



EFICIENCIA

ENERGÉTICA

REVISTA DEL FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

EL AISLAMIENTO TÉRMICO SE TRADUCE EN AHORROS



TURBINAS EÓLICAS
Desarrollan controladores para optimizar la generación de energía

EDUCAR EN EL AHORRO
Una revisión de las bases metodológicas y teóricas del Programa Educaree

MENOS CO₂
En Australia se implementan medidas contra el cambio climático

CASOS DE ÉXITO FIDE
Inversión en iluminación eficiente mejora ambientes de trabajo



EFICIENCIA

ENERGÉTICA

REVISTA DEL FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA



REVISTA TRIMESTRAL
ESPECIALIZADA EN TEMAS
DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

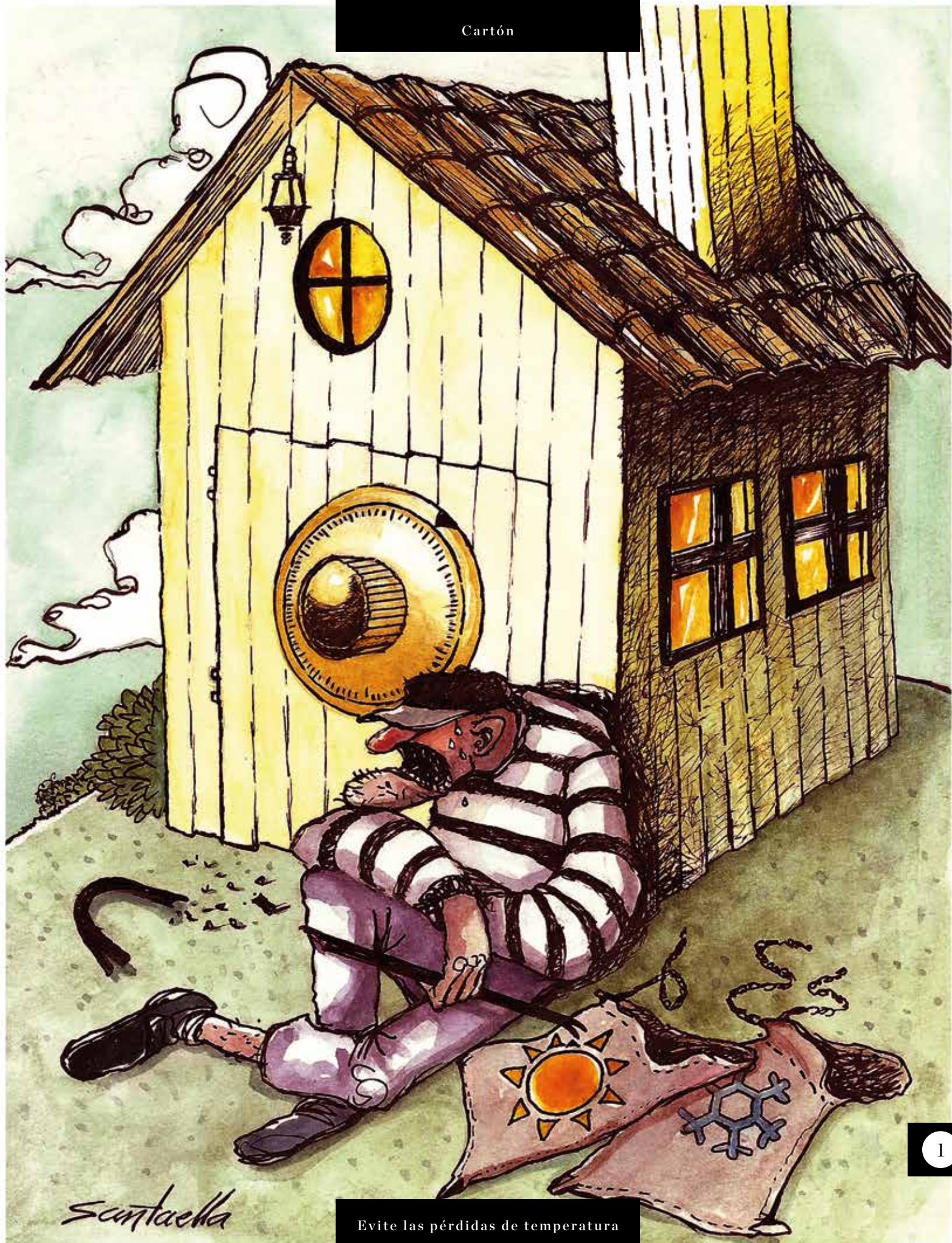
PROCEDIMIENTO:

1. Realiza el depósito bancario a nombre del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica en HSBC, sucursal no. 3003, cuenta 017741332-6.
2. Escanea tu ficha de depósito en un archivo formato PDF o JPG.
3. Para completar el proceso de suscripción, necesitarás tu Registro Federal de Contribuyentes (RFC) escaneado en un archivo formato PDF o JPG.
4. Entra a www.fide.org.mx. En la sección dedicada a la revista *Eficiencia Energética*, entra a Suscripciones. Completa los campos con la información requerida. No olvides adjuntar el comprobante de pago y tu RFC.
5. Presiona el botón Enviar.

La información que nos proporciones estará protegida por la Ley de Datos Personales en Posesión de Particulares.

Si necesitas más información sobre este procedimiento, comunícate al teléfono (01 55) 1101 0520 ext. 96189 o escribe a carla.garmendia@cfe.gob.mx

SUSCRÍBETE
1 AÑO
POR \$200
Y RECIBE
4 NÚMEROS



Evite las pérdidas de temperatura

2017: DE CAMINO A LA SEGURIDAD ENERGÉTICA

El año que recién terminó fue clave en términos de la seguridad energética nacional, gracias a la entrada en vigor de diversas reformas y regulaciones encaminadas a fortalecer el sector energético nacional. En 2017, a pesar de que los retos en este campo son varios, también aumentan las alternativas que desde la industria privada o el sector público son impulsadas para asegurar el futuro de nuestro país.

Por ello, en esta edición hemos buscado cubrir tres aspectos importantes de dichas alternativas. En primer término, en la sección de Investigación se explora cómo el control automático en turbinas eólicas puede aumentar la eficiencia en la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

En segundo lugar, en la sección de Difusión se expone el uso de tecnologías aislantes para evitar desperdicios de energía térmica, recordando que el mayor ahorro de energía es la energía que no se utiliza.

Finalmente, en la sección de Expediente FIDE se analiza el factor humano en el esfuerzo por alcanzar un mayor ahorro y un uso más eficiente de la energía eléctrica. A través de un análisis de las bases metodológicas del Programa Educaree del FIDE, se pone de manifiesto las claves para entender su éxito.

Los retos de este 2017 no serán menores a los del año pasado, sin embargo, podemos confiar en que las metas continúan siendo claras y las herramientas para alcanzarlas se multiplican.

DIRECTORIO

Comité Técnico

Luis Zárate Rocha †
Presidente

Gabriel Andrés Ibarra Elorriaga
Vicepresidente

Manuel Herrera Vega
Confederación de Cámaras Industriales
de los Estados Unidos Mexicanos

Gustavo Adolfo Arballo Luján
Cámara Mexicana de la Industria
de la Construcción

Pablo Moreno Cadena
Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas

Rodrigo Alpizar Vallejo
Cámara Nacional de la Industria
de Transformación

Mario Luis Salazar Lazcano
Cámara Nacional de Empresas de Consultoría

Víctor Fuentes del Villar
Sindicato Único de Trabajadores Electricistas
de la República Mexicana

Roberto Vidal León
Comisión Federal de Electricidad

Odón de Buen Rodríguez
Comisión Nacional para el Uso Eficiente
de la Energía

Víctor Manuel Téllez Landart
Nacional Financiera (Sociedad Nacional
de Crédito)

Fernando Senderos Mestre
Vocal

Javier Ramírez Otero
Vocal

Enrique Wiechers de la Lama
Vocal

Ramiro Lozano Cantú
Vocal

Consejo Editorial

Jorge Toro González
Presidente del Consejo

Gerardo Contreras Puente
Guillermo Manuel Urriolagoitia Calderón
Instituto Politécnico Nacional

Miguel Tufiño Velázquez
Escuela Superior de Física y Matemáticas IPN

Yasuhiro Matsumoto Kuwabara
Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del Instituto Politécnico Nacional

Rogelio Sotelo Boyás
Centro Mexicano para la Producción más
Limpia del Instituto Politécnico Nacional

Hernando Romero Paredes Rubio
Universidad Autónoma Metropolitana

Patricia Ramírez Romero
Universidad Autónoma Metropolitana

José Luis Fernández Zayas
Gladys Dávila Núñez
Instituto de Investigaciones Eléctricas

Luis Carlos Gutiérrez Negrín
Centro Mexicano de Innovación en Energía
Geotérmica

Marco Antonio Borja Díaz
Centro Mexicano de Innovación en Energía
Eólica

José Alberto Valdés Palacios
Asociación Nacional de Energía Solar

Mariano López de Haro
Instituto de Energías Renovables
de la Universidad Nacional Autónoma
de México

Néstor L. Díaz
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Odón de Buen Rodríguez
Israel Jáuregui Nares
Comisión Nacional para el Uso Eficiente
de la Energía

Pedro Quinto Diez
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica
y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional

Arturo Cepeda Salinas
Auronix

FIDE
Raúl Talán Ramírez
Director General

Jaime J. Arceo Castro
Subdirector Técnico

Jorge Toro González
Subdirector de Programas

Jesús Cedeño Blanquet
Subdirector de Coordinación Regional

Armando López Martínez
Subdirector de Administración y Finanzas

Mónica Adriana Ledón Ruiz
Titular de la Unidad de Comunicación

Miguel Peyrefitte Ferreiro
Titular de la Unidad Jurídica

Roberto Solís Morán
Titular de la Unidad de Contraloría

Juan Luis Díaz de León Santiago
Coordinador de Informática

Revista Eficiencia Energética
rec@fide.org.mx

Mónica Adriana Ledón Ruiz
Responsable de la edición
monica.ledon@cfe.gob.mx

Luis Franco Santaella Cruz
Ilustrador
arifra25@hotmail.com

Diseño Editorial

La Aldea. Consultoría editorial y gráfica
3 Sur 4106-7 col. Huexotitla C.P. 72534
Puebla, Pue. Tel. (222) 863 68 66
laaldea.editorial@gmail.com
Laura Álvarez / Directora de arte
Bajo control del FIDE

EFICIENCIA ENERGÉTICA, año 3, Número 13, período enero-marzo de 2017, es una revista trimestral publicada por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE). Oficinas en Mariano Escobedo N° 420, col. Anzures, CP. 11590, México D.F., tel. (55) 1101 0520. Distribuida por Cactus Display, S.A. de C.V. Dir. Vallarta No. 50-A, col. Coyoacán, del. Coyoacán, C.P. 04020, México D.F., tel: 5554 0457. Todos los derechos de reproducción de los textos aquí publicados están reservados por EFICIENCIA ENERGÉTICA. ISSN: 2007-7505. Número de Certificado de Reserva de Derechos de Uso Exclusivo del Título: 04-2013-061814473600-102, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Número de certificado de licitud de título y contenido No. 15968. Impresor: Cactus Display S.A. de C.V. Dir. Vallarta No. 50-A, col. Coyoacán, del. Coyoacán, C.P. 04020, México D.F., tel: 5554 0457. Este número se terminó de imprimir en enero de 2017 con un tiraje de 5 000 ejemplares. Distribuido a través de Servicio Postal Mexicano en su C.A.I. ubicado dentro de las instalaciones del impresor. Los artículos firmados son responsabilidad única y exclusivamente de sus autores, y no reflejan necesariamente el punto de vista del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE). Se prohíbe su reproducción total o parcial.

Cartón / 1

Evite las pérdidas de temperatura

In memoriam / 4

Semblanza de las aportaciones al sector energético del ingeniero Luis Zárate Rocha

Expediente FIDE / 6

Análisis teórico y metodológico del Programa Educaree

En este artículo se analizan las bases educativas, tanto teóricas como metodológicas, que sustentan el Programa Educaree del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica.

Investigación / 12

Control óptimo de voltaje y corriente de una turbina de viento de velocidad variable para mejorar su desempeño

En el presente texto se abordan los problemas de optimización y regulación de potencia en turbinas eólicas. El objetivo principal de la investigación fue diseñar controladores para optimizar la extracción de energía y limitar la carga dinámica sufrida por el aerogenerador. Asimismo, se propone una solución al problema de optimización de potencia mediante el diseño de controladores que permitan un seguimiento adecuado de la potencia aerodinámica óptima del aerogenerador, al tiempo que se atenúan las cargas dinámicas.

Difusión / 22

Evolución reciente de los gases refrigerantes y la importancia del aislamiento térmico en la eficiencia energética

Este artículo aborda dos aspectos del uso de poliuretano rígido como material aislante de altísima eficiencia y su relación con dos grandes problemas del desarrollo sustentable: el calentamiento global y el adelgazamiento de la capa de ozono. De igual forma, se aborda el tema del aislamiento con poliuretano desde dos grandes ítems; el más importante, el del aislamiento y, en paralelo, la utilización de agentes de expansión amigables con el medioambiente.

Internacional / 28

Esquema de ahorro de energía (ESS) en Nueva Gales del Sur, Australia

Australia es un país con una alta utilización de carbón térmico para la generación de electricidad y, por lo tanto, uno de los países con más altas emisiones de CO₂ per cápita. Sin embargo, existen distintas iniciativas federales y estatales que se complementan para combatir el cambio climático. Este artículo se enfoca en una de dichas iniciativas estatales: el ESS de Nueva Gales del Sur.

Casos de Éxito FIDE / 34

CCL Container, S.A. de C.V.: Iluminación LED automatizada y aprovechamiento de la luz natural

Gracias a la sustitución de luminarios de aditivos metálicos por lámparas LED automatizadas y a la instalación de domos prismáticos para aprovechar la luz natural, esta empresa dedicada a la fabricación de envases de aluminio logró ahorrar 66% de la energía eléctrica que consumían los equipos anteriores en una de sus plantas.

¿Sabías que...? / 42

La innovación en la generación de energía eléctrica no conoce límites.

Bitácora / 44

Calendario de eventos de enero a abril de 2017.



COLABORA CON NOSOTROS

La revista *Eficiencia Energética* está en permanente búsqueda de colaboradores. La convocatoria está abierta para la recepción de textos científicos (ya sean análisis de casos, investigaciones originales, avances de investigación o artículos de difusión científica) que versen sobre algún tema relacionado con la eficiencia energética. Consulta los lineamientos temáticos y de estilo en la sección de la revista *Eficiencia Energética* dentro del sitio web del FIDE (www.fide.org.mx) o solicítalos en el correo ree@fide.org.mx

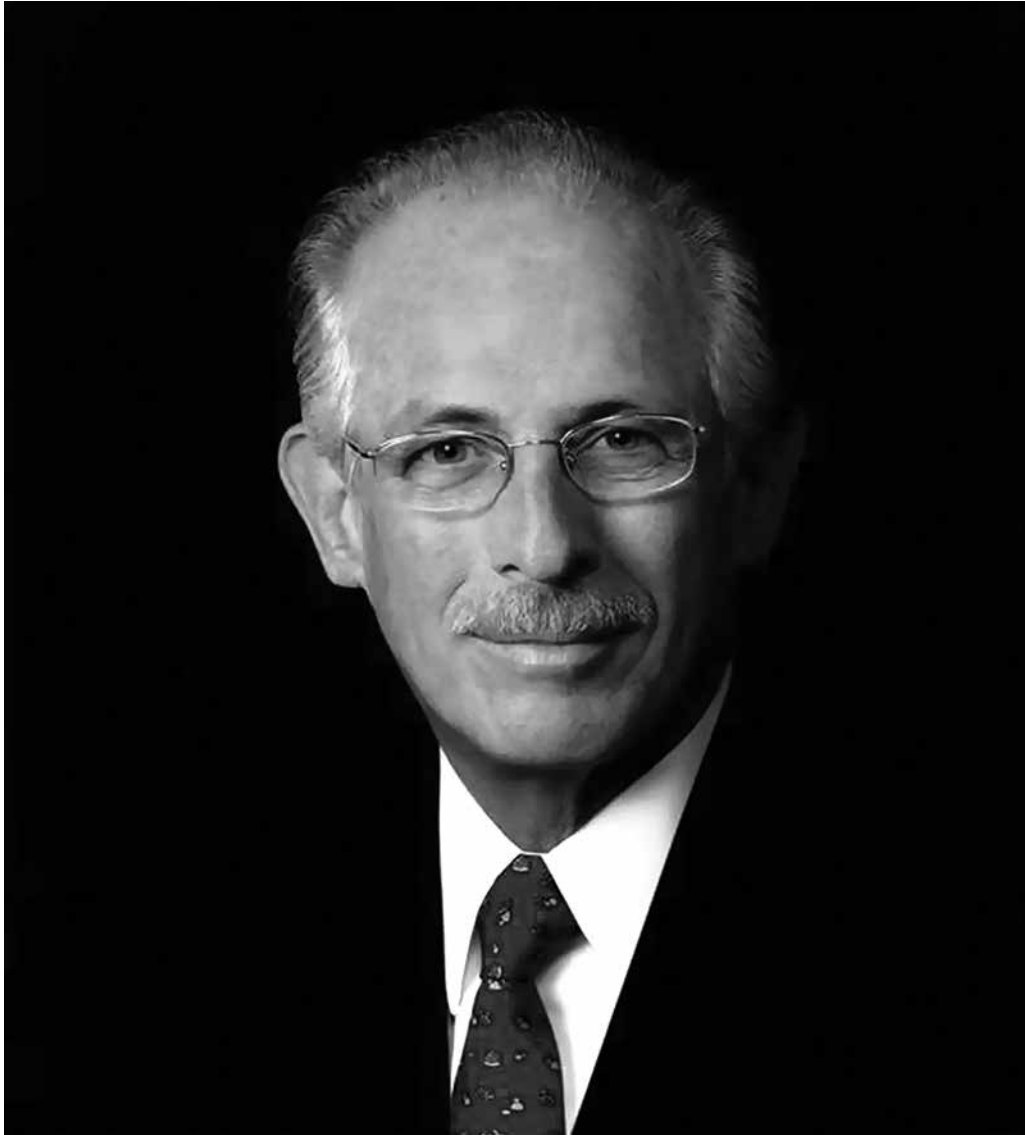


AYÚDANOS A SER MEJORES



Tus comentarios son muy importantes. Entra a la página de internet del FIDE (www.fide.org.mx) y, en la sección dedicada a la revista *Eficiencia Energética*, contesta nuestra encuesta de satisfacción. También ponemos a tu disposición el correo ree@fide.org.mx para resolver cualquier duda relacionada con la publicación.

In memoriam



ING. LUIS ZÁRATE ROCHA
(1944 - 2016)

El 19 de octubre de 2016, ocurrió el lamentable fallecimiento del ingeniero Luis Zárate Rocha, quien además de ser director general de Ingenieros Civiles y Asociados (ICA), se desempeñaba también como presidente del Consejo Técnico del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).

Su visión de la ingeniería civil como una herramienta para el progreso de la nación quedó plasmada en su legado. En una entrevista concedida para Grupo Editorial *DOCH Magazine*, afirmó que "es fundamental que el país invierta más en infraestructura, porque la infraestructura es progreso. Llevar agua a un pueblito, una carretera a un pueblo abandonado, eso es progreso. Eso ayuda a abatir la pobreza y es ahí donde la ingeniería civil es fundamental".

Luis Zárate Rocha recibió el título de Ingeniero Civil por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1971. Posteriormente realizó estudios de educación continua en Administración en la Universidad de California, en la ciudad de Los Ángeles, Estados Unidos.

Ingresó a la empresa ICA en 1968, participando en diferentes puestos en las áreas de Construcción, Administración y Desarrollo de Proyectos, hasta convertirse en Director General.

Su legado no se limitó únicamente al ámbito empresarial. Desde 1978, el ingeniero Zárate fue partícipe del ámbito académico en calidad de profesor por oposición en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, impartiendo las cátedras de Construcción, Edificación e Integración de Proyectos. En 2014 fue distinguido por la Máxima Casa de Estudios con el reconocimiento al Mérito Universitario por su labor como profesor durante 35 años.

Asimismo, a lo largo de su vida ocupó cargos importantes en diversos organismos, como la presidencia nacional de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, del Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción y de la Fundación de la Industria de la Construcción. También fue miembro fundador de la Fundación UNAM, y participó en otros consejos de administración y comités ejecutivos, como Empresas ICA (1997-2011), Operadora Mexicana de Aeropuertos, ICAFLUOR, S.A., Servicios de Tecnología Aeroportuaria, S.A., y Corporación GEO, S.A. de C.V.

Su labor también impactó el rumbo que ha seguido el FIDE. El 19 de agosto de 2001 fue designado vicepresidente del Comité Técnico del FIDE. Posteriormente, el 5 de septiembre de 2012, fue invitado a ocupar el puesto de presidente, mismo que ocupó hasta el día de su deceso. Durante el tiempo que estuvo al frente del Comité, el FIDE emprendió numerosos e importantes programas que continúan vigentes.

El legado del ingeniero Zárate Rocha, tanto en la industria como en la academia y el ámbito de vinculación gobierno-empresarial, se puede resumir en uno de los párrafos que hemos extraído de la última entrevista que concedió: "Yo creo mucho en mi país, porque me ha dado todo. Soy un convencido de que México saldrá adelante. Debemos de creer en México, de ser responsables cada quien en su asiento de la empresa, de la fábrica, del campo, debemos ser más responsables, debemos verdaderamente estar comprometidos con el país. Las grandes naciones se hacen grandes precisamente por la unidad de los esfuerzos".

Descanse en paz.



ANÁLISIS TEÓRICO Y METODOLÓGICO DEL PROGRAMA EDUCAREE

Por Lucía Esther Belmares Olvera y Juan Ignacio Barajas Villarruel

Lucía Esther Belmares Olvera es Maestra en Educación con especialidad en Pedagogía por el Centro de Altos Estudios Pedagógicos y Educativos, en San Luis Potosí. Actualmente se desempeña como directora de Operación y Control de la Secretaría de Desarrollo Social y Regional del Gobierno del Estado de San Luis Potosí, México. Por su parte, Juan Ignacio Barajas Villarruel es Doctor en Educación con énfasis en Tecnología Educativa y Educación a Distancia por la Nova Southeastern University, en Florida, Estados Unidos. A la fecha ocupa el cargo de profesor-investigador y jefe del Departamento de Innovación Educativa en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Se puede contactar a los autores en los correos lucia.belmares@cfé.gob.mx y wille@uaslp.mx respectivamente.

El presente análisis se realizó con el propósito de determinar las bases educativas, tanto teóricas como metodológicas, que sustentan el Programa Educaree del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. La metodología aplicada en este análisis consistió en: a) revisar la literatura de fuentes primarias para determinar las bases teóricas y metodológicas que se deben definir en una estrategia educativa en el marco de la educación ambiental, como lo es el programa Educaree, y b) la elaboración de una rúbrica para realizar el análisis comparativo de las estrategias educativas, así como del diseño y contenido de los materiales didácticos. Los resultados evidenciaron que las bases teóricas y metodológicas en el diseño y la construcción de la estrategia educativa del Programa se sustentan en el enfoque de la estrategia didáctica definida para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por lo anterior, se puede afirmar que estas consideraciones otorgan a este programa solidez, estructura, coherencia y validez para el logro de sus objetivos de aprendizaje en los niveles educativos en los que se aplica.



1. Introducción

El Programa Educaree del Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica (FIDE) presenta soluciones para el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica. Se desarrolla en los ámbitos de la educación formal, no formal e informal. En el ámbito escolarizado actúa de forma complementaria, no formando parte de la currícula ni de los planes de estudio, e impartándose de una forma transversal en algunas asignaturas.

El Programa consiste en la impartición de cursos dirigidos a directivos, docentes y alumnos, desde el nivel de educación básica hasta el nivel medio superior, promoviendo la cultura del ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica. Como lo expresa García¹, se denomina Jornadas de Ahorro de Energía Eléctrica a la temática abordada con un enfoque transversal e interdisciplinario que incide en la formación de competencias para la vida que se proponen en los programas escolares.

Esta estrategia educativa es reconocida por su enfoque ambiental y los hábitos que impulsa en la población, generando ahorros de energía y económicos para las familias mexicanas. Sin embargo, poco se ha mencionado sobre las bases teóricas y metodológicas sobre las que fue diseñado.

2. Teoría del aprendizaje

Es posible afirmar que los conceptos en los que se enmarca el Programa Educaree son conocidos como teorías clásicas del aprendizaje, en las que se considera al alumno como parte esencial para construir el aprendizaje, en tanto el profesor es quien coloca el andamiaje, para que suceda la apropiación del conocimiento.

Para construir este marco teórico se analizó la estrategia educativa del Programa Educaree y se comparó con las teorías que tienen similitud, detalladas a continuación:

2.1 Los cuatro pilares de la educación

En un mundo globalizado, frente al flujo y almacenamiento de la información y de la comunicación, se plantea una educación basada en cuatro pilares que permitirá transmitir masiva y eficazmente un volumen cada vez mayor de conocimientos teóricos y técnicos evolutivos, adaptados a las nuevas sociedades del conocimiento, porque son la base de las competencias del futuro².

¹ García, M. (2014). "Educaree ha formado 10 millones de ahorradores de energía eléctrica", Revista *Evolucionando con Energía*, pp. 23-27, www.fide.org.mx.

² Delors, J. (1994). "Los cuatro pilares de la educación", en *La educación encierra un tesoro*. México: El Correo de la Unesco, pp. 91-103.

2.2 La teoría del constructivismo

Algunas aportaciones del constructivismo se encuentran en los postulados de Piaget, Ausubel y Vygotsky.

TABLA 1. RECOPIACIÓN DE POSTULADOS DE LOS REFERENTES Y CONCEPTO DEL CONSTRUCTIVISMO³

Piaget	Propone que el conocimiento es una glosa de información, datos y experiencias que se interpretan por medio de estructuras o esquemas propios. Debido a la influencia de la biología evolucionista, considera que estas estructuras no son fijas y evolucionan a partir de la asimilación y la acomodación.
Vygotsky	Expresa el papel de la cultura en el desarrollo de los procesos mentales superiores. Estas funciones psicológicas se dan a través de la actividad práctica e instrumental, pero no de forma individual, sino mediante la cooperación social. Conceptualizó el aprendizaje como una interacción con el medio.
Ausubel	Las teorías y métodos de enseñanza han de estar relacionados con la actividad que se realiza en el aula y con los factores cognoscitivos, afectivos y sociales que influyen en ella. El aprendizaje significativo emerge de la motivación intrínseca y el compromiso del alumno con el proceso de aprendizaje, siendo importante considerar los conocimientos previos del alumno para construir, desde esa base, los nuevos conocimientos, respetando la relación lógica entre ellos.
Concepto	El concepto constructivista se fundamenta en tres elementos: el alumno es el responsable de su propio proceso de aprendizaje, la actividad mental constructiva del alumno incorpora los nuevos contenidos a los que ya posee y, por último, el alumno construye su propio proceso de aprendizaje dependiendo de su desarrollo cognitivo.

FUENTE: Construcción propia.

2.3 Enfoque educativo basado en competencias

En la década de 1990 se teorizan diferentes expresiones sobre la formación, planes de estudios, propuestas educativas y estrategias por competencias⁴, basados en el pensamiento de diversos pedagogos.

TABLA 2. FORMULACIONES Y EXPRESIONES DEL ENFOQUE DE COMPETENCIAS

Tobón ⁵	Son los procesos complejos de desempeño idóneos en determinado contexto, integrado a partir de diferentes saberes (saber ser, saber hacer, saber conocer y saber convivir) para realizar actividades o resolver problemas con sentido de reto, motivación, flexibilidad, creatividad, comprensión y emprendimiento, dentro de un procesamiento metacognitivo.
Bloom ⁶	La educación se debe promover de una forma integral. Es necesario identificar tres aspectos o dominios diferenciados: el afectivo, el cognitivo y el psicomotriz. Se les puede entender como el desarrollo de actitudes y valores, la adquisición de conocimiento y habilidades del pensamiento, y el desarrollo de acciones motrices, respectivamente.
Perrenoud ⁷	Implica tres elementos: los recursos que moviliza, la naturaleza de los esquemas de pensamiento que permiten la movilización y la orquestación de los recursos pertinentes en situaciones complejas y en tiempo real.
Frade ⁸	Es una capacidad adaptativa de carácter cognitivo-conductual. Por ser específica responde a la demanda que se produce en un entorno. Esta competencia se adquiere cuando se ha establecido cierto nivel de dominio sobre la demanda presentada, que se despliega cuando la persona es competente y sabe pensar para poder hacer, ser y vivir en sociedad.

FUENTE: Construcción propia.

³ Jonasse, D. et al. (1995). "Constructivism and Computer-Mediated Communication in Distance Education". *American Journal of Distance Education*, 9 (2), pp. 7-26.

⁴ Díaz-Barriga, A. F. (2007). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista*. 2.ª Edición. México: McGraw Hill.

⁵ Tobón, T. S. (2008). *Evaluación por competencias en la educación básica*. 1.ª Edición. México: Santillana.

⁶ Bloom, B. (1960). *Características humanas y el aprendizaje*. Bogotá: LTDA CIA, S.C.A.

⁷ Perrenoud, Ph. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Grao. Biblioteca para la actualización del maestro. México: SEP.

⁸ Frade, L. (2008). *Evaluación por competencias*. 2.ª Edición. México: Mediación de Calidad, S.A. de C.V. (Inteligencia educativa), pp. 1926.

3. Bases metodológicas

Todo método está constituido por técnicas, estrategias, procedimientos, formas y modos que harán posible la conducción del pensamiento y la acción hacia la consecución de determinados fines. Para lograr el objetivo del aprendizaje, se tienen que considerar las características de la estrategia que utiliza el docente, con base en el propósito, el procedimiento, las técnicas y los instrumentos necesarios para propiciar el aprendizaje en el alumno.

TABLA 3. IMPORTANCIA DE LA ESTRATEGIA EDUCATIVA

Dewey ⁹	Para lograr el aprendizaje, este debe de estar relacionado con la vida, situado en contextos específicos.
Frade ¹⁰	En el ámbito educativo, el docente debe de crear los escenarios de aprendizaje, situaciones didácticas que lleven a los estudiantes a construir desempeños, que los conduzcan a analizar la realidad, con un objetivo particular.
Tobón ¹¹	En una aproximación al concepto de <i>estrategia educativa</i> , Tobón lo expresa como un conjunto de pasos a seguir para alcanzar determinados objetivos.
Gairin y Armengol ¹²	La adaptación a la realidad contextual es el referente; de partida, del proceso y de llegada.
Tenutto <i>et al.</i> ¹³	Consideran el propósito de la estrategia para incorporar los contenidos, tomando en cuenta las características del alumno y el contexto.

FUENTE: Construcción propia.

4. Método de análisis teórico y metodológico para el Programa Educaree

Se realizó un análisis comparativo (rúbrica) que integrara los elementos básicos para una estrategia educativa con enfoque ambiental. Se seleccionaron aquellas teorías del aprendizaje que pudieran lograr que el participante construyera un andamiaje entre el conocimiento previo y las competencias adquiridas, que se resumen en: capacidades, habilidades, destrezas y valores, y así lograr un buen desempeño y, en consecuencia, el objetivo del Programa. Para complementar este ejercicio se revisaron las partes que conforman el diseño de la estrategia educativa del Programa Educaree, utilizando la información y los materiales que presenta la página oficial del FIDE.

⁹ Dewey, J. (1896). "The Reflex Arc Concept in Psychology", *Psychological Review* 3.

¹⁰ Frade, L. (2008). *Evaluación por competencias*, 2.ª Edición. México: Mediación de Calidad, S.A. de C.V. (Inteligencia educativa), pp. 1926.

¹¹ Tobón, T. S. (2008). *Evaluación por competencias en la educación básica*. 1.ª Edición. México: Santillana.

¹² Gairín, J. y Armengol, C. (2003). [Presentación.] *Estrategias de formación para el cambio organizacional*. CISSPRAXIS.

¹³ Tenutto *et al.* (2005). "La escuela como escenario: propuesta para la formación docente". *Novedades educativas*, año 17 no. 171.



TABLA 4. PROCEDIMIENTO COMPARATIVO CON UNA ESTRATEGIA EDUCATIVA

	Diseño propuesto	Diseño Educaree	Observaciones
Marco	Educación ambiental	Educación ambiental	✓
	Ahorro de la energía eléctrica	Ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica	✓
Ámbito	Formal	Educación básica, media y media superior	✓
	No formal	Gobierno, sector industrial y empresarial	✓
	Informal	Museos e institutos de ciencia	✓
Bases teóricas	Los pilares de la educación	Aprender para la vida	✓
	Teoría del constructivismo	Con base en el constructivismo	✓
	Enfoque basado en competencias	Competencias para la vida	✓
	Aprendizaje significativo	Aprendizaje significativo	✓
	Modelo educativo	Modelo semiestructurado	✓
	Estrategia de aprendizaje	Aprendizaje significativo	✓
Bases metodológicas	Estrategia de enseñanza	Con base en competencias	✓
	Conocimiento	Conocimiento	✓
	Habilidades y destrezas	Habilidades y destrezas	✓
	Actitudes	Actitudes	✓
	Estrategia didáctica	Estrategia didáctica	✓
		Secuencia didáctica	✓
	Materiales	Materiales por nivel de aprendizaje	✓
	Transversalidad	Transversalidad	✓

FUENTE: Construcción propia.



5. Interpretación de los resultados

El Programa Educaree se enmarca en la educación ambiental, orientado al ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica. Se aplica en diversos ámbitos de la educación; la estrategia educativa aplicada se basa en un modelo constructivista semiestructurado que propicia el aprendizaje significativo, con enfoque basado en competencias para la vida.

La metodología aplicada se traduce en una estrategia de enseñanza sustentada en las competencias. La estrategia didáctica es secuenciada con el fin de alcanzar el objetivo propuesto para el óptimo desempeño del alumno o participante. De igual forma, los materiales están diseñados por nivel de aprendizaje y para el ámbito formal de la educación, lo cual permite realizar la transversalidad de los contenidos, aplicados a la currícula escolar. Asimismo, se facilita el aprendizaje haciendo referencia a vivencias cotidianas que motivan a aprender para la vida.

6. Conclusiones

- a. El aprendizaje es significativo y se logra con el apoyo de los materiales didácticos de fácil aplicación, en actividades relacionadas con la vida cotidiana y proyectos escolares. El proceso enseñanza-aprendizaje se apoya en contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, que hacen que el participante se apropie de conceptos técnicos y científicos.
- b. Esta estrategia construye un andamiaje fundamentado en sus bases teóricas y científicas, ante la problemática del cambio climático y deterioro del medioambiente, proporcionando un conocimiento eslabonado en cada nivel educativo.
- c. En los diversos ámbitos de la educación, interactúa de una forma diferenciada, focalizada y acorde a las necesidades y al tipo de participante. En la educación formal, fomenta el aprender a conocer, hacer, ser y convivir. Permite desplegar una serie de competencias, despertando habilidades, destrezas y aptitudes, para el ahorro y uso eficiente de la energía.
- d. En su conjunto, y una vez analizados estos resultados, se puede concluir de forma general que el Programa Educaree —siendo un programa de educación ambiental cuyo fin es fomentar el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica— cuenta con bases teóricas y metodológicas en el diseño y construcción de la estrategia educativa, las cuales otorgan solidez, estructura, coherencia y validez al modelo. FIDE



CONTROL ÓPTIMO DE VOLTAJE Y CORRIENTE DE UNA TURBINA DE VIENTO DE VELOCIDAD VARIABLE PARA MEJORAR SU DESEMPEÑO

Por Jován Oseas Mérida Rubio, Luis Tupak Aguilar Bustos y Jorge Ángel Dávila Montoya

Jován Oseas Mérida Rubio es Ingeniero en Electrónica, con Maestría en Ciencias en Sistemas Digitales y Doctorado en Comunicaciones y Electrónica. Actualmente se desempeña como profesor Titular “B” de tiempo completo en la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Baja California, y puede ser contactado en el correo jovan.merida@uabc.edu.mx. Luis Tupak Aguilar Bustos es Doctor en Electrónica y Telecomunicaciones por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. A la fecha es profesor-investigador en el Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital del Instituto Politécnico Nacional y puede ser contactado en laguilarb@ipn.mx. Jorge Ángel Dávila Montoya es profesor Titular “B” de tiempo completo en el IPN Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, ESIME Ticomán, y puede ser contactado en jadavila@ipn.mx

Resumen

En el presente texto se abordan los problemas de optimización y regulación de potencia en turbinas eólicas. El objetivo principal de la investigación fue diseñar controladores para optimizar la extracción de energía y limitar la carga dinámica sufrida por el aerogenerador. De esta forma, cuando la turbina opera por debajo de la velocidad nominal del viento (región II), el objetivo de la ley de control será mantener operando la turbina en su punto de operación de máxima extracción de potencia del viento. Por otro lado, cuando la velocidad del viento está arriba de su valor nominal (región III), el controlador deberá regular la cantidad de energía extraída del viento atenuando las cargas dinámicas. En el artículo se describe el diseño de controladores robustos por Modos Deslizantes (MD) y H-infinito no lineal, que tienen la finalidad de mejorar la generación de potencia eléctrica. Asimismo, se propone una solución al problema de optimización de potencia mediante el diseño de controladores que permitan un seguimiento adecuado de la potencia aerodinámica óptima del aerogenerador, al tiempo que se atenúan las cargas dinámicas. Luego se procede con la solución al problema de regulación de potencia eléctrica mediante el diseño de controladores que permiten un seguimiento adecuado de la potencia nominal, mientras que, simultáneamente, se reducen los esfuerzos sobre los componentes mecánicos y eléctricos. Los controladores propuestos son comparados con estrategias de control existentes con el fin de establecer un punto de referencia que permita evaluar el desempeño de los controladores. El modelo dinámico basado en los parámetros de la Turbina de Investigación de Control Avanzado (CART, por sus siglas en inglés) y las estrategias de control, son validados a través del simulador aerolástico de alta fidelidad llamado: Fatiga, Aerodinámica, Estructuras y Turbulencia (FAST, por sus siglas en inglés), desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables en Estados Unidos. El simulador permite acceder a un modelo realista que toma en cuenta la dinámica no lineal del aerogenerador y la naturaleza turbulenta del viento. Los resultados de simulación demuestran las ventajas de las estrategias de control propuestas en términos de generación y regulación de potencia, así como en la atenuación de cargas dinámicas.

1. Introducción

El crecimiento de la población y la integración global, entre otros factores, han provocado un aumento notable en el consumo de energía. Dicho incremento ha supuesto un riesgo por el consiguiente agotamiento de los recursos naturales. Este hecho ha favorecido la demanda de sistemas de generación de energía renovable, al grado de que la cantidad de electricidad que se genera a partir de fuentes renovables sea cada vez mayor¹.

Los sistemas de generación de energía a partir de fuentes renovables tienen múltiples ventajas sobre los métodos tradicionales. La mayor de ellas radica en que el combustible utilizado para obtener la energía viene de fuentes naturales virtualmente inagotables; ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse naturalmente.

Por todo esto, los sistemas de energía renovable se están convirtiendo en una de las principales formas de producción de energía tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo.

La energía eólica, debido a su naturaleza renovable y a su impacto ambiental reducido, está asumiendo un rol importante en la generación de electricidad alrededor del mundo, y se espera que su papel crezca considerablemente en el futuro cercano.

Este tipo de energía representa alrededor de 55% de la capacidad de generación renovable en el mundo, constituyéndose como el líder entre las diferentes formas de energías renovables, sin tomar en cuenta la energía hidráulica². Además, el crecimiento en la generación de energía a través de turbinas de viento fue casi igual a la mitad del crecimiento global de electricidad³. Ese desarrollo fue acompañado por un récord en la baja de precios en la generación de electricidad en aquellos países que combinan excelentes políticas de mercado.

En algunos casos, las turbinas eólicas son la opción más barata para generar electricidad y los costos de generación de electricidad siguen disminuyendo. Además de que los avances tecnológicos mejoran las perspectivas de costo-beneficio, ya que permiten la construcción de turbinas más grandes y flexibles, aumentando así la capacidad en la generación de energía eléctrica⁴.

Sin embargo, el incremento en la capacidad energética produce un aumento de la probabilidad de cargas destructivas sobre la estructura física de la turbina, provocado por el flujo altamente turbulento, el cual, a su vez, produce mayores oscilaciones y pérdidas en la potencia eléctrica generada, por lo que la producción de electricidad a partir de las turbinas eólicas requiere del desarrollo de nuevos métodos, estrategias y herramientas para alcanzar una producción rentable y eficiente de energía.

Camblong⁵ demostró que la aplicación de estrategias de control retroalimentado puede tener un efecto importante en el rendimiento de la turbina, aumentando la captura de potencia aerodinámica, mejorando la generación de potencia eléctrica y reduciendo las cargas producidas por el viento.

En esta investigación se proponen estrategias de control retroalimentado que permiten mejorar el desempeño de las turbinas eólicas. La identificación del modelo dinámico de las turbinas es un paso indispensable en el diseño de un sistema de control. Sin embargo, es imposible la identificación de un modelo avanzado que represente de manera fiel todas las dinámicas, debido a la existencia de incertidumbres paramétricas y dinámicas no tomadas en cuenta durante el proceso de modelado.

Una forma de enfrentar estos problemas es a través de estrategias de control robusto que compensen las discrepancias entre la planta real y el modelo matemático a pesar de las incertidumbres, a fin de mejorar la generación de potencia eléctrica, al mismo tiempo que atenúan los esfuerzos estáticos y dinámicos a los que se ve sometida la turbina de viento.

El objetivo es, entonces, diseñar estrategias de control robusto para mejorar la generación de potencia eléctrica, al tiempo que se compensan las cargas. La solución al problema envuelve el diseño de controladores que presenten diversas características importantes, tales como robustez ante incertidumbres, robustez ante dinámicas no modeladas y robustez ante perturbaciones externas e internas, además de estrategias de optimización de potencia y reducción de cargas.

¹ Masters, 2004.

² Greg, 2016.

³ Warner, 2016.

⁴ Burton, Jenkins, Sharpe y Bossanyi, 2011.

⁵ Camblong, 2014.

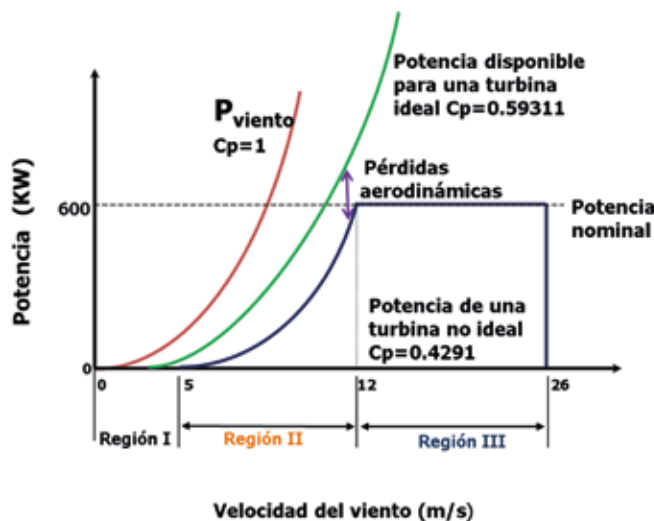
2. Desarrollo

La turbina eólica es un dispositivo que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica, que, a su vez, se utiliza para generar electricidad. Pueden ser clasificadas en dos categorías generales en función de la orientación del rotor: turbinas de eje vertical y de eje horizontal⁶. En la presente investigación se optó por estudiar la turbina de eje horizontal de velocidad variable. La elección se debió al pobre rendimiento y fiabilidad de las de eje vertical.

Dependiendo de la región de trabajo, la turbina eólica se puede controlar a través de la variación del torque del generador, por la variación del ángulo de calaje de los álabes o de ambas formas. Hay dos modos de operación principales, los cuales dependen del área de operación⁷. Las regiones de funcionamiento de la turbina de viento pueden ser divididas en (Figura 1):

- Región I: Velocidad del viento por debajo de la velocidad de conexión
- Región II: Entre la velocidad de conexión y la velocidad nominal del viento
- Región III: Entre la velocidad nominal del viento y la velocidad de corte del viento

FIGURA 1. CURVA DE POTENCIA DE LA TURBINA DE VIENTO



Los rangos de la velocidad de viento en estas regiones son específicas para cada turbina. La región I incluye el tiempo durante el cual la turbina está sin operación hasta cuando está a punto de comenzar a entregar energía.

La región II es un modo de operación donde es deseable que la turbina capture tanta energía del viento como le sea posible, pero debido a las pérdidas aerodinámicas las tasas de extracción son bajas. La potencia extraída de la turbina depende de la relación entre la velocidad del rotor y la del viento. El torque del generador provee de la entrada de control para variar la velocidad del rotor, mientras el ángulo de calaje se mantiene a un valor constante óptimo. El objetivo en esta región es maximizar la extracción de potencia desde el viento. Para esta estrategia de operación se utiliza un sistema de control de velocidad para seguir la curva de eficiencia máxima desarrollada en el plano de la velocidad frente al torque, con el fin de maximizar la extracción de energía. Esto se logra manteniendo la operación de la turbina de viento en el punto más alto de su coeficiente de potencia.

⁶ Ofualagba y Ubeku, 2008.

⁷ Pao y Johnson, 2009.

La región III abarca velocidades del viento suficientemente altas, tales que la turbina deba limitar la fracción de la energía aerodinámica capturada, para que no supere el límite de carga para el cual la parte eléctrica y mecánica de la turbina han sido diseñadas. El objetivo es limitar la potencia capturada del viento de tal modo que las cargas transitorias sobre las componentes de las turbinas no sean excedidas, conservando la producción de energía eléctrica. Para lograrlo es necesario limitar la potencia eléctrica y la velocidad del rotor a sus valores nominales. La turbina de viento será controlada a través del ajuste del torque del generador que regula la potencia eléctrica y mediante la variación del ángulo de calaje de los álabes que ajusta la velocidad rotacional de la turbina a su valor nominal.

El modelo dinámico de la turbina de viento está compuesto por una parte aerodinámica, una parte mecánica y el generador (Figura 2). Para el diseño de los controladores se utilizó el siguiente modelo de una masa (Boukhezzar, Lupu, Siguerdidjane y Hand, 2007):

$$J_t \dot{\omega}_r = T_a(\omega, \beta, v) - D_t \omega_r - n_g T_e \quad (1)$$

Donde:

E = inercia total de la turbina

ω_r = velocidad del rotor principal

β = ángulo de calaje

v = velocidad del viento

T_a = torque aerodinámico

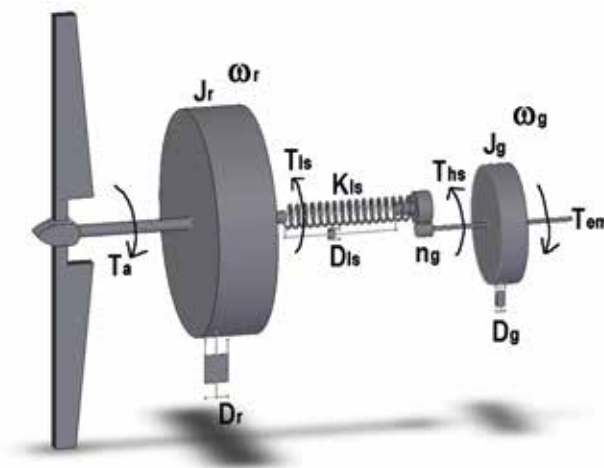
n_g = relación de la caja de engranajes

D_t = amortiguamiento externo total de la turbina

T_e = torque del generador

En el modelo de la ecuación (1), todas las masas en movimiento se combinan en una sola inercia, que es adecuado para grandes aerogeneradores. En la Tabla 1 se indican los parámetros del modelo matemático basados en la CART, que es una turbina de 36.6 metros de altura y con un rotor de 21.65 metros de radio⁸.

FIGURA 2. MODELO DE LA TURBINA DE VIENTO



⁸ Boukhezzar *et al.*, 2007.

TABLA 1. PARÁMETROS DEL MODELO DE UNA MASA

Notación	Valor numérico	Unidades
ρ	1.308	kg/m ³
J_t	392 000	kg m ²
D_t	400	Nm/rad/s
n_g	43.165	

Con la finalidad de mejorar el desempeño de la turbina de viento, se presentan dos estrategias de control robusto: control por modos deslizantes (que es, probablemente, el enfoque más exitoso en el manejo de incertidumbres/perturbaciones acotadas⁹) y control H-infinito no lineal, que proporciona al sistema en lazo cerrado la habilidad de atenuar perturbaciones y ruido de sensores, sin esfuerzos de control excesivos.

Los controladores se diseñan basados en el modelo nominal, el cual desprecia algunas dinámicas y contiene incertidumbres, lo que, para un diseño de controlador estándar, puede reflejarse en pérdidas de potencia y aumento de cargas dinámicas¹⁰. Para el problema de optimización de potencia, que se presenta en la región II, se diseñaron controladores para el torque electromecánico por MD en conjunto con algoritmos de seguimiento del punto óptimo de la curva de potencia.

El objetivo del control es extraer la máxima potencia aerodinámica para obtener un incremento en la generación de potencia eléctrica. Primero se propone una variable deslizante, después se encuentra la ecuación del sistema en el modo deslizante y, finalmente, se diseña la entrada de control para conducir la variable deslizante a cero, con el fin de asegurar el comportamiento deseado.

El problema de regulación de potencia eléctrica se presenta en la región III. Para él se proponen controladores del torque electromecánico por MD y H-infinito, en conjunto con un controlador lineal del ángulo de calaje colectivo de las aspas. Su objetivo principal es regular la potencia eléctrica para reducir las cargas dinámicas sobre la turbina de viento. Los controladores por MD se diseñan de forma similar al utilizado para el problema de optimización. Para el control H-infinito se parte del sistema en lazo cerrado, luego se define la forma del controlador y se reescribe el modelo de tal forma que cumpla con los supuestos de la teoría estándar de H-infinito. Después se define la salida a ser controlada y las variables de medición. Por último, se diseña la entrada de control que garantice estabilidad bajo perturbaciones acopladas y no acopladas.

El rendimiento de los controladores diseñados se comparan con controladores existentes en la literatura bajo diferentes condiciones de operación.

3. Resultados

Para el caso de optimización de potencia (región II), los controladores encontrados en la literatura son:

Control de velocidad indirecto (CVI)

$$T_c = \frac{K\omega_r - D_t\dot{\omega}_r}{n_g}, \quad K = 0.5\pi\rho R^5 \frac{C_{p,max}}{\lambda_{opt}^3} \quad (2)$$

Control no lineal estático retroalimentado (CER)

$$T_c = \frac{T_a - D_t\dot{\omega}_r - J_t a_0 e_\omega - J_t \dot{\omega}_{r,opt}}{n_g} \quad (3)$$

Control no lineal dinámico retroalimentado (CDR)

$$\dot{T}_c = \frac{\dot{T}_a - D_t\dot{\omega}_r - D_t\ddot{\omega}_{r,opt} - J_t b_1 \dot{e}_\omega - J_t b_0 e_\omega}{n_g} \quad (4)$$

Donde:

$C_{p,max}$ = valor máximo de la curva de potencia de la turbina de viento

λ_{opt} = valor óptimo de la relación de la velocidad periférica

$\omega_{r,opt}(t)$ = valor óptimo de la velocidad angular del rotor

$e_\omega = \omega_{r,opt} - \omega_r$ = error de velocidad del rotor

a_0, b_0 y b_1 = constantes mayores que cero

Los controladores propuestos por Mérida, Aguilar y Dávila¹¹ son descritos por las siguientes ecuaciones:

$$T_c = \frac{T_a - D_t\dot{\omega}_r - J_t\dot{\omega}_{r,opt} - a_1 e_\omega - a_1 \text{sgn}(e_\omega)}{n_g} \quad (5)$$

⁹ Bartolini, Ferrara y Usai, 1998; Levant, 1993; Shtessel, Edwards, Fridman y Levant, 2013.

¹⁰ Aguilar y Orlov, 2014; Doyle, Glover, Khargonekar y Francis, 1989.

¹¹ Mérida, Aguilar y Dávila, 2014.

$$\dot{T}_e = \frac{\dot{T}_a - D_t \dot{\omega}_r - D_t \ddot{\omega}_{r,opt} - J_t d_t \dot{e}_\omega - J_t d_0 e_\omega}{n_g} - \frac{a_2 \left(|\dot{e}_\omega| + |e_\omega|^{1/2} \operatorname{sgn}(e_\omega) \right)}{n_g \left(|\dot{e}_\omega| + |e_\omega|^{1/2} \right)} \quad (6)$$

$$\dot{T}_e = \frac{a_3 \left(\dot{e}_p + \beta_1 |e_p|^{1/2} \operatorname{sgn}(e_p) \right)}{n_g \omega_r \left(|\dot{e}_p| + \beta_1 |e_p|^{1/2} \right)} \quad (7)$$

$$\dot{T}_e = \frac{a_4 \phi(e_p) \left(\dot{e}_p + \beta_2 |e_p|^{1/2} \operatorname{sgn}(e_p) \right)}{n_g \omega_r \left(|\dot{e}_p| + \beta_2 |e_p|^{1/2} \right)} \quad (8)$$

Donde:

$P_{e,opt}(t)$ = potencia eléctrica óptima de referencia

$E_p = P_{e,opt} - P_e$ = error de potencia eléctrica

$d_\omega, d_t, a_1, a_2, a_3, a_4, \beta_1, \beta_2$ = constantes positivas

$\phi(e_p)$ = función ganancia

La ecuación (5) es el controlador modos deslizantes de primer orden (MDPO), el controlador por modos deslizantes de segundo orden (MDSO) se define en (6), la ecuación (7) es el controlador por modos deslizantes de segundo orden homogéneo (MDSOH) y en (8) se introduce el controlador por modos deslizantes de segundo orden no homogéneo (MDSOH).

Para el estudio y análisis de los controladores se utilizó el simulador aerolástico FAST¹², tomando los parámetros de la CART: dos aspas, de eje horizontal, guiñada activa, rotor a barlovento, velocidad variable, ángulo de calaje variable y con balanceo del rotor. Dicha CART está localizada en el Centro Nacional de Tecnología de Viento de Colorado, Estados Unidos.

El rendimiento de los controladores para el caso de optimización de potencia (región II) se compara usando los siguientes criterios: la eficiencia aerodinámica (η_{aero}), la eficiencia eléctrica (η_{elec}), la desviación estándar (std), el máximo sobrepico (max) del torque electromecánico (T) y el torque experimentado en el eje de baja velocidad (T_b).

La eficiencia aerodinámica y eficiencia eléctrica se definen como:

$$\eta_{aero} (\%) = \frac{\int_{t_{ini}}^{t_{fin}} P_a dt}{\int_{t_{ini}}^{t_{fin}} P_{a,opt} dt}, \quad \eta_{elec} (\%) = \frac{\int_{t_{ini}}^{t_{fin}} P_e dt}{\int_{t_{ini}}^{t_{fin}} P_{e,opt} dt} \quad (9)$$

Donde:

$P_{a,opt}(t)$ = potencia aerodinámica óptima correspondiente a la velocidad del viento

P_e = potencia eléctrica del generador

La Tabla 2 muestra el análisis y comparación de eficiencia de los controladores encontrados en la literatura y de los controladores propuestos. Los resultados marcados en rojo muestran el peor desempeño; los resultados en verde, los mejores resultados.

¹² Jonkman y Buhl, 2005.

TABLA 2. RENDIMIENTO DE CONTROLADORES

	CVI	CER	MDPO	CDR	MDSO	MDSOH	MDSONH
η_{aero} (%)	80.68	82.23	82.27	82.49	82.51	82.76	82.83
η_{elec} (%)	81.22	82.45	82.47	82.51	82.54	83.08	83.14
$std(T_b)$ (kNm)	13.186	12.998	13.032	12.359	12.236	12.269	12.902
$std(T_b)$ (kNm)	77.954	77.754	77.774	74.909	74.838	75.14	76.714
$std(T_c)$ (kNm)	0.3014	0.2858	0.2872	0.2856	0.2827	0.2841	0.2905
$max(T_c)$ (kNm)	1.791	1.623	1.624	1.573	1.571	1.668	1.721

Las estrategias de control propuestas en general muestran una mejora al ser comparadas con las estrategias de control existentes. Las estrategias diseñadas por modos deslizantes de segundo orden no necesitan de la medición del viento.

El análisis de los criterios arroja que el controlador MDSONH mejoró la extracción de la energía del viento hasta en 2.15% respecto del controlador CVI (el más usado en la literatura), trayendo consigo un aumento en la generación de potencia eléctrica equivalente a 1.92%, mientras que se disminuyeron los esfuerzos sobre el eje de baja velocidad y el generador.

El controlador con mejor reducción de carga es el control MDSO, con una extracción de 1.82% de potencia mayor que el controlador CVI.

Para el caso de regulación de potencia de la región III, el controlador tomado de la literatura es no lineal multivariable (CMV) en conjunto con un controlador lineal de los álabes¹³:

$$\dot{T}_c = \frac{1}{n_g \omega_r} \left[a_0 e_p - \frac{n_g T_c}{J_t} (T_a - D_t \omega_r - n_g T_c) \right] \quad (10)$$

Donde:

$P_{e,nom}$ = potencia nominal

$E_p = P_{e,nom} - P_e$ = error de potencia eléctrica

$a_0 > 0$

Los controladores propuestos son¹⁴:

$$\dot{T}_c = \frac{1}{n_g \omega_r} \left[a_2 e_p - \frac{n_g T_c}{J_t} (T_a - D_t \omega_r - n_g T_c) - (u + w_c) \right] \quad (11)$$

Donde:

$a_2 > 0$

w_c = perturbación acotada

La ecuación (11) es el controlador H-infinito no lineal. Los criterios utilizados para el problema de regulación son: máximo sobrepico, media aritmética y desviación estándar del torque electro-mecánico, de la potencia eléctrica, de la velocidad del rotor y del ángulo de calaje.

¹³ Boukhezzar *et al.*, 2007.

¹⁴ Mérida y Aguilar, 2012.

En la Tabla 3 se muestra el análisis y comparación del funcionamiento de los controladores. Los resultados marcados en rojo muestran el peor desempeño; los resultados en verde, los mejores resultados.

TABLA 3. RENDIMIENTO DE CONTROLADORES REGIÓN III

	CMV	H-infinito
$\min(T_e)(\text{kNm})$	3.1554	3.1548
$\max(T_e)(\text{kNm})$	3.1831	3.1832
$\text{media}(T_e)(\text{kNm})$	3.1655	3.1655
$\text{std}(T_e)(\text{kNm})$	3.8014	3.8145
$\min(\omega_r)(\text{kNm})$	41.7004	41.7004
$\max(\omega_r)(\text{kNm})$	42.0806	42.0806
$\text{media}(\omega_r)(\text{kNm})$	41.932	41.932
$\text{std}(\omega_r)(\text{kNm})$	0.0506	0.0506
$\min(P_e)(\text{kNm})$	599.53	599.99
$\max(P_e)(\text{kNm})$	600.41	600.09
$\text{media}(P_e)(\text{kNm})$	600	600
$\text{std}(P_e)(\text{kNm})$	35.4922	7.7237
$\min(\beta)(\text{kNm})$	0.1796	0.18
$\max(\beta)(\text{kNm})$	23.2249	23.2225
$\text{media}(\beta)(\text{kNm})$	13.9292	13.9292
$\text{std}(\beta)(\text{kNm})$	3.0288	3.0288

De la Tabla 3 se puede deducir que el controlador con mejor desempeño es el control H-infinito en la mayoría de los criterios, es decir, tiene una mejor regulación de la potencia eléctrica, además de una mejor distribución en la energía suministrada por el controlador y reduce los esfuerzos sobre la turbina de viento.

Conclusiones

En este trabajo de investigación se muestra que la utilización de estrategias innovadoras de control no lineal permiten mejorar el desempeño de las turbinas de viento. Los controladores presentan diversas ventajas, como robustez ante dinámicas no modeladas, manejo de ruido de sensores y ajuste de la energía suministrada.

Asimismo, se dio solución a los problemas de optimización y regulación de potencia eléctrica de las turbinas eólicas de eje horizontal a través del diseño y síntesis de controladores no lineales robustos en conjunto con algoritmos de seguimiento de punto máximo de potencia y sin la necesidad de la medición de la velocidad del viento, lo cual le genera una gran ventaja respecto de los controladores encontrados en la literatura, ya que resulta difícil y muy costoso obtener una medición precisa de la velocidad del viento.

También se mejoró la eficiencia aerodinámica, la eficiencia eléctrica y se redujeron los esfuerzos dinámicos experimentados por la turbina de viento. El análisis de los resultados para el caso de la optimización de potencia arroja que se mejoró la extracción de la energía del viento hasta en 2.15%, trayendo consigo una mayor generación de potencia eléctrica, equivalente a 1.92%, mientras que se disminuyeron los esfuerzos sobre el eje de baja velocidad y el generador.

En el caso de regulación de potencia se obtuvo también una mejora al hacer uso del controlador no lineal H-infinito, lo cual significa una menor carga dinámica sobre la turbina, y esto a su vez permitirá un mayor tiempo de vida para los componentes del aerogenerador.

Para dimensionar el resultado respecto de la generación de potencia eléctrica, un parque eólico que tiene una potencia promedio de 100 MW y operando a un factor de capacidad de 35%, puede producir alrededor de 307 GWh de energía en un año determinado. Si el costo de la energía es de 0.04 dólares americanos por kilovatio hora, cada GWh tiene un valor de 40 mil dólares, y cada pérdida de 1% de la energía en este parque es equivalente a una pérdida de 123 mil dólares por año¹⁵.

Finalmente, los controladores propuestos son más simples de implementar (disminuyendo los tiempos de puesta en marcha) debido a la menor necesidad del conocimiento del sistema, al menor requerimiento de sensores y diferenciadores, teniendo como consecuencia la reducción del costo de la producción de electricidad. FIDE

Bibliografía

- Masters, G. (2004). *Renewable and efficient electric power systems*. John Wiley & Sons.
- Greg W. (2016). Renewables 2016 Global Status Report. 14.06.2016, de Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Sitio web: <http://www.ren21.net/>
- Warner, E. (2016). Global Wind Report Annual Market Update 2015. 14.06.2016, de Global Wind Energy Council. Sitio web: www.gwec.net
- Burton, T., Jenkins, N., Sharpe, D. y Bossanyi, E. (2011). *Wind Energy Handbook*. John Wiley & Sons.
- Camblong, H. (2004). Principles of a simulation model for a variable-speed pitch-regulated wind turbine. *Wind Engineering*, 28, 157-175.
- Ofualagba, G. y Ubeku, E. (2008). Wind energy conversion system- wind turbine modeling. *IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*, 1-8.
- Pao, L. y Johnson, K. (2009). A tutorial on the dynamics and control of wind turbines and wind farms. American Control Conference, 2076-2089.
- Boukhezzer, B., Lupu L., Siguerdidjane H. y Hand, M. (2007). Multivariable control strategy for variable speed, variable pitch wind turbines. *Renewable Energy*, 32(8), 1273-1287.
- Bartolini, G., Ferrara, A. y Usai, E. (1998). Chattering avoidance by second-order sliding mode control. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 43(2), 241-246.
- Levant, A. (1993). Sliding order and sliding accuracy in sliding mode control. *International Journal of Control*, 58, 1247-1263.
- Shtessel, Y., Edwards, C., Fridman L. y Levant, A. (2013). *Sliding Mode Control and Observation*. Springer New York Heidelberg Dordrech.
- Aguilar, L. y Orlov, Y. (2014). *Advanced H-infinity Control: Towards Nonsmooth Theory and Applications*. Birkhuser.
- Doyle, J., Glover, K., Khargonekar P. y Francis, B. (1989). State-space solutions to standard H2 and Hinf control problems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 34(8), 831-847.
- Mérida, J., Aguilar, L. y Dávila J. (2014). Analysis and synthesis of sliding mode control for large scale variable speed wind turbine for power optimization. *Renewable Energy*, 71, 715-728.
- Jonkman, J. y Buhl, M. "Fast user's guide", National Renewable Energy Laboratory, Tech. Rep. NREL/EL-500-38230, 2005.
- Mérida, J., y Aguilar, L. (2012). Maximizing the performance of variable speed wind turbine with nonlinear output feedback control. *Procedia Engineering*, 35, 31-40.
- Lucy Y. Pao y Johnson, E. (2011). Control of Wind Turbines, Approaches, Challenges, and Recent Developments. *IEEE Control Systems Magazine*, 31(2), 44-62.

¹⁵ Pao y Johnson, 2011



EVOLUCIÓN RECIENTE DE LOS GASES REFRIGERANTES Y LA IMPORTANCIA DEL AISLAMIENTO TÉRMICO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Por Marcelo Fiszner

El autor es Ingeniero Químico por la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), Argentina. Actualmente se desempeña como Director de Marketing de Poliuretano para Latinoamérica, enfocándose en la eficiencia energética y las emisiones de carbono. Puede ser contactado en el correo electrónico XXXXXX@XXX.XXX

Este artículo aborda dos aspectos del uso de poliuretano rígido como material aislante de altísima eficiencia y su relación con dos grandes problemas del desarrollo sustentable: el calentamiento global y el adelgazamiento de la capa de ozono. Asimismo, se aborda el tema del aislamiento con poliuretano desde dos grandes ítems; el más importante, el del aislamiento y, en paralelo, la utilización de agentes de expansión amigables con el medioambiente.

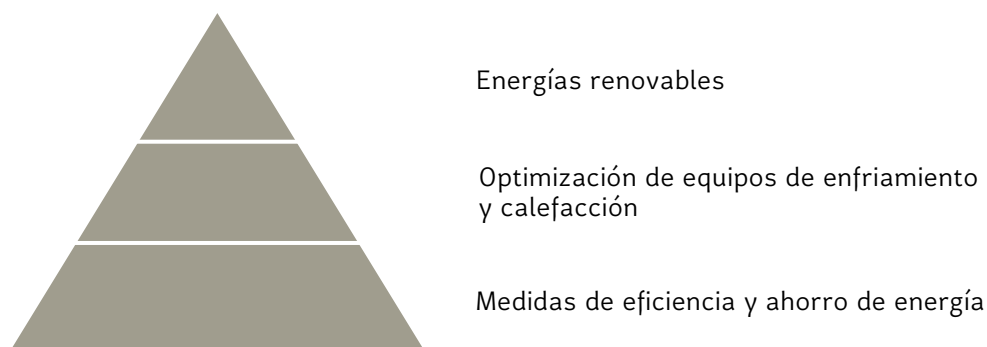
Ya no quedan dudas acerca del calentamiento global y la necesidad de reducir las emisiones de gases contaminantes. Durante la última Conferencia de las Partes (COP21) en París, no solo se confirmó esta tendencia, sino que también se lograron avances importantes en el compromiso de todos los participantes de reducir la cantidad de sus emisiones para asegurar que la temperatura global no aumente más de 1.5 °C hasta el final del siglo. De no cumplirse dicho objetivo, el destino del género humano estará seriamente comprometido.

Las emisiones de gases contaminantes están relacionadas con muchos aspectos de la vida humana, tales como el transporte, la vivienda y la industria. En muchos casos, dicha relación implica el consumo de energía fósil. En el caso particular de la vivienda, el consumo de energía para alcanzar el confort térmico (a través del aumento o disminución la temperatura) tiene un fuerte impacto sobre el consumo de combustibles fósiles y, por consiguiente, en la emisión de gases que contribuyen al calentamiento global.

Reduciendo el impacto ambiental

La forma de minimizar el impacto ambiental de la energía utilizada para el confort y bienestar térmico en las viviendas puede representarse por medio de un triángulo, como el que se muestra a continuación:

FIGURA 1. MEDIDAS PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA ENERGÍA UTILIZADA PARA ALCANZAR EL CONFORT TÉRMICO



En la base se observa el mayor impacto posible en la reducción del impacto ambiental: el ahorro de energía. En el peldaño de en medio aparece la optimización de los equipos de refrigeración y calefacción existentes. Finalmente, en el vértice, está la utilización de energías renovables, tales como eólica, solar, biomasa, etcétera.

Curiosamente, este esquema muchas veces se visualiza de manera invertida, posicionando a la energía renovable como la gran solución para el problema del calentamiento global. Sin embargo, esto no es así. A pesar de que las energías renovables son un gran avance y es menester invertir fuertemente en el impulso a las energías eólica, solar y biomasa, la energía más sustentable continúa siendo aquella que no se usa. Y una forma muy interesante y apropiada de no usar energía es a través de un aislamiento adecuado, como el que puede obtenerse utilizando el poliuretano rígido.

Aislamiento térmico y eficiencia energética

El poliuretano está presente en la vida cotidiana de forma continua. Es posible encontrarlo en numerosos artículos dentro de los hogares, como colchones y almohadas, los asientos e innumerables elementos de los automóviles, las suelas de zapatos o incluso la aislación de las neveras, solo por nombrar algunos.

Actualmente, 100% de las neveras utilizadas en todo el globo están aisladas con poliuretano rígido. Se trata de una fina capa de material de 3 a 10 centímetros de espesor que se encuentra entre la chapa externa y el plástico interno de las neveras. El hecho de que pueda utilizarse un material con un espesor tan fino es posible gracias a la gran capacidad aislante del poliuretano rígido. En el pasado, cuando se utilizaban materiales aislantes alternativos, los espesores de las neveras eran considerablemente mayores, minimizando el espacio interno o reduciendo el espacio en el ambiente.

También es digno de subrayarse el hecho de que los refrigeradores prácticamente no poseen tornillos ni ningún otro elemento de fijación. El poliuretano rígido, debido a su alto poder adhesivo, cumple con el rol de juntar todas las partes, minimizando puntos de potencial oxidación y fugas térmicas.

Finalmente, el poliuretano contribuye en forma significativa con la rigidez de la nevera, esto a pesar de tener un bajo peso específico de 40 kg/m³.¹

El uso del poliuretano en edificaciones de alta eficiencia energética

Los aportes del poliuretano a la industria de la refrigeración, tales como aislación, adhesión, rigidez, mínima absorción de agua y liviandad, están comenzando a aplicarse en la industria de la construcción. Hoy, cámaras frigoríficas, supermercados, plazas comerciales, aeropuertos y muchas otras edificaciones están siendo construidas con paneles aislantes de poliuretano. Estos ofrecen versatilidad de diseño, óptima eficiencia térmica con una mínima utilización de los equipos de frío-calor, aumento en la velocidad de construcción (se estima una empleación de menos de la mitad del tiempo de construcción que con materiales convencionales), mínima

generación de residuos, mínima utilización de agua (prácticamente son obras a seco), cero proliferación de insectos, roedores y todo tipo de plagas, así como un mínimo espesor de paredes que permite una máxima utilización del espacio.

Cabe destacar que la edificación civil es responsable de hasta 50% de las emisiones contaminantes. Utilizar poliuretano en las envolventes, tanto de edificios nuevos como de reciclados, es un aporte único y sin precedentes para solucionar este problema tan acuciante.

Por todo esto, es crucial el avance en la aislación más eficiente posible, tanto en la construcción, civil e industrial, como en la comercial, minimizando la utilización de energía y, de este modo, las emisiones que contribuyen al calentamiento global.

El poliuretano en la refrigeración, factor de eficiencia energética

En síntesis, el 100% de la industria de la refrigeración convirtió su aislación a poliuretano hace más de 30 años. Esto ocurrirá en la construcción, más temprano que tarde.

El poliuretano es una espuma rígida que surge de la reacción química de dos líquidos, un poliol y un isocianato. Para expandirse y alcanzar el bajísimo peso final, 25 veces más liviano o menos denso que el agua, esta reacción química se hace en presencia de un agente de expansión, generalmente de tipo físico.

Una pequeña reseña histórica nos muestra que, durante los inicios del poliuretano en la década de 1970, el agente de expansión por excelencia era el CFC-11, conocido comercialmente como Freon™. Durante muchísimo tiempo, la industria trabajó sin problemas con este agente de expansión que otorgaba propiedades de sople, aislación y costos impares. Desafortunadamente, fue demostrado que el CFC-11 (como así también muchos otros clorofluorocarbonados o CFC) contribuían en forma muy seria y significativa a la destrucción de la capa de ozono. Su utilización fue prohibida y la industria de la refrigeración y aislación debió encontrar sustitutos en tiempo récord.

Fue así que, durante la década de 1980, la industria tuvo la oportunidad de elegir entre dos alternativas como agentes de expansión: los hidrocarburos (diversas variaciones de pentanos) y los hidroclorofluorocarbonados o HCFC.

¹ Solo con fines comparativos, vale la pena recordar que la densidad del agua es de 1000 kg/m³.

Los hidrocarburos requieren de una alta inversión inicial, dada la complejidad de manejo (fundamentalmente desde el punto de vista de seguridad), pero, por otro lado, su costo de utilización es bastante conveniente. Por su parte, los HCFC son de fácil implementación inicial, pero su costo unitario es mucho mayor que el de los pentanos. Siendo así, diferentes jugadores de la industria adoptaron alguna de estas dos variaciones.

Los grandes problemas de la humanidad aparecen nuevamente durante el inicio de la década de 1990, cuando se coloca en evidencia el impacto de los HCFC sobre el calentamiento global y también con un efecto importante, aunque no tan serio como el de los CFC, sobre la capa de ozono.

Para resolver esta encrucijada y llegar a una solución definitiva, las industrias que se habían convertido a HCFC deciden moverse transitoriamente (justamente en este momento estamos en el medio de ese proceso) a los hidrofluorocarbonados o HFC, de cero impacto en la capa de ozono, pero todavía con problemas en el efecto de calentamiento global.

Mientras estos múltiples mecanismos van ocurriendo, a veces en serie, a veces en paralelo, afortunadamente nos acercamos a lo que pudiera ser la solución definitiva y a la cual la tecnología de poliuretanos ha contribuido en forma significativa a través de múltiples mecanismos de investigación y desarrollo: los hidrofluoroolefinas o HFO. Esta molécula devuelve a la industria del poliuretano rígido un agente de expansión con todas las características requeridas: bajo costo, excelente eficiencia energética, facilidad de procesabilidad, cero inflamabilidad y sin efectos sobre la capa de ozono ni sobre el calentamiento global.

De esta manera, a lo largo de este artículo hemos discutido los beneficios del poliuretano como elemento aislante en la construcción, minimizando la emisión de gases de calentamiento global. También se ha realizado una somera revisión sobre los agentes de expansión y cómo la industria ha evolucionado hasta alcanzar modernos agentes con mínimo impacto sobre la capa de ozono y sobre el calentamiento global. En una línea de tiempo, la historia reciente de los gases quedaría como sigue:

FIGURA 2. LÍNEA DE TIEMPO DE LA HISTORIA RECIENTE DE LOS GASES EMPLEADOS POR LA INDUSTRIA DE LA REFRIGERACIÓN



CONVOCATORIA

El Instituto Politécnico Nacional, a través de las Secciones de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Física y Matemáticas y la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidades Zacatenco y Culhuacán así como del Centro Mexicano para la Producción más Limpia y el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Querétaro convocan a los interesados en cursar estudios en el programa de:

DOCTORADO EN ENERGÍA

modalidad escolarizada, a tiempo completo para iniciar en el semestre A-2017, bajo las siguientes bases:



OBJETIVO DEL DOCTORADO

Formar recursos humanos de alto nivel, con herramientas de conocimiento y habilidades de investigación multidisciplinaria en los diversos campos de investigación y desarrollo tecnológico en Energía, que generen nuevos conocimientos para dar solución a los requerimientos energéticos del país, de manera sustentable.

REQUISITOS DE INGRESO

1. Disponibilidad de tiempo completo.
 2. Poseer título de licenciatura y grado de maestría (o acta de examen de grado de maestría) en física, química, matemáticas, ingeniería o en cualquier área afín de acuerdo al documento de creación del programa.
 3. No haber causado baja en algún programa de posgrado del Instituto.
 4. Aprobar el proceso de admisión.
- Los aspirantes extranjeros adicionalmente deberán enviar:
- Acta de nacimiento legalizada o apostillada.
 - Copia del título profesional legalizado o apostillado.
 - Copia del grado de estudios de maestría o acta de examen legalizada o apostillada.
 - Copia del certificado de estudios legalizado o apostillado.

Para mayor información de los trámites para extranjeros podrán consultar la siguiente liga:
<http://www.informatica.sip.ipn.mx/posgrado/docs/formatos/dap/BPP/Sistema%20de%20Calidad%20Academica%20mica.pdf>

PLAN DE ESTUDIOS

El alumno deberá cursar dos materias obligatorias, tres seminarios y al menos una optativa. El plan de estudios puede ser consultado en la dirección electrónica:
(http://www.cmp+l.ipn.mx/doctorado/programa_academico/Paginas/Plan-de-Estudios.aspx)
Las líneas de generación y aplicación del conocimiento asociadas son:

- Energías Alternas
- Sistemas Bioenergéticos
- Energías Convencionales y Eficiencia Energética

Revalidación de estudios: En el programa de Doctorado en Energía, se deberá cursar y aprobar de manera obligatoria tres unidades de aprendizaje y tres seminarios de tesis, los cuales no se podrán acreditar por revalidación de acuerdo al Art. 42 del Reglamento de Estudios de Posgrado vigente.

OFERTA

El programa de Doctorado en Energía recibirá hasta un máximo de 15 estudiantes para el semestre A-2017 con apoyo del sistema de becas institucionales.

REQUISITOS DE EGRESO

1. Los alumnos deberán obtener el grado en 8 semestres.
2. Cubrir el total de créditos del programa de doctorado.
3. Desarrollar la tesis y acreditar el examen de grado correspondiente, de conformidad con lo establecido en el artículo 54 del Reglamento de Estudios de Posgrado del Instituto.

PROCESO DE ADMISIÓN

Los aspirantes interesados deberán:

- Llenar la solicitud de admisión que se encuentra en la página del CMP+L (www.cmp+l.ipn.mx), así como título o Acta de examen de Maestría escaneado y enviarlos al correo ruvazquez@ipn.mx a más tardar el **28 de Noviembre de 2016**.
- Cubrir los montos aplicables vigentes correspondientes para cada uno de los exámenes.
- El aspirante debe comprobar el dominio del idioma inglés, para lo cual el aspirante contará con tres alternativas para demostrar este conocimiento:
 - i) La obtención de una calificación mínima de ocho en el examen de dominio que aplique el Centro de Lenguas Extranjeras (CENLEX) en cualquiera de sus unidades (Zacatenco o Santo Tomás), conforme lo determine la comisión de admisión correspondiente al programa académico. El examen de habilidades del idioma inglés está programado para el día 5 de Diciembre de 2016, a las 15:00 hrs., en el Cenlex- Unidad Santo Tomás
 - ii) La presentación de una constancia de estudios realizados en los Cursos Extracurriculares de Lenguas Extranjeras (CELEX) del IPN, avalada por la Dirección de Formación en Lenguas Extranjeras.
 - iii) La presentación de una constancia de otro tipo de examen reconocido nacional o internacionalmente y aprobado por el Colegio Académico de Posgrado. Este tipo de constancias deberán ser avaladas por la Dirección de Formación en Lenguas Extranjeras para verificar el cumplimiento del dominio requerido del idioma así como de vigencia correspondiente.
- Entregar en la sede de Interés curriculum vitae y protocolo de investigación avalado por un profesor del programa a más tardar el **30 de Noviembre de 2016**.
- Presentar defensa del protocolo y entrevista en el periodo del **12 al 16 de Diciembre de 2016**, en el CMP+L ante la comisión de admisión.

RESULTADOS

Los resultados de aspirantes aceptados serán publicados en la página www.cmp+l.ipn.mx el **19 de Enero de 2017**.

INSCRIPCIONES

Las inscripciones se llevarán a cabo en el periodo del **23 al 27 de Enero de 2017** conforme al procedimiento publicado en la página del CMP+L.

Los aspirantes admitidos deberán formalizar su inscripción al programa sin pago obligatorio alguno, pero con la posibilidad de realizar la aportación voluntaria como donativo por apertura de expediente a la cuenta que les sea indicada por la unidad académica correspondiente. Las cuentas de captación de donativos deberán corresponder a las instancias del Instituto Politécnico Nacional facultadas para el efecto.

El inicio de cursos será el **lunes 30 de Enero de 2017**.

INFORMES

Para mayores informes podrá comunicarse con:

Coordinador del programa:

Dr. Rubén Vázquez Medina, CMP+L, 57296000 ext. 52621, ruvazquez@ipn.mx

Coordinadores de sede:

- Dr. Elieíl Carvajal Quiroz, ESIME-Culhuacán, 56242000, ext. 73032, ecarvajal@ipn.mx
- Dr. Raúl Hernández Altamirano, CMP+L, 57296000 ext. 52621, rahernandez@ipn.mx
- Dr. Gonzalo Ramos López, CICATA-Querétaro, 4422290804 ext. 81050, gramos@ipn.mx
- Dr. José Alfredo Jiménez Bernal, ESIME-Zacatenco, 57296000 ext. 54881 jjimenezb@ipn.mx
- Dr. Osvaldo Vigil Galán, ESFM, ext. 55054, 55015 osvaldo@esfm.ipn.mx

Cualquier situación originada durante el proceso de admisión y no contemplada en la presente convocatoria, se resolverá con pleno apego al Reglamento de Estudios de Posgrado por la autoridad competente según el caso.

ESQUEMA DE AHORRO DE ENERGÍA (ESS)¹ EN NUEVA GALES DEL SUR, AUSTRALIA²

Por Alfredo Careaga Ambriz

El autor es Ingeniero Mecánico Electricista y Maestro en Planificación y Política Energética. Actualmente se desempeña como analista en el Tribunal Independiente de Precios y Regulación (Independent Pricing and Regulatory Tribunal, IPART), en Sídney, Australia.

Puede ser contactado en el correo alfredo.careaga@ipart.nsw.gov.au

Australia es un país con una alta utilización de carbón térmico para la generación de electricidad y, por lo tanto, uno de los países con más altas emisiones de CO₂ per cápita. Sin embargo, existen distintas iniciativas federales y estatales que se complementan para combatir el cambio climático. Este artículo se enfoca en una de dichas iniciativas estatales: el ESS de Nueva Gales del Sur. Bajo este esquema se crean certificados (ESC – Energy Savings Certificate) de ahorro energético al convertir cada megavatio-hora (MWh) ahorrado a su equivalente en toneladas de CO₂ no emitidas a la atmósfera (t-CO₂-e). Los ahorros de energía, y por ende estos certificados, provienen de distintas actividades y de la instalación de equipos más eficientes definidos en la legislación del estado. Estas actividades se llevan a cabo en los sectores industrial, comercial y residencial.

¹ Energy Savings Scheme, por sus siglas en inglés.

² El autor escribió este artículo en su capacidad personal. Los puntos de vista y opiniones expresadas son del autor y no necesariamente representan los puntos de vista y las opiniones de IPART. IPART no es responsable por la exactitud del contenido de este artículo.

Contexto energético

Australia es el segundo exportador de carbón térmico y cuarto productor de este mineral a nivel mundial¹. En 2015, 76% de la electricidad fue generada usando el carbón como combustible principal, seguido por 12% a partir de gas y 12% de fuentes renovables.²

Australia mantiene un registro y reporta las emisiones de gases de efecto invernadero bajo protocolos y reglas internacionales como el Protocolo de Kioto y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). En el 2014 se reportó la cantidad de 523 309 820 tCO₂e.³ Como punto de comparación, datos del Banco Mundial indican que México emite 3.9 toneladas métricas de CO₂ per cápita al año, mientras que Australia emite 16.5.⁴ Durante 2014, 35% de estas emisiones fueron resultado de actividades en el sector de electricidad, gas y agua; 16% emitidas por el sector de agricultura y pesca; 13% a raíz de actividades mineras; 13% por manufactura; 11% por actividades comerciales, y el resto distribuido entre transporte, servicios comerciales y actividades asociadas a la construcción, tal y como se observa en la Figura 1.

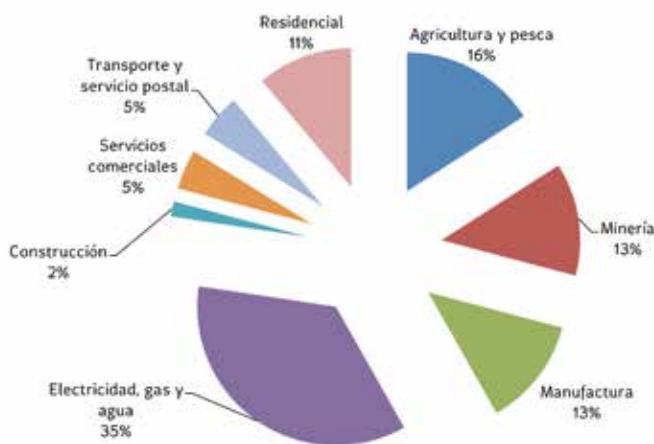


FIGURA 1. Emisiones nacionales por sector en Australia⁵.

¹ Gobierno de Australia, Departamento de Industria, Innovación y Ciencia. Resources Coal. Disponible en: <http://www.industry.gov.au/resource/Mining/AustralianMineralCommodities/Pages/Coal.aspx>

² Operador del Mercado Australiano de Energía (AEMO). National Electricity Market. Disponible en: <https://www.aemo.com.au/Electricity/National-Electricity-Market-NEM>

³ Gobierno de Australia, Departamento de Ambiente y Energía. Inventario nacional de emisiones por sector económico. Datos disponibles en: http://ageis.climatechange.gov.au/Chart_ANZSIC.aspx?OD_ID=1414459897

⁴ Banco Mundial. (2011). CO₂ emissions per capita. Disponible en: <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>

⁵ Gobierno de Australia, Departamento de Ambiente y Energía. Inventario nacional de emisiones por sector económico. Datos disponibles en: <http://ageis.climatechange.gov.au/ANZSIC.aspx>

En términos de consumo final de energía, el sector de transporte contribuye con un consumo de 39%; seguido por la industria, con 36%, y el residencial y comercial, con 13% y 12% respectivamente.⁶

La electricidad se distribuye a través del Mercado Nacional de Electricidad (NEM, National Electricity Market por sus siglas en inglés), conectando los estados de Queensland, Nueva Gales del Sur, Victoria, Australia del Sur y Tasmania. La generación y venta al consumidor de electricidad y gas está abierta a la competencia privada; por lo tanto, hay un número de compañías que generan electricidad y que proveen el servicio para su consumo. Las cifras presentadas anteriormente reflejan la alta dependencia del carbón a nivel macroeconómico, y específicamente como combustible doméstico para la generación de electricidad.

Australia está comprometida con el combate al cambio climático a través de la implementación de políticas e iniciativas nacionales y estatales. Los estados de Nueva Gales del Sur, Victoria y Australia del Sur son pioneros en implementar y mantener esquemas de ahorro de energía.

Programas de eficiencia energética

Con el objetivo de reducir emisiones de CO₂, los estados antes mencionados han implementado esquemas que se enfocan en reducir el consumo de energía a nivel usuario en los sectores industrial, comercial y residencial. Los MWh ahorrados se convierten a unidades de CO₂ equivalente. A la fecha, estos esquemas son puramente estatales y no existe un programa similar a nivel nacional. Sin embargo, existen otras iniciativas nacionales que de alguna manera complementan a los esquemas estatales, como, por ejemplo, el programa de Equipo Energético Eficiente (E3), que define estándares mínimos de desempeño para ciertos equipos eléctricos antes de que puedan ser distribuidos para su venta en el país.⁷

⁶ Agencia Internacional de Energía. (2014). Australia One Pager. Disponible en: <https://www.ica.org/media/countries/slt/AustraliaOnePagerAugust2014.pdf>

⁷ Energy Rating. The E3 Program. Información disponible en: <http://www.energyrating.gov.au/about/what-we-do>



AUSTRALIA ESTÁ COMPROMETIDA CON EL COMBATE AL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS E INICIATIVAS NACIONALES Y ESTATALES. LOS ESTADOS DE NUEVA GALES DEL SUR, VICTORIA Y AUSTRALIA DEL SUR SON PIONEROS EN IMPLEMENTAR Y MANTENER ESQUEMAS DE AHORRO DE ENERGÍA

Esquema de Ahorro de Energía de Nueva Gales del Sur (ESS)

El Esquema de Ahorro de Energía de Nueva Gales del Sur (ESS, por sus siglas en inglés) tiene como principal objetivo reducir el consumo energético a nivel de usuarios de equipo, impactando de forma directa en la reducción de emisiones de CO₂. Como beneficios secundarios, el esquema ayuda al consumidor final a reducir su consumo energético y, con ello, el costo asociado. En el sector industrial, este esquema ayuda a justificar inversiones en equipo más eficiente o a realizar cambios en los procesos. El ESS comenzó en el 2009 y la legislación contempla su continuidad hasta el 2025.

Los ahorros de energía son el resultado del reemplazo de equipos que consumen electricidad o gas por equipos más eficientes, o de modificar la forma en que este equipo se utiliza dentro de algún proceso determinado para que este sea más eficiente. Los ahorros de energía resultantes se contabilizan en MWh, a partir de los cuales se calculan el número de certificados (ESC) que genera cada actividad. Estos ESC son calculados al multiplicar los ahorros en MWh por un coeficiente de conversión equivalente a 1.06. Este coeficiente de conversión es específico para el estado y refleja la reducción en emisiones lograda como resultado de la actualización de consumo energético⁸ del equipo.

Mecanismos

El esquema funciona en un mercado de compraventa de ESC. Las compañías proveedoras de electricidad o gas a los consumidores finales, sea en el sector residencial, comercial o industrial, tienen la obligación de cubrir en 7% las emisiones correspondientes a la energía que distribuyen a través de ahorros energéticos. Este porcentaje es cubierto a través de la adquisición y entrega de certificados al gobierno. Esta necesidad de adquirir certificados crea la demanda de ESC en este mercado.

Asimismo, la legislación provee los arreglos para que compañías, sean eléctricas o no, creen ESC a partir de actividades que ahorren energía como resultado de cambios de equipo o del uso eficiente de estos. Durante sus inicios en el 2009, el esquema únicamente contemplaba equipo de consumo eléctrico; sin embargo, en abril de 2016, cambios en la legislación permitieron los ahorros de energía provenientes de la reducción de consumo de gas, el reemplazo entre uso de electricidad y gas, así como la cogeneración. Las actividades o proyectos que la legislación

⁸ 1 MWh equivale a 1.06 tCO₂e no emitidas a la atmósfera.

permite son conocidas como *Actividades Reconocidas de Ahorro de Energía* (RESA, por sus siglas en inglés)⁹ y, entre otros requerimientos, uno de los aspectos principales es que estas actividades no resulten en una reducción de los niveles de producción o servicio que dicho equipo o proceso presentaba antes de ser reemplazado o modificado.

Para que una compañía pueda crear ESC a partir de actividades reconocidas, estas tienen que ser acreditadas por el Tribunal Independiente de Precios y Regulación (IPART). El IPART es una agencia gubernamental del estado de Nueva Gales del Sur que, entre otras actividades, administra y regula el esquema de eficiencia energética. Este tribunal acredita a compañías que, por medio de una aplicación, demuestran su conocimiento y comprensión de los requerimientos de la legislación, incluyendo una descripción de las actividades reconocidas que se pretende realizar.

Una parte fundamental de la administración del esquema son las auditorías independientes que el IPART aprueba por medio de un panel de auditores. Estos revisan la información que la compañía acreditada produce como evidencia de que las actividades o proyectos se realizaron de acuerdo con la legislación y condiciones de la acreditación. La frecuencia de estas auditorías es determinada por el IPART como parte del proceso de acreditación, y basada en la información contenida en la aplicación. La principal consideración para definir esta frecuencia es el factor de riesgo asociado con la actividad acreditada.¹⁰

De igual forma, la frecuencia de las auditorías es ajustada a lo largo de la vida de la acreditación, dependiendo de sus resultados. Como medidas de cumplimiento y penalización, el IPART tiene la posibilidad de imponer condiciones adicionales, suspender, cancelar o emitir multas a las compañías acreditadas. Normalmente, en casos en que los ESC son encontrados inválidos por alguna razón, la compañía acreditada deberá recurrir a compensar el error con nuevos ESC que no entran al mercado.

Metodologías y equipo eficiente

Las actividades reconocidas que las compañías acreditadas pueden realizar están definidas a través de ciertas metodologías establecidas en el Reglamento del ESS. El Reglamento es parte de la legislación y estipula los requerimientos que los proyectos deben de cumplir, así como ecuaciones y coeficientes para el cálculo de los ahorros energéticos y ESC. Existen tres agrupaciones de tipos de actividades:

1. basadas en modelos de ingeniería para el cálculo de ahorro energético;
2. basadas en mediciones de la línea base de consumo antes y después de la instalación o proyecto;
3. basadas en factores predeterminados dependiendo del equipo a reemplazar.

Las metodologías dentro de los primeros dos grupos son generalmente flexibles y permiten medir o calcular ahorros a partir de casi cualquier cambio de equipo o proceso, siempre y cuando se cumplan los requerimientos generales del Reglamento. Recientemente se introdujo como metodología el uso del Protocolo Internacional de Medida y Verificación (IPMVP, por sus siglas en inglés)¹¹, el cual permite establecer de manera fiable el ahorro real generado por una instalación. Asimismo, este método facilita el cálculo de los ahorros eléctricos y de gas.

El tercer grupo posibilita el cálculo de ahorros a futuro, permitiendo a la compañía acreditada generar los ESC estimados por la actividad con base en ciertos coeficientes, dependiendo del tipo de equipo. Estas metodologías cubren equipo de iluminación, motores eficientes, equipos electrodomésticos, iluminación pública y sistemas de corrección de factor de potencia. Siempre y cuando los ESC sean creados siguiendo los factores y exista la evidencia de que las instalaciones o proyectos ocurrieron, las compañías acreditadas calculan los ESC siguiendo fórmulas relativamente sencillas.

La siguiente tabla muestra la creación de ESC para el año 2015 por tipo de instalación o proyecto. Los proyectos de iluminación en edificios comerciales han sido fuente de la mayoría de ESC en la vida del esquema, tendencia que continuó hasta el año pasado con casi 60% de los ESC provenientes de esta actividad.

⁹ Recognised Energy Saving Activity.

¹⁰ IPART – Esquema de Ahorro de Energía. Audit and compliance guides. Disponible en: http://www.ess.nsw.gov.au/Audits_and_Compliance/Audit_and_compliance_guides

¹¹ International Performance Measurement and Verification Protocol.

TABLA 1. ESC EN EL ESQUEMA DE AHORRO DE ENERGÍA DE NSW EN 2015¹²

Tipo de actividad	Número de ESC	Porcentaje
Actividades múltiples - Comercial	179 589	5.8
Actividades múltiples - Industrial	97 689	3.2
Calefacción y enfriamiento - Comercial	51 506	1.7
Calefacción y enfriamiento - Industrial	5 984	0.2
Cambio de proceso - Comercial	9 035	0.3
Cambio de proceso - Industrial	298 491	9.7
Compresores - Industrial	6 385	0.2
Compresores industriales	24 691	0.8
Edificios eficientes - Comercial	26 316	0.9
Iluminación - Comercial	1 840 268	59.5
Iluminación - Comercial/Industrial	28 881	0.9
Iluminación - Industrial	42 709	1.4
Motores eficientes - Comercial/Industrial	1 569	0.1
Nuevos electrodomésticos - Comercial	265 724	8.6
Nuevos electrodomésticos - Comercial/Residencial	12 420	0.4
Nuevos electrodomésticos - Residencial	126 219	4.1
Refrigeración - Comercial	25 532	0.8
Refrigeración - Industrial	14 760	0.5
Remoción de refrigerador/congelador - Residencial	12 600	0.4
Sistemas de potencia - Comercial/Industrial	1 122	0.0
Ventiladores y bombas - Comerciales	80	0.0
Ventiladores y bombas - Industrial	18 982	0.6
Total	3 090 552	

Durante el transcurso del 2016, como resultado de la evolución del esquema y las compañías acreditadas, así como la introducción de nuevas metodologías, el IPART ha procesado más aplicaciones en métodos más complejos, lo que muy probablemente resultará en un cambio en la creación de certificados hacia actividades más innovadoras en áreas industriales como refrigeración, calefacción, enfriamiento y cambios de procesos.

Así como el esquema y las compañías acreditadas evolucionan, el IPART, como entidad de gobierno encargada de regular y administrar el esquema, tiene que evolucionar a la par para asegurar la integridad del esquema sin imponer obligaciones innecesarias en las compañías involucradas, permitiendo así que la sociedad se beneficie de la innovación en el área de la eficiencia energética. HDE

¹² IPART NSW. Registro de ESC. Creación en el 2015. Disponible en: <https://www.ggas-registry.nsw.gov.au/>

CONSTRUCTOR ELÉCTRICO

NEGOCIOS Y DESARROLLO DE LA INDUSTRIA

MÁS DE 30 MIL
VISITAS MENSUALES
(Fuente: Google Analytics)

SUSCRÍBETE A NUESTRO
NEWSLETTER Y RECIBE
NOTAS DEL SECTOR

- Perspectivas de la industria
- Eficiencia energética
- Tendencias tecnológicas
- Seguridad eléctrica
- Normatividad

- Sostenibilidad
- Proyección y obra eléctrica
- Opinión de expertos
- Entrevistas a líderes

*El sitio web más completo del
sector eléctrico en México*

www.constructorelectrico.com

 @ConstructorElec

 /Constructor Eléctrico



Consulta planes tarifarios a través del correo
antonio.n@puntualmedia.com

CCL Container, S.A. de C.V.
**ILUMINACIÓN LED AUTOMATIZADA
Y APROVECHAMIENTO DE LA LUZ
NATURAL**

Por David Cedillo Hernández y Hugo Téllez Moctezuma

David Cedillo Hernández es Ingeniero en Energía por la Universidad Autónoma Metropolitana y se desempeña como gerente de Evaluación Técnica Económica de Proyectos del FIDE. Hugo Téllez Moctezuma es Ingeniero Electricista con especialidad en Sistemas de Potencia por el Instituto Politécnico Nacional, y tiene el cargo de gerente de Gestión de Proyectos, Mediciones y Evaluación de Resultados del FIDE. Se puede contactar a los autores en david.cedillo@cfé.gob.mx y en hugo.tellez@cfé.gob.mx, respectivamente.

Gracias a la sustitución de luminarios de aditivos metálicos por lámparas LED automatizadas y a la instalación de domos prismáticos para aprovechar la luz natural, uno de los principales fabricantes de envases de aluminio logró ahorrar 66% de la energía eléctrica que consumían los equipos anteriores.



CCL 

Tablero de Control de Iluminación

GWY2 GFX

CCL 

G¹

GFX 1

CCL 

54.0

GFX 2

CCL 

GFX 3

CCL 

Antecedentes

CCL Container, S.A. de C.V. está ubicada en la ciudad de San José Iturbide, en el estado de Guanajuato. Se trata de uno de los principales fabricantes a nivel nacional de envases de aluminio para aerosol y botellas de aluminio para bebidas. Aunque la mayor parte de la energía eléctrica se utiliza para los troqueles de envases de aluminio, la iluminación en su planta representa 5.9% del total de su facturación eléctrica.

Dicha empresa tiene un contrato con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en tarifa HM. Antes de la realización del proyecto de eficiencia energética, su demanda facturable promedio era de 1206 kW, con un consumo de energía de 8 206 746 kWh al año, lo que representaba un costo de 14 521 103.73 de pesos anuales.

Objetivo del proyecto

Reducir el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de la nave industrial, reemplazando los equipos existentes antes de la intervención por luminarios eficientes de tecnología LED, domos prismáticos para el aprovechamiento de la luz natural y la implementación de un control automático para mantener los niveles de iluminación en todo momento.

Situación original

Inicialmente, la empresa tenía instalados 115 luminarios con lámparas de aditivos metálicos que demandaban una potencia total de 55.78 kW, con un consumo de energía de 488 628 kWh/año, y que se reflejaba en un costo de operación anual de 858 736.80 pesos.

TABLA 1. SITUACIÓN PREVIA AL PROYECTO

Tipo de luminario	Cantidad de luminarios	Potencia de línea (W)	Potencia total (kW)	Consumo total (kWh/año)	Costo (\$/año)
Luminario tipo campana industrial 400 W HID	110	458	50.38	441324	775 602.63
Luminario tipo campana industrial 1000 W HID	5	1080	5.40	47 304	83134.17
Total	115		55.78	488 628	858 736.80

Notas:

- La potencia de línea (W) de los luminarios se validó con base en los catálogos y mediciones puntuales de algunos equipos.
- El costo (\$/año) incluye los costos por demanda facturable (kW) y los costos por consumo (kWh/año) en base, intermedia y punta.

Debido a que el área de procesos opera las 24 horas del día, los 365 días del año, se identificó el consumo energético facturado en cada periodo establecido por la CFE para la tarifa horaria media HM, ya que los costos de la energía y de la demanda dependen de la hora del día en que se utilice (base, intermedia y punta), además de la época del año (verano o invierno).

Una vez obtenido el consumo energético, se realizaron mediciones de los niveles de iluminación, resultando que en promedio existían 187 luxes en el área de trabajo. Para este tipo de aplicación, la Norma indica 300 luxes, valor que se consideró para la proyección de los luminarios eficientes.

TABLA 2 . NIVELES DE ILUMINACIÓN Y TIEMPO DE OPERACIÓN DE LOS LUMINARIOS ANTES DE REALIZAR EL PROYECTO

Nivel de iluminación promedio (luxes)	Horas mes (operación en base)	Horas mes (operación en intermedia)	Horas mes (operación en punta)
187	243	420	67

Para optimizar la operación de los equipos propuestos, se consideró el aprovechamiento de la luz natural. Por ello, se realizó un análisis de la incidencia solar en la ubicación de la planta con el apoyo del *software* Dome Skylight, determinando que en promedio se tendría un aprovechamiento de nueve horas al día de luz solar, permitiendo la reducción de las horas de operación para el nuevo sistema de iluminación.

TABLA 3. NIVELES DE ILUMINACIÓN PROPUESTOS Y TIEMPO DE OPERACIÓN DE LOS NUEVOS LUMINARIOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS DOMOS PRISMÁTICOS

Nivel de iluminación promedio (luxes)	Horas mes (operación en base)	Horas mes (operación en intermedia)	Horas mes (operación en punta)
300	204	185	67





Propuesta

El proveedor Visualización y Control Industrial, S.A. de C.V. propuso a la empresa que, además del aprovechamiento de la luz natural a través de domos prismáticos, se sustituyeran los actuales luminarios de aditivos metálicos (HID) por luminarios tipo High Bay de lámparas LED con sistema de control automático de encendido y atenuación que permitan en todo momento mantener los niveles de iluminación en 300 luxes bajo las posibles variaciones de la luz natural.

TABLA 4. EQUIPOS PROPUESTOS

Tipo de luminario	Cantidad de luminarios	Potencia de línea (W)	Potencia total (kW)	Consumo total (kWh/año)	Costo (\$/año)
Luminaria tipo High Bay 264 W LED	115	264	30.36	166,128	323,843
Total	115		30.36	166,128	323,843

Nota:

· La potencia de línea (W) de las lámparas y luminarios se validaron con base en los catálogos y pruebas de laboratorio.

Resultados

Haciendo una comparación de la situación original y de la situación propuesta en el proyecto, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 5. COMPARACIÓN DE AHORROS ENTRE LAS SITUACIONES ACTUAL Y PROPUESTA

	Sistema anterior	Sistema eficiente	Ahorros	Porcentaje de ahorro
Potencia (kW)	55.78	30.36	25.42	45.6%
Consumo (kWh/año)	488,628	166,128	322,500	66.0%
Costo (\$/año)	858,736.80	323,843.88	534,892.92	62.3%

Para realizar este proyecto, el FIDE otorgó un financiamiento de 2 143 214.24 pesos. Gracias a los ahorros anuales de 534 892.92 pesos, el proyecto tiene un periodo simple de recuperación de cuatro años.




CCL CONTAINER: SUSTENTABILIDAD, AHORRO Y EFICIENCIA

En mayo de 2014, la empresa CCL Container inició un proyecto de eficiencia energética en la nave industrial de su planta, ubicada en San José de Iturbide, Guanajuato. Dicho proyecto incluyó el cambio de luminarias poco eficientes por otras con tecnología LED, la implementación de domos solares y un sistema de control automatizado.

De acuerdo con Óscar Moreno Cruz, gerente de Operaciones de esta planta, uno de los factores clave para la instauración de estas mejoras fue "la filosofía de mejora continua de la empresa y la búsqueda permanente por disminuir la generación de CO₂". Aunado a estas políticas, también contribuyeron los beneficios que conllevan estas tecnologías, como la disminución en el consumo de energía eléctrica sin sacrificar la luminosidad, el aumento de las horas de trabajo y un menor gasto-mantenimiento. "Parte de la política de la empresa es ser sustentable y ecológica, por lo que estos sistemas logran un menor consumo de energía y el aprovechamiento de la iluminación natural".

Para la realización de este proyecto, CCL Container contó con la asesoría de diferentes proveedores y contratistas que, además de proponer las mejoras en materia de eficiencia energética, les recomendaron acercarse al FIDE para acceder a sus programas de financiamiento. "Inicialmente tuvimos una reunión con los representantes del FIDE de Querétaro, quienes nos explicaron todo sobre el trámite y la documentación requerida. Posteriormente nos fueron asesorando sobre los entregables y cómo dar cumplimiento a lo requerido. Durante la ejecución del proyecto se tuvieron revisiones y al final del proyecto se validó la instalación y se dio seguimiento a los resultados".

Los beneficios de este proyecto trascendieron la esfera del ahorro eléctrico. "Por parte de los directivos, la percepción sobre el proyecto es que cumplimos con la mejora continua que buscamos como empresa sustentable y contribuimos al cuidado de nuestro medioambiente. Por parte de los empleados se reciben buenos comentarios sobre la iluminación, generando un sentido de pertenencia hacia la organización, ya que sienten que están trabajando en una empresa que se preocupa por el factor humano y su entorno laboral, así como el cuidado del medioambiente".

En total, la instalación duró cuatro meses. En la opinión de Moreno Cruz, la experiencia de trabajar con el FIDE fue satisfactoria, pues les proporcionó "el trato, la facilidad y soporte para hacer posible este proyecto". Por esta razón, la empresa solicitó nuevamente el apoyo del FIDE, en esta ocasión para un proyecto similar en la planta de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Y no dudan en requerirlo para intervenciones futuras. 



EFICIENCIA ENERGÉTICA

REVISTA DEL FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

COLABORACIONES EN LA REVISTA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La revista *Eficiencia Energética* es una publicación trimestral editada por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica con el propósito de difundir la cultura de ahorro y uso eficiente de la energía. Publica información sobre actividades, proyectos, estudios de caso, buenas prácticas, estudios, investigaciones, reflexiones y noticias relevantes en materia de eficiencia energética. Su vocación es principalmente tecnológica y académica en virtud de la información especializada que ofrece.

Asimismo, es el principal vehículo de divulgación del FIDE. Su quehacer está determinado por la responsabilidad y misión que rigen al Fideicomiso y por los preceptos fundamentales de toda ética periodística y editorial. Al ser su misión educativa, no tiene afán de lucro, su objetivo es informar, orientar y capacitar en materia de uso racional de la energía y la eficiencia energética.

Lineamientos

1. ASPECTOS GENERALES

- a. Los trabajos deberán ser artículos de investigación original, estudio de caso, de actualización, de revisión, históricos, reseñas críticas, estudios y reportes de casos, crónicas de eventos, ponencias, infografías o estudios fotográficos, sobre los temas englobados en la eficiencia energética.
- b. Pueden considerarse trabajos no inéditos, en cuyo caso deberá indicarse de forma clara y citar el medio y fecha de publicación, así como contar con la autorización expresa de dicho medio.
- c. Se debe enviar la versión definitiva. Se recomienda corroborar la información básica con la que se elaboró el artículo.
- d. El envío compromete al autor a no someterlo simultáneamente a consideración de otras publicaciones. El artículo no podrá ser evaluado ni difundido en otros medios a partir del momento del envío y hasta que se dé respuesta en sentido afirmativo o negativo.
- e. Los autores se hacen absolutamente responsables del contenido de sus colaboraciones y autorizan a la revista la inclusión de los mismos en su página electrónica de acceso abierto, y en cualquier otro medio que decida para lograr una mayor difusión.
- f. El envío será de manera electrónica a través del correo oficial de la revista: *ree@fide.org.mx*

2. FORMATO

Todos los artículos deberán tener el siguiente formato:

- Enviarse en un archivo de Microsoft Word u otro procesador de textos.
- Contar con la siguiente estructura: Título, autor o autores (nombres y apellidos, grado académico, cargo desempeñado, institución, ciudad, país y correo electrónico), resumen (máximo 500 caracteres con espacios), desarrollo del texto y referencias bibliográficas.
- *Extensión:* variable, según el tipo de artículo.

- *Investigaciones originales*: adelantos de investigación, estudios de caso o reseña crítica. No deberán ser menores a 7 000 caracteres ni mayores a 15 000.
- *Artículos de difusión científica*: en ningún caso será menor a los 3 000 caracteres, incluyendo espacios, ni exceder los 10 000.
- *Artículos para la sección internacional*: la extensión de estos artículos puede variar de entre 3 000 y 9 000 caracteres, incluyendo espacios. Los textos se deberán entregar, preferentemente, en español.
- El estilo del documento será con fuente Arial 12 e interlineado sencillo.
- *Citas, referencias y notas*: indicadas con subíndices, al pie de cada página.
 - *Libro*: Apellido e inicial del nombre de los autores. (Año de publicación). Título del libro (en cursivas), número o tomo del volumen (si hubiera más de uno). Número de la edición (a partir de la segunda): lugar de la edición, editorial, año de publicación y paginación. Ejemplo: Torres E. (2011). *Auditoría ambiental*. Segunda edición, México: McGraw Hill, pp. 45-48.
 - *Artículos de revistas*: Apellido e inicial del nombre de los autores. (Año de publicación). Título del artículo (entrecomillado), nombre de la revista (en cursivas), volumen, número, fecha de publicación y números de páginas. Ejemplo: Monnadieu, M. (2005). "Sistema de competencias sustentables". *Revista Facultad de Ingeniería*. Universidad de Montevideo. Vol. 13. No. 2. Año 2002, pp. 92-96.
 - *Sitios web*: ONU. (2001). Organización de las Naciones Unidas. División de desarrollo sustentable. Theme Indicator Framework. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isdms2001/table4.htm>
- *Tablas, figuras, ilustraciones y gráficas*: incluidas en el texto donde correspondan, numeradas por tipo (Figura 1, Figura 2; Tabla 1, Tabla 2; Gráfica 1, Gráfica 2), con su pie correspondiente y con la fuente indicada.
- *Fotografías*: enviar por separado, en formato JPEG a colores con resolución 300 dpi, con breve descripción a manera de referencia.
- En el caso de las tablas, figuras y gráficas, puede llegar a requerirse que se envíe el archivo original donde se construyeron (hoja de cálculo, diapositivas, etcétera).

3. SECCIONES

Las siguientes secciones de la revista se encuentran abiertas para colaboraciones:

- *Investigación*: en este espacio se publican investigaciones originales, adelantos de investigación, estudios de caso y reseñas críticas de investigaciones publicadas. Los textos deberán cumplir con la siguiente estructura:
 - Título
 - Resumen
 - Introducción
 - Resultados
 - Conclusiones
 - Fuentes bibliográficas
- *Difusión*: este apartado está reservado para artículos de difusión científica en materia de eficiencia energética.
- *Internacional*: esta sección publica estudios de caso, reportes de buenas prácticas o informes de programas gubernamentales en materia de eficiencia energética, todos realizados fuera de México (sin importar si los autores son mexicanos o no). Los textos de preferencia deben ser entregados en español.



FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Revista Eficiencia Energética ISSN 2007-7505
 Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
 Mariano Escobedo #420, Col. Anzures, C.P. 11590, México, D.F.
 Teléfono: (01 55) 1101 0520
www.fide.org.mx

La Revista Eficiencia Energética es una publicación del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica sin fines de lucro

Alto potencial geotérmico en el golfo de California

Resultados preliminares del proyecto de investigación *Campaña intensiva de exploración geotérmica de las cuencas Wagner, Consag, Delfín, Guaymas y Alarcón del sistema de rifts del Golfo de California* han comenzado a arrojar conclusiones acerca de la viabilidad de generar energía geotérmica en el golfo de California. La investigación forma parte de los proyectos impulsados desde el Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (Cemie-Geo), y hasta ahora las diversas metodologías aplicadas han arrojado datos alentadores por separado. A pesar de que los investigadores aún deben realizar un análisis conjunto de todos los resultados obtenidos, se trata de un proyecto pionero, pues a nivel mundial no existen proyectos activos de explotación geotérmica marina. Solo países como Italia e Islandia se encuentran haciendo estudios a nivel de exploración. Todos los datos obtenidos de la investigación se harán públicos al finalizar el proyecto, con lo que se espera generar el interés del sector privado para explotar el lugar con miras a la producción de energía geotérmica.

Fuente: Conacyt

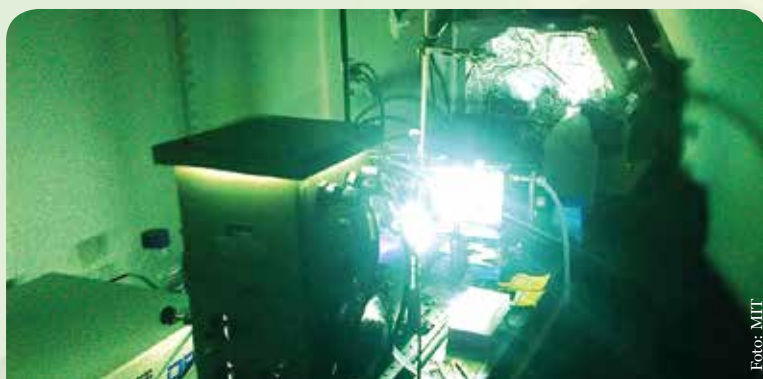


Foto: MIT

Almacenamiento de energía a través de nanotubos de carbono

Investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) desarrollaron un dispositivo que utiliza nanotubos de carbono para almacenar energía solar a través de los enlaces de su estructura molecular. Cuando recibe un estímulo exterior, la estructura vuelve rápidamente a su forma original, liberando la energía almacenada en forma de calor. Actualmente, los investigadores del MIT estudian la combinación de nanotubos de carbono con azobenceno; este nuevo prototipo proporciona una densidad de energía hasta 10 mil veces mayor que baterías con otros compuestos y es más barato y fácil de producir. Se espera que estén en el mercado dentro de cinco o 10 años.

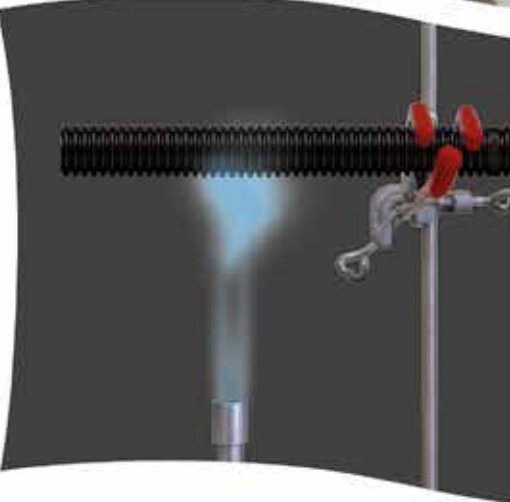
Fuente: MIT

Aerogenerador sin aspas

Durante la décima edición de Las Jornadas Abulenses de Energía se concedió el Premio Renovable del Año a un aerogenerador sin aspas fabricado por la empresa Vortex Bladeless. Este proyecto busca cambiar el actual diseño de los aerogeneradores, tanto en su forma como en la manera de producir energía. Dicho sistema se compone por un cilindro vertical semirrígido anclado en el terreno e incluye materiales piezoeléctricos. La energía eléctrica se genera por la deformación que sufren esos materiales al entrar en resonancia con el viento; así, el aerogenerador oscila de un lado a otro, aprovechando la energía cinética generada para convertirla en energía eléctrica.

Fuente: APEA





POLIFLEX

01•800•765•4353

WWW.POLIFLEX.MX

asesoria@[POLIFLEX.MX](mailto:asesoria@POLIFLEX.MX)

Durante los primeros meses de este año tendrán lugar diversos eventos del sector energético, tanto dentro como fuera de México. Este tipo de encuentros fortalecen la promoción del ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, así como el uso de energías renovables.

ENERO

MÉXICO ENERGY OIL GAS POWER 2017

Su segunda edición contempla conferencias de clase mundial encabezadas por los actores más destacados del medio energético mexicano e internacional, con un área de exposición donde se mostrará lo más novedoso en servicios y bienes del mercado.

Fecha: 31 de enero al 2 de febrero

Lugar: Centro CitiBanamex, Ciudad de México

www.energymexico.mx

WORLD FUTURE ENERGY SUMMIT

En 2017 celebra su 10.º aniversario buscando promover el uso de energías renovables, la eficiencia energética y las tecnologías limpias, con cambios interesantes en el formato de las exposiciones y conferencias para hacerlas más interactivas.

Fecha: 16 al 19 de enero

Lugar: Centro Nacional de Exhibición de Abu Dhabi (ADNEC), Emiratos Árabes Unidos

www.worldfutureenergysummit.com

FEBRERO

EXPO CIHAC 2017

Exposición dirigida a la industria de la construcción en América Latina. Presenta lo último en productos, tecnologías e innovaciones sustentables para motivar la capacidad emprendedora, la creatividad y la inversión productiva.

Fecha: del 1 al 3 de febrero

Lugar: Expo Guadalajara, Jalisco

www.expocihac.com

EXPO ELÉCTRICA OCCIDENTE 2017

Espacio de negocios del ramo de manufactura y comercialización de material eléctrico, equipo eléctrico y de iluminación.

Fecha: 1 al 3 de febrero

Lugar: Centro CitiBanamex, Ciudad de México

expoelectrica.com.mx/Occidente/

EXPO MANUFACTURA

Encuentro para profesionales de grandes, medianas y pequeñas empresas de manufactura que están en busca de soluciones eficientes de producción.

Fecha: 7 al 9 de febrero

Lugar: Cintermex, Nuevo León

www.expomanufactura.com.mx

EXPO LIGHTING AMÉRICA ELA

Foro de negocios para la industria de iluminación profesional en México. Reúne a los principales fabricantes y distribuidores de iluminación y tecnologías relacionadas, con el fin de crear grandes oportunidades de negocio.

Fecha: 28 de febrero al 2 de marzo

Lugar: Centro CitiBanamex, Ciudad de México

www.expolightingamerica.com

FERIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE (GENERA)

Evento internacional que reúne al sector de las energías renovables y eficiencia energética en España. En esta edición presentarán las propuestas más vanguardistas y los últimos avances tecnológicos de la industria. Una feria que destaca, además, por su vocación de encuentro, debate y divulgación.

Fecha: 28 de febrero al 3 de marzo

Lugar: IFEMA Feria de Madrid, España

www.ifema.es/genera_01/

MARZO

MÉXICO WINDPOWER 2017

Considerado uno de los encuentros de negocios más importantes del sector de energías renovables a nivel internacional en nuestro país.

Fecha: 1 y 2 de marzo

Lugar: Centro CitiBanamex, Ciudad de México

www.mexicowindpower.com.mx

EXPO ELÉCTRICA NORTE 2017

Plataforma de negocios enfocado en automatización, control, iluminación, material y equipo electrónico. Está dirigida a compradores del medio eléctrico, usuarios del área de la construcción, compradores del sector gobierno, responsables de la industria y hotelería.

Fecha: 7 y 10 de marzo

Lugar: Cintermex, Monterrey

www.expoelectrica.com.mx

SPE LATIN AMERICAN AND CARIBBEAN MATURE FIELDS SYMPOSIUM

Su objetivo es analizar las alternativas para prolongar la vida y mejorar la recuperación del petróleo en diversos tipos de yacimientos con eficiencia, seguridad y haciendo uso de la mejor tecnología disponible.

Fecha: 15 y 16 de marzo

Lugar: Fiesta Bahía Hotel, Salvador de Bahía, Brasil

www.spe.org/events/en/2017/symposium/17lama/homepage.html

EXPOSICIÓN Y CONFERENCIA DEL PETRÓLEO DE MÉXICO 2017

Evento para la industria del petróleo y el gas que reúne a líderes clave de la industria con proveedores de clase mundial.

Fecha: 28 al 30 marzo

Lugar: Parque Tabasco, Villahermosa

pecomexpo.com/

ABRIL

FERIA INTERNACIONAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Este evento centra su atención en los conceptos de generación convencional de energía renovable, así como en la transmisión y distribución, además de las últimas novedades e innovaciones relacionadas con esta materia.

Fecha: 24 al 28 abril

Lugar: Deutsche Messe AG Hannover, Alemania

www.hannovermesse.de/energy_e

Convocatoria para diseñar un edificio sustentable



¡Participa y gana
la oportunidad de crear el
diseño arquitectónico de un
edificio sustentable
para el Instituto de Investigaciones Eléctricas!

Objetivo

Desarrollar un proyecto arquitectónico que permita al Instituto de Investigaciones Eléctricas construir un edificio sustentable, que esté acorde con su trabajo diario y sea un referente para la comunidad en general.

Participantes

El concurso es de carácter nacional e internacional y está dirigido a toda persona, institución o empresa que cuente con experiencia en el desarrollo de proyectos de edificaciones sustentables.

Beneficios

Diploma y apoyo económico en efectivo por un millón de pesos en moneda nacional. Además, el IIE divulgará y difundirá en diversos foros y a través de distintos medios, los tres mejores proyectos arquitectónicos.

Fechas a considerar



Fecha límite para la recepción de documentos



Publicación del proyecto ganador



Ceremonia de entrega de reconocimientos

Consulta las bases en

www.iie.org.mx/concurso_edificiosustentable/

Contacto

edificiosustentable@iie.org.mx



Instituto de Investigaciones Eléctricas

Reforma 113,
colonia Palmira,
Cuernavaca, Morelos, México
C.P. 62490
Teléfono: +52 (777) 362 3811
iie.org.mx



FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA



El uso eficiente de la energía eléctrica es un buen negocio

Brindamos asesoría técnica y financiamiento a micro, pequeñas, medianas y grandes empresas, así como a comercios y servicios, para la implementación de medidas para el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, la modernización de procesos, la generación de energía eléctrica con fuentes renovables y la cogeneración eficiente.

¿Qué financiamos?

• Proyectos de eficiencia energética

Promueven e inducen el uso eficiente de la energía eléctrica mediante el uso de diversas tecnologías, generando ahorros en el consumo que se traducen en beneficios económicos.

Tecnologías participantes: Aislamiento térmico, automatización y monitoreo, bancos de capacitores, bancos de hielo, transformadores eléctricos para cambio de tarifa (incluye obra civil), compresores de aire, control de la demanda, equipos de aire acondicionado, equipos de procesos más eficientes, iluminación de alta eficiencia (fluorescente, HID, LED, o inducción magnética), motobombas, motores eléctricos, sistemas de aire comprimido, refrigeración industrial y comercial, y variadores de velocidad.

• Proyectos de generación distribuida

Consisten en la instalación de sistemas de generación de energía con fuentes renovables y de cogeneración eficiente localizados en el sitio de consumo. Propician beneficios económicos al incrementar la competitividad y contribuyen a la disminución de emisiones contaminantes.

Tecnologías participantes: generación con fuentes renovables (fotovoltaica o eólica) y micro cogeneración eficiente.

Participa cualquier tecnología o sistema que propicie el uso eficiente de la energía y que se pague con su propio ahorro en un lapso no mayor a 4 años

La inversión se paga con los ahorros generados

Atractivas tasas de interés*

Plazo de recuperación del financiamiento máximo de 2 a 5 años**

Más de 6000 proyectos financiados en 26 años

* La tasa depende del monto financiado
** Según la tecnología

Para más información:

Acércate a la oficina del **Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica** más cercana a tu localidad.
Llama sin costo al **01-800-FIDETEL (343-38-35)** o entra a **www.fide.org.mx**

Síguenos en:  facebook.com/fidemx  @fidemx  youtube.com/fidemx