *2015 International Conference on the Industrial and Commercial*

- Use of Energy (ICUE)*, Cape Town, South Africa.
- MEJÍA, G. (2014). Estudio Comparativo entre la Legislación de Eficiencia Energética de Colombia y España, en: *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 77:122-135.
- MERCOLÓGICO (2016). *Bombillos Led*. Disponible en: <<http://www.mercologico.com/led-iluminacion-colombia>> [30 de junio de 2016].
- MINAE (MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA DE COSTA RICA) (2013). *Rumbo a la Carbono Neutralidad en el Transporte Público de Costa Rica. Taxis y Autobuses*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), San José, Costa Rica.
- MINAE (MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA DE COSTA RICA) (2015). *VII Plan Nacional de Energía 2015-2030*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), San José, Costa Rica.
- MONTEALEGRE, J. E. (2014). *Actualización del Componente Meteorológico del Modelo Institucional del IDEAM sobre el Efecto Climático de los Fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico*. Informe Final. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Bogotá, Colombia.
- MPPEE (MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE VENEZUELA) (2012). *Plan de PDSEN 2013-2019: Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional*. Disponible en: <http://www.mppee.gob.ve/download/publicaciones_varias/PDSEN%20web.pdf> [07 de enero de 2016].
- MPPEE (MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE VENEZUELA) (2015). *Memoria 2014*. Disponible en: <http://www.mppee.gob.ve/download/memoria_y_cuenta/memoria_y_cuenta_2014/1%20-%20Tomo%201%20Memoria%202014.pdf> [31 de enero de 2016].
- NOTICIALADIA (2016). *Alto Precio del Bombillo Ahorrador Aumenta el Uso del Incandescente*. Disponible en: <<http://noticiaaldia.com/2016/03/alto-precio-del-bombillo-ahorrador-aumenta-el-uso-del-incandescente/>> [30 de junio de 2016].
- OLSEN, C. S. (2015). Visualization of Energy Consumption: Motivating for a Sustainable Behaviour Through Social Media (pp. 641-646). En: 2014 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), Minneapolis, USA.
- PAZHERI, F. R.; AL-ARAINY, A.; OTHMAN, M. F.; MALIK, N. H. (2013) Global Renewable Electricity Potential. (pp. 59-63). En: *7th IEEE GCC Conference and Exhibition (GCC 2013)*, Doha, Qatar.
- REMBOLD, F.; LEO, O.; NÈGRE, T.; HUBBARD, N. (2015). The 2015-2016 El Niño Event: Expected Impact on Food Security and Main Response Scenarios in East and Southern Africa. Joint Research Centre, the European Commission's, European Union.
- ROJAS, M. E.; VENTURA, V. H. (2014). *Centroamérica: Estadísticas del Subsector Eléctrico 2013*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), México.
- ROMANI, J. C.; ARROYO, V. (2012). *Matriz Energética en el Perú y Energías Renovables*. Fundación Friedrich Ebert (FES), Lima, Perú.

- ROSEN, M. A. (2015). Net-Zero Energy Buildings and Communities: Potential and the Role of Energy Storage, en: *Journal of Power and Energy Engineering*, 3(4):470-474.
- SENAMHI (SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ) (2014). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. 2014-2021. Plan de Acciones Priorizadas. Periodo 2015-2016. Documento País 2015-2016*. Disponible en: <http://www.eird.org/wikiesp/images/Doc_pais_Peru_2014_Actualizaci%C3%B3n2014_final.pdf> [22 de diciembre de 2015].
- SENIOR, R.; PADILLA, A. (2014). *Estudios de las Redes Inteligentes y Recomendaciones para su Aplicación en el Ahorro Energético del Sistema de Distribución Eléctrica de la Ciudad de Maracaibo*. Trabajo de Grado, Ingeniería Eléctrica, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela.
- SNE (SECRETARÍA NACIONAL DE ENERGÍA DE PANAMÁ) (2015). *Plan Energético Nacional 2015-2050*. Disponible en: <http://www.energia.gob.pa/Plan_Energetico_Nacional> [26 de enero de 2016].
- TSC (TRIBUNAL SUPERIOR DE CUENTAS DE HONDURAS) (2012). *La Gaceta de la República de Honduras No. 32.786. Plan Estratégico para la Gestión y Ahorro de Combustible y Energía Eléctrica*. Decreto Ejecutivo No. PCM-010-2012, Tegucigalpa, Honduras.
- TEIXEIRA, T.; MALHEIRO, B. (2013). Support System for Rational Use of Electric Energy. (pp. 1-6). En: *2013 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Lisboa, Portugal.
- UPME (UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA) (2010). *Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales (PROURE), Plan de Acción Indicativo 2010-2015*. Resumen Ejecutivo, Ministerio de Minas y Energía de Colombia, Bogotá, Colombia.
- UPME (UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA) (2014). *Acciones y Perspectivas en Eficiencia Energética*. Ministerio de Minas y Energía de Colombia, Bogotá, Colombia.
- VÁSQUEZ, A. L. (2014). La Energía Renovable en México: Perspectivas desde el Balance Nacional de Energía 2012, en: *Revista Economía Informa*, 385:90-99.
- VÁSQUEZ, A. L. (2015). Desarrollo y Perspectivas de Energía Renovable en México, en: *Revista Economía Informa*, 390:132-153.