

ISSN 2444-4987

Volumen 2, Número 5 -- Julio -- Septiembre - 2016

Revista de Investigación y Desarrollo

ECORFAN[®]



ECORFAN-Spain

Indización

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

RENIECYT

ECORFAN-Spain

Directorio

Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD.

Director de la Revista

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC.

Edición de Logística

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD.

Diseñador de Edición

TREJO-RAMOS, Iván. BsC.

Revista de Investigación y Desarrollo, Volumen 2, Número 5, de Julio a Septiembre -2016, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Moralzarzal -Madrid. WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS – ESCAMILLA, María, Co-Editor: MIRANDA – GARCÍA, Marta, PhD. ISSN-2444-4928. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA –BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 2016.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Centro Español de Ciencia y Tecnología.

Consejo Editorial

MARTINEZ-BRAVO, Oscar Mario, PhD

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica-UNAM- México

PÉREZ-RAMÍRE, Rigoberto, PhD

Universidad Autónoma del Estado de México-México

SOUSA-GONZÁLEZ, Eduardo, PhD

Universidad Autónoma de Nuevo León- México

BLANCO-ENCOMIENDA, Francisco Javier, PhD

Universidad de Granada-Spain

GARCÍA VILLANUEVA-Jorge, PhD

Universidad Pedagógica Nacional- México

ALIAGA-LORDEMANN, Francisco Javier, PhD

Universidad de Zaragoza-Spain

GARCÍA Y-BARRAGÁN, Luis Felipe, PhD

Universidad de Guanajuato-México

ARANCIBIA- VALVERDE, María Elena, PhD

Universidad Pedagógica Enrique José Varona de la Habana- Cuba

TORRES-HERRERA, Moisés, PhD

Universidad Autónoma de Barcelona-Spain

LINAREZ-PLACENCIA, Gildardo, PhD

Centro Universitario de Tijuana-México

DOMÍNGUEZ-GUTIÉRREZ, Silvia, PhD

Universidad de Guadalajara-México

Consejo Arbitral

TCME, PhD

UPIICSA –IPN-México

ABD, PhD

Escuela Superior de Economía-IPN-México

GIMR, PhD

Universidad Nacional Autónoma de México-México

SAOH, PhD

Centro de Investigación en Energía –UNAM-México

CBC, PhD

Universidad Autónoma Metropolitana-México

GGO, PhD

Universidad Autónoma Metropolitana-México

PRR, PhD

Universidad Iberoamericana-México

EVFJ, PhD

Universidad de Sonora-México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Investigación y Desarrollo

En Pro de la Investigación, Docencia, y Formación de los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

El artículo *Investigación y desarrollo de las energías renovables en Sonora y Baja California* por RUELAS, José, LUCERO, Baldomero, RÍOS, Norma y GARCÍA-PUCH, Benjamín con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, como siguiente artículo está *La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable* por SALAZAR-PERALTA, Araceli, PICHARDO-S. J. Alfredo, PICHARDO-S, Ulises, como siguiente artículo está *Minado de series de tiempo utilizando la metodología ARIMA* por MELO-MORÍN, Julia y SANTANA-ESPARZA, Gil con adscripción en el Instituto Superior Tecnológico de Panuco, como siguiente artículo está *Instalación y evaluación preliminar de un Sistema Fotovoltaico en Zona Costera* por COLORADO-GARRIDO, Darío, HERRERA-ROMERO, José, CANELA-NIEVES, Felipe de Jesús y ESCOBEDO-TRUJILLO, Beatris con adscripción en la Universidad Veracruzana, como siguiente artículo está *Implementación de azoteas verdes y equipo sustentable sobre los edificios existentes de la UAEMex* por ESCAMILLA-HERNÁNDEZ, Luis, RAMÍREZ-DE ALBA, Horacio, TORRES-SÁNCHEZ, Merced y ESCAMILLA-OLGUÍN, Rebeca, con adscripción en la Universidad Autónoma del Estado de México, como siguiente artículo está *Inclusión de la mujer en el Ámbito Universitario con enfoque emprendedor* por MATADAMAS-CRUZ, Irlanda y ZÁRATE-VELASCO, Diego, como siguiente artículo está *Predicción de potencia generada mediante sistemas fotovoltaicos: una aproximación desde la minería de datos* por CASTILLO, Víctor, VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio, SORIANO-EQUIGUA, Leonel y CONTRERAS-AGUILAR, Luis con adscripción en la Universidad de Colima, como siguiente artículo está *Modelado bilineal de un motor de CD* por ARROYO-LEDESMA, Jaime, CONTRERAS-AGUILAR, Luis, JIMÉNEZ-BERANCOURT, Ramón y VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio con adscripción en la Universidad de Colima, como siguiente artículo está *Obtención de energía a partir de residuos sólidos: Situación actual en el Estado de México* por ANGEL-CUAPIO, Alejandro, ESCAMILLA-LOZANO, Yolanda y SERRANO-MALDONADO, María José con adscripción en el Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México, como siguiente artículo esta *Ahorro energético indirecto mediante techos verdes* por MATA- GONZÁLEZ, María, y GALICIA-SERRANO, Carlos con adscripción en la Universidad Tecnológica de Queretaro.

Contenido

Artículo	Página
Investigación y desarrollo de las energías renovables en Sonora y Baja California RUELAS, José, LUCERO, Baldomero, RÍOS, Norma y GARCÍA-PUCH, Benjamín.	1-10
La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable SALAZAR-PERALTA, Araceli, PICHARDO-S. J. Alfredo, PICHARDO-S, Ulises.	11-20
Minado de series de tiempo utilizando la metodología ARIMA MELO-MORÍN, Julia y SANTANA-ESPARZA, Gil	21-31
Instalación y evaluación preliminar de un Sistema Fotovoltaico en Zona Costera COLORADO-GARRIDO, Darío, HERRERA-ROMERO, José, CANELA-NIEVES, Felipe de Jesús y ESCOBEDO-TRUJILLO, Beatris	32-41
Implementación de azoteas verdes y equipo sustentable sobre los edificios existentes de la UAEMex ESCAMILLA-HERNÁNDEZ, Luis, RAMÍREZ-DE ALBA, Horacio, TORRES-SÁNCHEZ, Merced y ESCAMILLA-OLGUÍN, Rebeca	42-47
Inclusión de la mujer en el Ámbito Universitario con enfoque emprendedor MATADAMAS-CRUZ, Irlanda y ZÁRATE-VELASCO, Diego	48-52
Predicción de potencia generada mediante sistemas fotovoltaicos: una aproximación desde la minería de datos CASTILLO, Víctor, VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio, SORIANO-EQUIGUA, Leonel y CONTRERAS-AGUILAR, Luis.	53-60
Modelado bilineal de un motor de CD A ARROYO-LEDESMA, Jaime, CONTRERAS-AGUILAR, Luis, JIMÉNEZ-BERANCOURT, Ramón y VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio	61-70
Obtención de energía a partir de residuos sólidos: Situación actual en el Estado de México ANGEL-CUAPIO, Alejandro, ESCAMILLA-LOZANO, Yolanda y SERRANO-MALDONADO, María José.	71-76
Ahorro energético indirecto mediante techos verdes MATA-GONZÁLEZ, María, y GALICIA-SERRANO, Carlos.	77-81

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Investigación y desarrollo de las energías renovables en Sonora y Baja California

RUELAS, José*†, LUCERO, Baldomero, RÍOS, Norma y GARCÍA-PUCH, Benjamín.

Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, División de Investigación y Posgrado, Carretera Internacional a Nogales km 2. Col. Amaneceres II, Cd. Obregón Sonora, Tel. 01 644 4108650, C.P. 85100,

Recibido Julio 11, 2016; Aceptado Septiembre 5, 2016

Resumen

En los estados de Sonora y Baja California aproximadamente un 20% energía eléctrica que se consume es proveniente de fuentes renovables de energía. En este contexto el presente trabajo plantea una perspectiva referente a los factores que intervienen en la investigación y desarrollo de las tecnologías, para el aprovechamiento de las energías limpias en estos estados, con la finalidad de conocer las barreras tecnológicas, políticas, geográficas, entre otros aspectos que favorecen o desalientan el uso de estas tecnologías, y con ello plantear un escenario que pueda ser empleado como marco de referencia. Para ello, se realiza una investigación documental recopilando información respecto a las acciones que realizan instituciones públicas y privadas, en cuanto al aprovechamiento de las energías renovables en los estados de Sonora y de Baja California. Destacando el papel que juegan las Universidades como promotores de las tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables, además de la participación del gobierno que establece políticas de beneficio social y de factibilidad económica, para la incorporación de estas tecnologías en la generación de energía eléctrica.

Energías renovables, investigación y desarrollo, energía eléctrica, Sonora, Baja California

Abstract

In the states of Sonora and Baja California approximately a 20% electrical energy that is consumed is from renewable sources. In this context the present work raises a perspective concerning to the factors that involved in the research and development of technologies for the renewable energies in these states. With the purpose of knowing the technological barriers, political, geographic, among others that aspect that promote or put off the use of these technologies and therefore create a scenario that can be used as a enclose of reference. To do this, is conducting a documentary research collecting information in regard to the actions carried out by the public and private institutions in regard to the use of renewable energies in the states of Sonora and Baja California. Highlighting the role played by universities as promoters of technologies for the use of renewable energies, in addition to the participation of the government that establishes policies of social benefit and economic feasibility for the incorporation of these technologies in the generation of electrical energy.

Renewable energies, research and development, electric power, Sonora, Baja California

Citación: RUELAS, José, LUCERO, Baldomero, RÍOS, Norma y GARCÍA-PUCH, Benjamín. Investigación y desarrollo de las energías renovables en Sonora y Baja California. *Revista de Investigación y Desarrollo* 2016, 2-5: 1-10

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: eruelas@itesca.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Algunos de los sucesos ocurridos recientemente en el mundo, como es el caso de los conflictos en el Líbano, los daños a las plantas nucleares en Japón por tsunamis, las tormentas de nieve que cubrieron más del 70% del territorio de Estados Unidos en el 2014, por mencionar algunos, han sido en parte atribuidos a efectos del calentamiento global (Bernat 2014). Por ello los países del mundo han establecido políticas para mitigar estos efectos del cambio climático.

En el caso de Estados Unidos, el estado de California estableció como meta para el año 2020 que el 50% de la energía que consume debe provenir de fuentes de energía limpia (Achim Steiner, Christiana Figueres y Udo Steffens, 2016). En el caso de México se estableció como meta para el 2024 que el 35 % de la energía que consume provenga de fuente de energía limpia, esto de acuerdo con la Secretaría de Energía (SENER), actualmente, de acuerdo con un reporte de la secretaria de energía se tiene que 28.31% de la capacidad total instalada proviene de fuente de energía limpia (SENER, 2015), aunque existen diferentes factores ambientales, geográficos, económicos y políticos que intervienen dependiendo de la región, deben ser considerados en la implementación de las tecnologías limpias de generación eléctrica (Muñoz-Meléndez, G., Quintero-Núñez, M., y Sweedler, 2014).

En el caso de los estados de Sonora y Baja California se realizan una serie de acciones con el fin de incrementar el consumo de las energías limpias, las cuales son coordinadas por las comisiones de energía de cada estado y alineadas a instituciones nacionales que se encargan del manejo, promoción y desarrollo del sector energético, como la Comisión Reguladora de Energía (CRE), Comisión Federal de Electricidad (CFE), Secretaría de Energía (SENER), Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) y fideicomiso del Gobierno de México que promueve el comercio y la inversión internacional (PROMEXICO), además del marco de la Reforma Energética establecidas en el 2013 y las Leyes secundarias de la reforma energética (Electricidad y Geotermia) establecidas el 2014 y considerando las opiniones de expertos y de asociaciones nacionales e internacionales como la Asociación Mexicana de Energía, Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), Sociedad Internacional de Energía Solar (ISES).

A nivel nacional (Cabanillas, 1999) presenta un estudio sobre el potencial de México en energías renovables, y recientemente el gobierno federal creó el organismo conocido como ProMéxico, encargado de coordinar las estrategias dirigidas al fortalecimiento de la participación de México en la economía internacional, y acciones para promover el desarrollo de los diferentes sectores, incluyendo el sector de las energías renovables en México.

En el caso del estado de Sonora la Comisión Estatal de Energía del Estado de Sonora (CEES) presenta en el 2010 un balance de energía, recientemente la Universidad de Sonora (UNISON) presenta en un estudio el potencial de energías renovables del estado de Sonora (Universidad de Sonora, 2011), por otro lado, en el caso del estado de Baja California la Comisión Estatal de Energía de Baja California (CEEBC) presenta el perfil energético como una propuesta para el Desarrollo de Prospectivas Estatales mediante un estudio realizado por la Universidad de Autónoma de Baja California (UABC), en conjunto con otras universidades a través de Quintero Núñez (Gabriela Muñoz Meléndez, Héctor Enrique Campbell Ramírez, Eliseo Díaz González, Margarito Quintero Núñez, 2012) que en resumen representa un estudio que plantea el desarrollo sustentable de sector energético en la frontera de Baja California.

Pese a los estudios y esfuerzos nacionales como estatales, actualmente no se cuenta con una investigación que evidencie los principales obstáculos tecnológicos, geográficos así como el impacto de las políticas nacionales e internacionales, que alientan o desalientan la investigación y desarrollo de las tecnologías limpias en la región de Sonora y Baja California, por ello el presente estudio plantea proporcionar un panorama de la región en cuanto a la investigación y desarrollo en el sector de las energías limpias.

Descripción del método

La metodología empleada en el presente trabajo consiste primeramente en realizar una recopilación de información referente al perfil de consumo, distribución y generación de energía eléctrica en Sonora y Baja California, así como principales proyectos de investigación, aplicación y desarrollo de energías limpias, realizados tanto por instituciones particulares como públicas de estos estados, para posteriormente tomar como referencia estos datos y plantear un esquema de reporte, y determinar cuáles han sido los principales factores que han intervenido positiva o negativamente en la investigación y desarrollo de estos proyectos.

Consumo de energía eléctrica en los estados de Sonora y Baja California

En el estado de Baja California se tiene registros que al 2010 hay una demanda máxima estimada de 1909 Mega Watts (MW), mientras que en Sonora es de 2872 MW, que en conjunto suman 4781 MW lo cual, representa el 10.5% del total de demanda máxima en el país, (figura 1) de acuerdo con los datos de la CFE, sin embargo considerando un crecimiento de la demanda anual de 2% de acuerdo con la proyección de la CFE, se estima que actualmente se tiene una demanda máxima de 5384 MW (Eric Bolívar Villagómez, 2007).

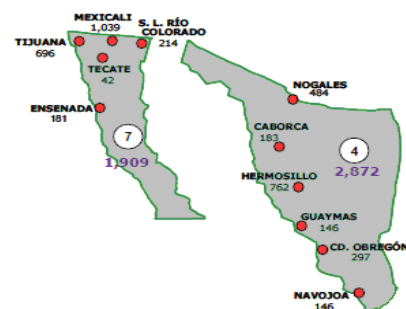
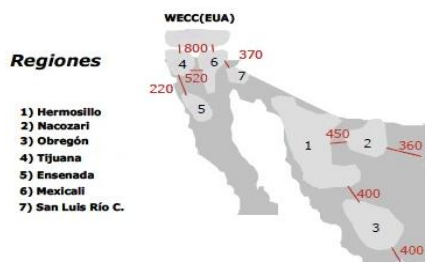


Figura 1 Demanda de energía eléctrica Sonora y Baja California en (MW).

Transmisión de energía eléctrica en los estados de Sonora y Baja California.

Los estado de Sonora y Baja California cuentan con un esquema de interconexión de energía eléctrica, en el cual se interconectan la ciudad de San Luís Río Colorado en Sonora y de la ciudad de Mexicali en Baja California, además cuenta con una interconexión internacional con el estado California en los Estados Unidos, la cual es regulada a través del Centro Nacional de Control de Energía en Mexicali (CENACE), mientras que el resto del estado de Sonora se encuentra interconectado a la red nacional con líneas de transmisión hacia los estados de Chihuahua y Sinaloa (figura 2, Comisión Federal de Electricidad 2007), en este esquema de interconexión se realiza la compra y venta de energía renovable que en su mayoría proviene de la geotérmica de cerro prieto.



Capacidad de transmisión entre regiones (MW)

Figura 2 Transmisión de energía eléctrica Sonora y Baja California.

Generación de energía eléctrica Sonora y Baja California

Es los estados de Sonora y Baja California cuentan con una capacidad instalada de generación de 5866.6 MW y efectiva de operación estimada de 4290 MW y considerando que la demanda de energía eléctrica es de 5384 MW, se tiene déficit de 1093 MW energía que obtiene de otros estados o en su defecto de la Unión Americana, además la fuente primaria de energía proviene principalmente de gas natural importado, como se muestra en los datos de la tabla 1 de acuerdo a datos presentados por la CFE (CFE 2015), en este ámbito el gobierno federal ha planteado alternativas y proyectos sustentables de generación de energía los cuales se mencionan en la siguiente sección.

Proyectos de Generación de energía eléctrica limpia en Sonora y Baja California.

En el estado de sonora destaca el proyecto de la primera Central de Ciclo Combinado con Campo Solar en Agua Prieta, la cual se estima en un costo de 347 MDD y una donación de 49.3 millones de dólares del Banco Mundial. Esta planta contará con una capacidad de producción de 400 MW, de los cuales 14 MW serán provenientes de energía solar térmica, mientras que el resto de gas natural (SENER 2013).



Figura 4 Central de Ciclo Combinado con Campo Solar Agua Prieta II.

En el estado de Baja California destaca el proyecto de explotación del recurso eólico de la rumorosa (figura 5), que al igual que el proyecto anterior, cuenta con excelentes condiciones para su explotación, estas condiciones son:

Nombre de la planta	Tipo de insumo de energía	Capacidad (MW)	Ubicación	Factor de planta (2016)	Capacidad estimada (MW)
Panarco Elias Calles (el Novillo)	Hidroenergía	135	Soyopa, Sonora	0.54	72.9
Oviachic	Hidroenergía	19.2	Cajeme Sonora	0.72	13.824
Mocuzazi	Hidroenergía	9.6	Alamos Sonora	0.61	5.856
Puerto Libertad	Combustóleo	652	Miquito Sonora	0.44	285.08
Carlos Rodríguez Ruveo (Guaymas II)	Combustóleo	484	Guaymas Sonora	0.3	145.2
Hermosillo	Gas natural	227.02	Hermosillo Sonora	0.8	181.616
Hermosillo	Gas natural	250	Hermosillo Sonora	0.88	220
Naco-Nogales	Gas natural	238	Agua Prieta Sonora	0.97	230.26
Ciudad Obregon	Diesel	28	Cajeme Sonora	0.009	0.252
Caborca	Diesel	42	Caborca Sonora	0.018	0.812
Yecora	Diesel	1.8	Yecora Sonora	0.09	0.162
Presidente Juárez	Gas natural	498	Tijuana Baja California	0.9	448.4
Presidente Juárez	Combustóleo	620	Tijuana Baja California	0.8	496
Turbo gas Cipres	Combustóleo	35	Ensenada Baja California	0.8	44
Termoelectrica Mexicali	Gas natural	650	Mexicali Baja California	0.88	572
La Norma Mexicali	Gas natural	560	Mexicali Baja California	0.88	492.8
Cerro Prieto	Geotermico	720	Mexicali Baja California	0.88	633.6
Ciclo combinado Mexicali	Gas natural	489	Mexicali Baja California	0.97	474.3
Tijuana Combustóleo	Combustóleo	210	Tijuana Baja California	0.88	184.8
Total					4290

Tabla 1 Principales generadoras de energía.

- Facilidad para acceder al sitio con potencial eólico o solar.
- Sitios con potencial energético cercano a los centros demandantes de energía.
- Se tienen carreteras y red eléctrica en el sitio de potencial fuente primaria.
- Apoyo estatal para la ejecución de proyectos de infraestructura.

En particular en este proyecto, el gobierno de éste estado aplica una política de uso de los recursos originados por los ahorros de emplear energía renovable, para destinarlos como apoyo para el pago de la energía eléctrica de algunas familias de escasos recursos, así como la asignación de una compensación por la energía eléctrica producida, aplicada directamente en el consumo ocasionado por el alumbrado público (figura 5 y 6). Los 5 Aerogeneradores de 2 MW de potencia producen mas de 27'000,000 kWh al año, evitando emitir 14 mil toneladas de CO₂ con energía limpia este beneficios se traduce en un apoyo de \$1,100.00 pesos al año a 35,000 familias del programa Tu Energía y una disminución en la facturación por abastecimiento de 80 % de consumo eléctrico del Alumbrado Público de Mexicali.



Figura 5 Parque eólico de la Rumorosa.

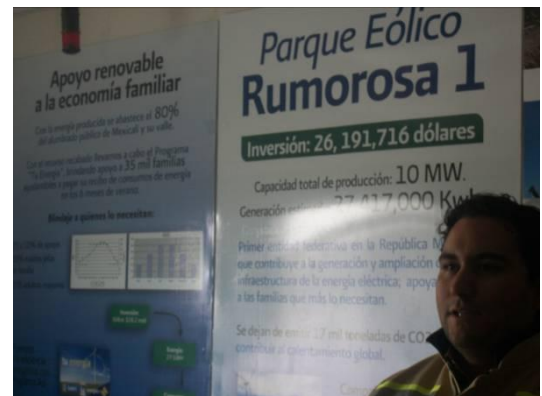


Figura 6 Esquemas de producción y aprovechamiento del parque eólico la rumorosa.

Por otro lado en lo que refiere a plantas fotovoltaicas en el estado de Sonora, destaca que se tienen otorgados permisos para plantas fotovoltaicas de organismos municipales y empresas particulares en el orden de 527.8 MW, en todo el estado, pero a la fecha se estima que solo se tiene instalado aproximadamente 2 MW (CRE, 2016), por ejemplo el gobierno del Estado de Sonora financió la construcción de la primer Planta Tratadora de Aguas Residuales que trabaja con energía fotovoltaica en el país, en Nogales con mas 3 mil celdas solares y una capacidad de generación de 0.8 MW, la cuál se espera genere un ahorro al organismo operador de 500 mil pesos mensuales figura 7.



Figura 7 Planta Tratadora de Aguas Residuales que trabaja con energía fotovoltaica.



Figura 7 Planta de Autoabastecimiento de Puertecitos Baja California.

En Baja California, en la comunidad de Puertecitos fué puesta en marcha una planta de autoabastecimiento con interconexión de 80 kW (figura 8), la primera planta generadora de energía eléctrica híbrida existente en el estado (fotovoltaica, eólica y combustión interna), proyecto que pudo concretarse gracias a la aportación de la UABC, la Universidad de Chile y la Secretaría de Energía, en colaboración con la administración estatal, esto con el fin brindar a la población oportunidades de desarrollo integral y una mejor calidad de vida.

Proyectos de investigación y desarrollo de energía eléctrica limpia en Sonora y Baja California.

En el estado de Sonora destaca la participación de la Universidad de Sonora UNISON del área de física, con el proyecto Campo Experimental de Torre Central (CETOC), el cual ha sido creado conjuntamente con la Universidad Nacional Autónoma de México (figura 9). Este proyecto cuenta actualmente con una infraestructura de 23 helióstatos, un torre central de concentración solar y edificio de mandos, los cuales se encuentran en campos del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Es un proyecto único en su tipo en América Latina y en el cual se han invertido más de 40 millones de pesos.



Figura 9 Campo de Helióstatos.

En Baja California destaca el Centro de Estudios de las Energías Renovables (CEENER), este centro pertenece a la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). En este ámbito, este centro participa como promotor y desarrollador de tecnología de concentración solar (figura 10), donde el principal problema que se encuentra es la falta de financiamiento, así como la adquisición de equipos y mano de obra especializada. Otro papel importante de la universidad es su papel como certificador y evaluador de equipos comerciales de calentamiento de agua por medio del sol, para su implementación en la ciudad de Mexicali.

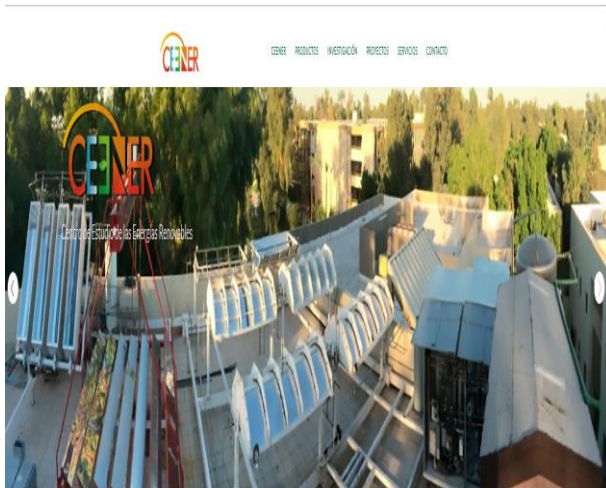


Figura 10 Instalaciones del CENER



Figura 11 Plataforma solar ITESCA.

Por último, algunas instituciones educativas participan en menor medida de acuerdo con sus capacidades, desarrollando proyectos sobre el aprovechamiento de las energías renovables por ejemplo, en el Instituto tecnológico superior de Cajeme (ITESCA), se desarrolló el proyecto de la PLATAFORMA SOLAR ITESCA, la cual tiene la finalidad de evaluar y proponer mejoras para las implantación de estas tecnologías a nivel regional (figura 11).

Adicionalmente, otras universidades participan en la investigación y promoción de tecnologías limpias por medio de la organización de foros, talleres, cursos, carreras y posgrados, en este ámbito encontramos a CICESE, UNISON, UABC, ITESCA, ULSA NOROESTE, entre otras.

Resultados

Del perfil energético de la región comprendida por los estados de Sonora y Baja California (Figura 12), se tiene que el 83 % de la fuente primaria de energía proviene de algún combustible fósil, del cual 45% proviene de gas natural de importación en comparación con el 17 % que proviene de energías limpias, en este ámbito destaca la oportunidad que representa la tecnología de aprovechamiento de la energía solar, en la que destacan los sistemas fotovoltaicos que actualmente tiene otorgados permisos para la generación de 500 MW, y solo se están generando 2 MW con fotovoltaico.

De la figura 12, se observa que la principal fuente de energía limpia en la región es la energía geotérmica, que participa con un 13.2% seguida de la hidroenergía, que participa con el 3%, y por último la energía fotovoltaica que participa con el 0.2%, aún menos que la energía eólica considerando el potencial de energía solar, y de acuerdo con estos resultados la región sigue sin aprovechar el gran potencial de esta energía.

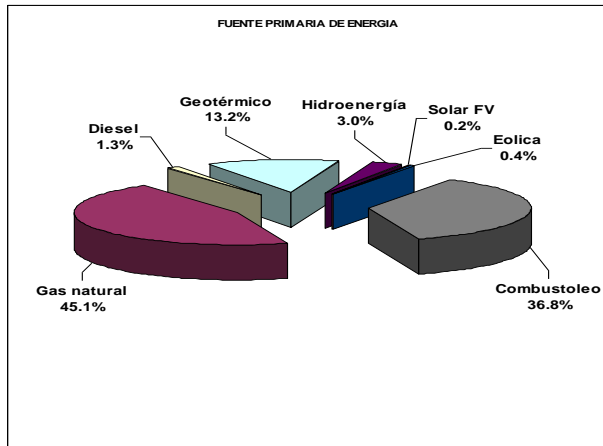


Figura 12 Principales fuentes primarias de energía en la región.

Por otro lado, de la recopilación de experiencias mostradas anteriormente se puede resumir que en el aprovechamiento de las energías renovables los diferentes sectores de la sociedad en Sonora y Baja California, se enfrenta a diferentes barreras que impiden su desarrollo, las cuales son: tecnológica, geográfica y financiera, donde cada una de estas barreras intervienen de manera específica, dependiendo del sector y el ámbito del proyecto de aprovechamiento de las energías renovables (tabla 2). Estas barreras no son propias de la región sino más bien pertenecen a las tecnologías de aprovechamiento de las energías renovables.

	TECNOLÓGICA	GEOGRÁFICAS	FINANCIERAS
PROBLEMÁTICA	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a adoptar nuevas tecnologías por parte de los usuarios. - Alto costo de la inversión inicial. - Falta de conocimiento de los recursos sobre el potencial energético. - Desconocimiento de la tecnología. - Falta de normas y estándares sobre la tecnología. - Poco conocimiento de la tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultades para acceder a las comunidades y sitios con potencial energético. - Sitios con potencial energético distantes de los centros demandantes de energía. - No hay carreteras y no se tiene red eléctrica en el sitio en el que se hace la explotación de los recursos. - Creencia en el paternalismo estatal para la ejecución de proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de experiencia de la banca comercial. - Falta de información sobre financiamientos disponibles. - Falta de líneas adecuadas de crédito (plazos cortos y tasa altas). - Falta de incentivos fiscales y de importación para el inicio de los proyectos.

Tabla 2 Clasificación de la Problemática.

Conclusiones

Las políticas respecto al aprovechamiento de las energías renovables, deben apoyar a los diferentes sectores para vencer las barreras que se enfrentan en el aprovechamiento de las energías limpias, principalmente en el factor económico que permitirá la utilización eficiente de nuestros recursos naturales, como la energía solar y de esa manera contribuir a la disminución de combustibles fósiles y la dependencia de otros países.

Por otro lado las universidades además de participar en la investigación y desarrollo de tecnologías limpias participan como agentes de convencimiento para que el sector público y privado se decida a participar en la implementación de las energías limpias.

Referencias

Achim Steiner, Christiana Figueres And Udo Steffens (2016), Global trends in renewable energy investment 2016, Disponible en: http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/attachments/16008nef_smallversionkomp.pdf [con acceso el 06-09-2016].

Cambio climático (2014), Bernat Armangué, Disponible en: <http://www.nationalgeographic.es/noticias/medio-ambiente/calentamiento-global/cambio-climatico-el-mundo-al-revs> [con acceso el 06-09-2016].

Eduardo A. Rincón Mejía, 1999, Estado del Arte Investigación en Energía Renovable en México, Disponible en: http://www.anes.org/cms/contenido/docs/libros/Edo_Arte_Investigacion_Energia_Renovable_Solar_Mexico.pdf [con acceso el 06-09-2016].

Eric Bolívar Villagómez, 2007, El sistema Nacional eléctrico Disponible en: http://www.cigre.org.mx/uploads/media/SIN_Mexico-CIGRE.pdf [con acceso el 06-09-2016].

Comisión Federal de Electricidad, (2007) Programa de inversión en obras del sector eléctrico 2007- 2016 Disponible en: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Lists/POISE%20documentos/Attachments/6/POISE20072016jun.pdf [con acceso el 06-09-2016].

Comisión Federal de Electricidad 2015, Informe Anual 2014. Disponible en: <http://www.cfe.gob.mx/inversionistas/Style%20Library/assets/pdf/InformeAnual.pdf> [con acceso el 06-09-2016].

El Informador.mx 2011, Construyen en Sonora la primera planta de energía solar del país. Disponible en: <http://www.informador.com.mx/economia/2011/298462/6/construyen-en-sonora-la-primeraplanta-de-energia-solar-del-pais.htm> [con acceso el 06-09-2016].

SENER, 2013, Planta de Ciclo Combinado Agua Prieta II. Disponible en: <http://www.poweroilandgas.sener.es/proyecto/planta-ciclo-combinado-agua-prieta-2> [con acceso el 06-09-2016].

CRE 2016, Tabla de permisos de Generación e Importación de Energía Eléctrica Administrados al 30 de junio de 2016. Disponible en: www.cre.gob.mx/documento/1814.xlsx [con acceso el 06-09-2016].

Gabriela Muñoz Meléndez, Hector Enrique Campbell Ramírez, Eliseo Díaz González, Margarito Quintero Nuñez, (2012), Propuesta y Análisis de Indicadores

Energéticos para el Desarrollo de Perspectivas Estatales. Disponible en : <http://www.energiabc.gob.mx/files/public/pdf/PerfilEnergeticoBC2010-2020.pdf> [con acceso el 06-09-2016].

Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar. 2016. Disponible en: www.concentrationsolar.org.mx/ [con acceso el 06-09-2016].

Muñoz-Meléndez, G., Quintero-Núñez, M., & Sweedler, A. Energy for a Sustainable Border Region in 2030. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265083131_Energy_for_a_Sustainable_Border_Region_in_2030 [con acceso el 06-09-2016].

SENER 2016, Reporte de avance de energías limpias 2015. Disponible en: <http://www.gob.mx/sener/documentos/informe-sobre-la-participacion-de-las-energias-renovables-en-la-generacion-de-electricidad-en-mexico-al-30-de-junio> [con acceso el 06-09-2016].

Universidad de Sonora (2011), Potencial de Energías Renovables Para el Estado de Sonora.

Disponible en:

<http://www.coees.sonora.gob.mx/images/descargas/Energias-Renovables/Potencial-de-Energias-Renovables-Sonora.pdf> [con acceso el 06-09-2016].

La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable

SALAZAR-PERALTA, Araceli*†, PICHARDO-S. J. Alfredo, PICHARDO-S, Ulises.

Recibido Julio 4, 2016; Aceptado Septiembre 1, 2016

Resumen

El uso indiscriminado de combustibles fósiles, así como los procesos industriales usados para producir energía eléctrica, ha colaborado al calentamiento global, por la emisión de CO₂. Actualmente, la utilización de la energía solar, ha suscitado la atención de especialistas en diferentes disciplinas científicas, para buscar otras fuentes de energía. Este estudio consiste en la investigación del estatus que guarda el uso de la energía solar para la generación de energía renovable, así como los elementos básicos utilizados en la construcción de un panel solar. Los resultados obtenidos para la generación de energía eléctrica por medio del uso de paneles solares en el año 2012 fue la siguiente: Corea del Sur 655 MW (MegaWatt), Bélgica 803 MW, China 900 MW, Francia 1025 MW, República Checa 2000 MW, Estados Unidos 2528 MW, Italia 3484 MW, Japón 3600 MW, España 3800MW. Alemania 17200 MW. Sin embargo en 2015, China superó a Alemania con 43000 MW. Se concluye que el uso de energía solar en el suministro de energía eléctrica es una alternativa para reducir en un 60% el consumo de energía eléctrica obtenida de materiales fósiles.

Energías Renovables, Energía Solar, Convertidor, Panel Fotovoltaico, Silicio Policristalino

Abstract

The indiscriminate use of fossil fuels and industrial processes used to produce electricity, has contributed to global warming by CO₂ emissions. Currently, the use of solar energy, has attracted the attention of specialists in different scientific disciplines, to seek other sources of energy. This study involves research status keeping the use of solar energy for the generation of renewable energy as well as the basic elements used in the construction of a solar panel. The results obtained for the generation of electrical energy through the use of solar panels in 2012 was as follows: South Korea 655 MW (MegaWatt), Belgium 803 MW, China 900 MW, France 1025 MW, Czech Republic 2000 MW, US 2528 MW, 3484 MW Italy, Japan 3600 MW, Spain 3800mW. Germany 17200 MW. However in 2015, China overtook Germany with 43,000 MW. It is concluded that the use of solar energy in the electricity supply is an alternative to reduce by 60% the consumption of electricity from fossil materialsTitle.

Renewable Energy, Solar Energy Converter, Photovoltaic Panel, Polycrystalline Silicon

Citación: SALAZAR-PERALTA, Araceli, PICHARDO-S. J. Alfredo, PICHARDO-S, Ulises. La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-5: 11-20

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: lina.carpinteyro@uttijuana.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El presente estudio tiene como objetivo investigar documentalmente la situación actual del uso de energía solar como una alternativa de energía renovable, así como dar a conocer los elementos básicos que conforman una celda solar, un panel solar y el uso de la energía renovable en el campo industrial. En esta investigación, se abordan en primer lugar los antecedentes y el desarrollo de la energía solar para la generación de electricidad, material y procesamiento de las celdas solares, así como de los módulos fotovoltaicos, mediante el uso de materiales semiconductores para inducción del campo eléctrico, y el uso y funcionamiento de un convertidor, elemento indispensable en el sistema de generación de energía.

En la metodología se trata el procedimiento de inducción del campo eléctrico, la figura 5 representa el efecto de absorción en una celda fotovoltaica, se trata también el proceso de fabricación de celdas solares de silicio. En la figura 7 se observa el circuito de acondicionamiento. En esta sección se dan a conocer las aplicaciones industriales de la energía solar. En la sección de resultados se analiza el funcionamiento de un módulo fotovoltaico, las aplicaciones de la energía solar, y la evolución del mercado fotovoltaico en Estados Unidos y el Mundo.

Las conclusiones de este estudio dan la pauta para realizar otras investigaciones en el campo de la energía solar utilizando otros materiales diferentes al silicio para la fabricación de celdas solares.

Antecedentes

En abril de 1954 hubo una reunión en Washington en la que un grupo de selectos científicos se reunieron para escuchar algo nuevo: la voz y la música emitida por un transmisor de radio funcionando con energía solar (Figura 1).



Figura 1 Los inventores de la célula solar: Gerald L. Pearson, Daryl M. Chapin, and Calvin S. Fuller in 1954. Foto de Alcatel-Lucent Bell Labs.]

Los científicos de los Laboratorios Bell en Nueva Jersey demostraron de este modo su invención, la primera célula solar fotovoltaica de silicio cristalino aplicada a un caso práctico. Este avance allanó el camino para la revolución solar que se celebra hoy en los techos ya sea con paneles fotovoltaicos anclados sobre el suelo o instalados sobre las cubiertas de todo tipo de edificios [1].

Las células solares dieron nombre a lo que se conoce como energía solar fotovoltaica (Photovoltaic Energy) y tuvo un creciente desarrollo durante la carrera espacial librada en la década de los sesenta entre Estados Unidos y la Unión Soviética. Sin embargo la tecnología fotovoltaica todavía era demasiado cara para ser utilizada en el ámbito común. El nuevo reto lo marco el embargo petrolero árabe de 1973. Este hecho puso en evidencia la vulnerabilidad de los combustibles fósiles concentrados en unos pocos países. Así que en medio de los crecientes temores sobre la seguridad energética, los gobiernos y las empresas privadas vertieron miles de millones de dólares en investigación y desarrollo solar, pero también en eficiencia energética. Esto llevó al uso generalizado de la energía fotovoltaica en la década de 1980 para alimentar estaciones telefónicas, postes de socorro, balizas luminosas, etc [2].

Las empresas japonesas y estadounidenses se convirtieron en los primeros líderes en la fabricación de células fotovoltaicas para varios usos.

A mediados de la década de 1980, Alemania se unió a Estados Unidos y Japón en la carrera por el dominio de la producción fotovoltaica. En los primeros años del nuevo milenio, las empresas japonesas y estadounidenses representaron aproximadamente el 70 por ciento de la producción fotovoltaica del mundo. Por ejemplo, las empresas japonesas como Sharp y Kyocera fueron pioneros en el uso de células solares en calculadoras de bolsillo. Actualmente una calculadora de energía solar del tamaño de una tarjeta de crédito fabricada en el año de 1983, todavía funciona adecuadamente para hacer cálculos rápidos [3]. La conversión fotovoltaica de la radiación solar, es el proceso de convertir la energía solar directamente en electricidad usando celdas solares, la explotación del efecto fotovoltaico dependió de algunos de los más importantes científicos y de los desarrollos tecnológicos del siglo 20. Entre estos desarrollos se encuentran el desarrollo de la mecánica cuántica, y el descubrimiento intelectual de la tecnología, la cual ha sido responsable de la revolución electrónica y la revolución fotónica [4]. El primer dispositivo fotovoltaico fue demostrado en 1839 por Edmond Becquerel.

Celdas Fotovoltaicas

Las Celdas Fotovoltaicas, son sistemas fotovoltaicos que convierten directamente parte de la luz solar en electricidad. Algunos materiales presentan una propiedad conocida como efecto fotoeléctrico en su forma más simple, estos materiales se componen de un ánodo y un cátodo recubierto de un material fotosensible. La luz que incide sobre el cátodo libera electrones que son atraídos hacia el ánodo, de carga positiva, originando un flujo de corriente proporcional a la intensidad de la radiación, que hace que absorban fotones de luz y emitan electrones [5].

Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad.

Las celdas fotovoltaicas se fabrican principalmente de silicio monocristalino (Figura 2) y policristalino (Figura 3), el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre.

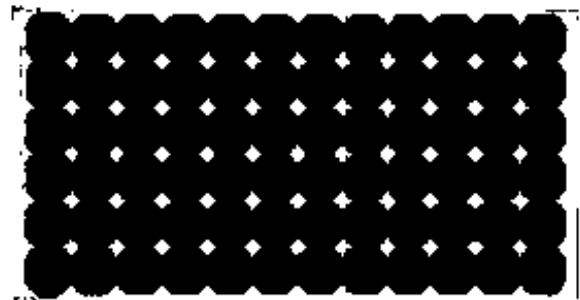


Figura 2 Células de Silicio Monocristalino

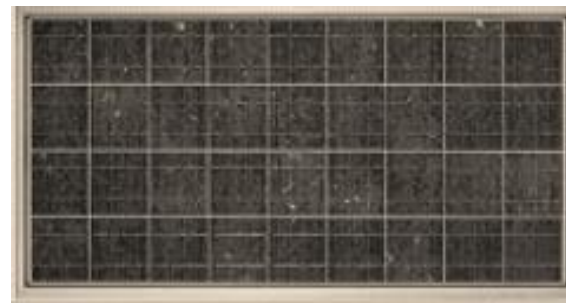


Figura 3 Células de Silicio Policristalino

Actualmente, existen celdas fotovoltaicas, por ejemplo, en las calculadoras solares así como en los cohetes espaciales. La conversión directa de luz en electricidad a nivel atómico se llama generación fotovoltaica.

Algunos materiales presentan una propiedad conocida como efecto fotoeléctrico, que hace que absorban fotones de luz y emitan electrones. Cuando se captura a estos electrones libres emitidos, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como energía para alimentar circuitos.

Las celdas fotovoltaicas, llamadas también celdas solares, están compuestas de la misma clase de materiales semiconductores que se usan en la industria microelectrónica, como por ejemplo el silicio. Una delgada lámina semiconductor, especialmente tratada, forma un campo eléctrico, positivo en un lado y negativo en el otro. Cuando incide energía luminosa sobre ella, los electrones son excitados y extraídos de los átomos del material semiconductor, cuando se disponen conductores eléctricos en forma de una rejilla que cubre ambas caras del semiconductor, los electrones circulan para formar una corriente eléctrica que aporta energía.

Cuando la luz solar incide en una celda solar esta puede ser: reflejada, absorbida o transmitirse a través de ella. No obstante, solamente la luz absorbida es la que va a generar electricidad. La energía de la luz es transferida a los electrones en los átomos de la celda fotovoltaica, con su nueva energía, los electrones saltan de sus posiciones normales en los átomos del material semiconductor fotovoltaico y se convierten en parte del flujo eléctrico.

Material semiconductor

Un material semiconductor, es un material que posee un nivel de conductividad que se localiza entre los extremos de un dieléctrico y de un conductor. Los materiales intrínsecos, son aquellos semiconductores que se han refinado cuidadosamente con el objetivo de reducir las impurezas hasta un nivel muy bajo, tan puros como sea posible mediante la utilización de la tecnología moderna.

Materiales extrínsecos tipo “p” y tipo “n”. Un material extrínseco es un material semiconductor que se ha sometido a un proceso de dopaje. Existen dos materiales extrínsecos de gran importancia para la fabricación de dispositivos semiconductores: el tipo “n” y el tipo “p” (Figura 4).

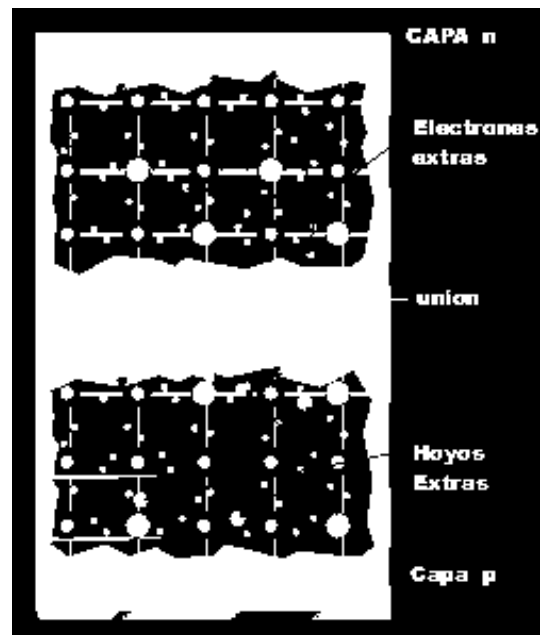


Figura 4 Unión N - P en una celda solar o fotovoltaica

Tanto los materiales tipo “n” como los tipo “p” se forman cuando se añade un número predeterminado de átomos de impureza a una base de germanio o de silicio. El material tipo “n” se crea al introducir elementos impuros que cuentan con cinco electrones de valencia (pentavalentes), como es el caso del antimonio, el arsénico y el fósforo.

El material tipo “p” se forma mediante el dopado de un cristal puro de germanio o de silicio con átomos de impureza que cuenten con tres electrones de valencia. Los elementos que se utilizan de forma más frecuente para este propósito son: el boro (B), el Galio (Ga) y el Indio (In) [6].

Metodología

El procedimiento para el estudio fue el siguiente:

Se consultó la manera de inducir el campo eléctrico, el cual se obtiene de la forma siguiente:

1.1 Para inducir el campo eléctrico construido dentro de una célula fotovoltaica, se ponen dos capas de materiales semiconductores ligeramente distintas, en contacto entre sí.

La primera es una capa semiconductora del tipo “n” con abundancia de electrones con carga negativa. La otra capa semiconductora es del tipo “p” con abundancia de "hoyos" que tienen una carga positiva. Aunque ambos materiales son eléctricamente neutros, el silicio del tipo “n” tiene electrones de sobra y la silicóna del tipo p tiene a su vez agujeros de sobra.

1.2 Los materiales se colocan como sándwich se crea un punto de salida “p/n” en su fase intermedia creándose un campo de fuerza eléctrico. Cuando “n - y silicio del tipo “p” entran en contacto, los electrones del exceso se mueven del lado del tipo “n”- al lado del tipo “p”. El resultado es un aumento de carga positivo a lo largo del lado del tipo”n” de la interface y un aumento de cargo negativo a lo largo del lado del tipo “p” (Figura 4).

1.3 Debido al flujo de electrones y hoyos Figura 2, los dos semiconductores se comportan como una batería, creando un campo eléctrico en la superficie dónde ellos se unen p/n. El campo eléctrico obliga a los electrones a trasladarse desde el semiconductor hacia la superficie negativa de donde quedan disponibles para ser ocupados por algún circuito eléctrico o acumulación. Al mismo tiempo los huecos se mueven en dirección contraria hacia la superficie positiva donde esperan a los electrones que vienen en dirección contraria.

1.4 Las células de Silicio amorfo (multicapas), así como las de Arseniuro de Galio (Figura 5), poseen mayor capacidad de absorción de luz, y son más finas. El efecto de absorción se muestra en la Figura 6.

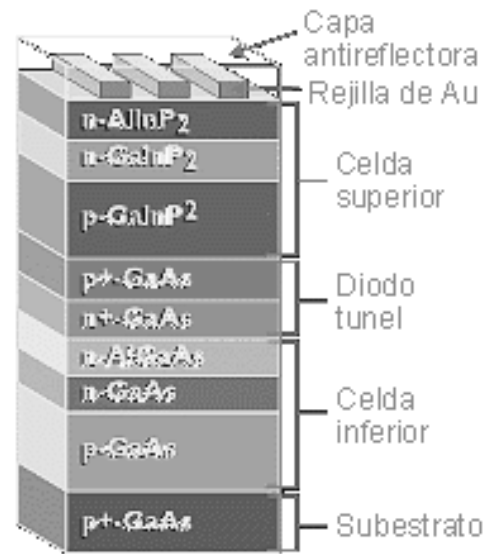


Figura 5 Celda Multicapas

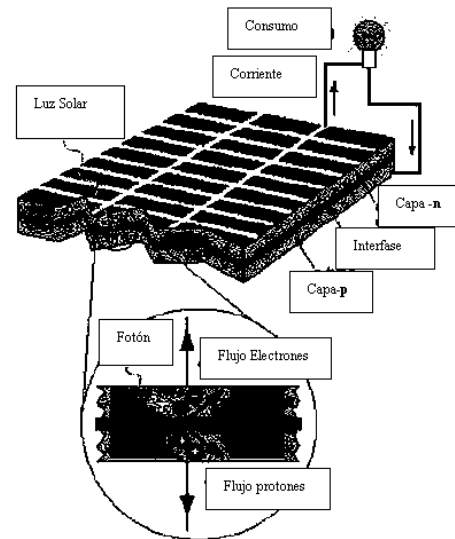


Figura 6 Efecto de absorción. Esquema de una celda fotovoltaica

Otros Tipos de celdas.

Células de Sulfuro de Cadmio y Sulfuro de Cobre

Células bifaciales

Células de doble unión P-N.

Silicio en cinta.

Diseleniuro de Indio y Cobre.

Telurio de Cadmio.

Se consultó el proceso de fabricación de celdas solares de silicio.

El proceso de fabricación de las células solares de silicio se divide tres etapas:

2.1 Obtención del Si de alta pureza. Este se obtiene a partir del óxido de silicio, SiO₂, básicamente cuarzo, cuya abundancia en la naturaleza elimina problemas de abastecimiento. El silicio tiene que ser de alta pureza, semejante al semiconductor que se utiliza en la industria electrónica. Actualmente se está trabajando con silicio de menor pureza, pero útil para la fabricación de células solares y a un menor costo.

2.2 Obtención de obleas. Utilizando como materia prima polvo de silicio de alta pureza se hace crecer el monocristal hasta obtener una pieza cilíndrica de diámetro variable entre 2 y 20 cm y longitud de alrededor de 1 metro. El crecimiento del monocristal sirve para purificar el material y para la creación de una estructura perfecta, gracias a la cual la oblea presentará propiedades semiconductoras.

La barra de silicio se corta mediante sierras especiales produciendo obleas de espesor aproximado de 300 µm. En esta etapa hay una pérdida de material de aproximadamente el 60% en forma de aserrín. Actualmente existen otras formas más eficientes de corte de la barra.

2.3 Procesamiento de la oblea. Para obtener finalmente la célula solar, la oblea sufre un procesamiento que consiste de los siguientes pasos:

- a) Lapeado y pulido,
- b) Formación de unión p-n,
- c) Decapado y limpieza,
- d) Capa antirreflejante

e) Fotolitografía para formación de contactos,

f) Formación de contactos o electrodos,

g) Material para soldadura de electrodos, de acuerdo a las necesidades.

h) Limpieza del decapante

i) Comprobación de las características de la celda.

Formación de la unión p-n.

La formación de la unión p- n es la etapa más crítica de todo el proceso de fabricación, debido a que el buen funcionamiento de la célula solar depende en gran medida de una buena unión

p- n. Además, es necesaria también una capa antirreflejante adecuada, ya que una superficie de silicio bien pulida puede llegar a reflejar hasta el 34% de la radiación de onda larga y un 54%, si la radiación es de onda corta.

Actualmente resulta imprescindible hacer una gestión correcta de la energía, intentando obtener el máximo rendimiento posible desde la generación hasta la carga, utilizando todos los recursos que se tienen al alcance. La finalidad de esta energía que se obtiene del sol es utilizarla de la manera eficiente, es necesario convertir la energía que proporciona el sol, en forma de radiación electromagnética en electricidad.

Instalación fotovoltaica.

Las instalaciones fotovoltaicas requieren para su funcionamiento el acoplamiento de cuatro subsistemas principales los cuales sirven de acondicionamiento.

3.1 Subsistema de captación: cuya finalidad es la captación de la energía solar.

3.2 Subsistema de almacenamiento: cuya finalidad es adaptar en el tiempo la disponibilidad de energía y la demanda, acumulándola cuando está disponible, para poderla ofrecer en cualquier momento en que se solicite, en baterías.

3.3 Subsistema de regulación: cuya finalidad es proporcionar la regulación de carga y descarga de la batería y el control necesario en las instalaciones fotovoltaicas.

3.4 Subsistema de distribución y consumo: cuya finalidad es trasladar a los puntos de consumo la electricidad

Sistema de acondicionamiento

Este sistema de acondicionamiento es un convertidor que transforma la energía proveniente del sol en energía eléctrica en forma de corriente continua. El objetivo del convertidor es adecuar los niveles de tensión y corriente proporcionados por el panel, a los niveles de tensión y corriente demandados. No se debe olvidar que el convertidor es un intermediario necesario de la energía, que permitirá hacer un uso correcto de la misma. Pero por su calidad de intermediario debe tener el mayor rendimiento posible ya que el objetivo es utilizar toda la energía que proporciona el panel (Figura 7).

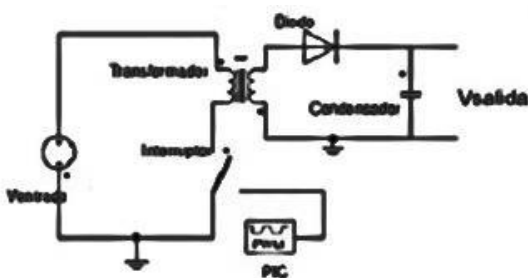


Figura 7 Circuito de acondicionamiento

Los convertidores de potencia se utilizan de manera genérica para adecuar el tipo de corriente necesaria, existen convertidores de corriente alterna a corriente continua, de corriente continua a corriente alterna. Este circuito permite la unión entre dos corrientes continuas con niveles de tensión y corriente diferente.

Se consultaron las Aplicaciones Industriales de la Energía Solar

5.1 Electrificación rural y de viviendas aisladas. Existen muchas zonas rurales y viviendas aisladas donde llevar energía eléctrica por medio de la red general sería demasiado costoso y por lo tanto no cuentan con este servicio. En este caso, la instalación de un generador fotovoltaico es ampliamente rentable. A menudo se requiere iluminación en lugares remotos donde el costo de emplear energía de la red es demasiado alto. Tales aplicaciones incluyen la iluminación de seguridad, ayudas a la navegación (ejemplo. boyas y faros), señales iluminadas en los caminos, señales en cruces ferroviarios y la iluminación de aldeas. Las células solares pueden satisfacer tales usos, aunque siempre se requerirá de una batería de almacenaje. Estos sistemas generalmente consisten de un panel fotovoltaico más una batería de almacenaje, un acondicionador de energía y una lámpara fluorescente de C.C. de baja tensión y alta eficiencia. Estos sistemas son muy comunes en áreas remotas, especialmente en países en vías de desarrollo y es uno de los usos principales de células solares.

5.2 Comunicaciones. Los generadores fotovoltaicos son una excelente solución cuando hay necesidad de transmitir cualquier tipo de señal o información desde un lugar aislado, por ejemplo, reemisores de señales de TV, plataformas de telemetría, radioenlaces, estaciones meteorológicas.

Los sistemas fotovoltaicos han proporcionado una solución rentable a este problema con el desarrollo de estaciones repetidoras de telecomunicaciones en área remotas. Estas estaciones consisten de un receptor, un transmisor y un sistema basado en una fuente de alimentación fotovoltaica. Existen miles de estos sistemas instalados alrededor del mundo y tienen una excelente reputación por su confiabilidad y costos relativamente bajos de operación y mantenimiento.

5.3 Principios similares se aplican a radios y televisiones accionadas por energía solar, los teléfonos de emergencia y los sistemas de monitoreo. Los sistemas de monitoreo remotos se pueden utilizar para recolectar datos del tiempo u otra información sobre el medio ambiente y transmitirla automáticamente vía radio a una central.

Resultados

Una célula o celda solar genera corriente y tensiones pequeñas, por lo tanto no se utilizan en las aplicaciones prácticas, en forma individual, para ello se fabrican en conjunto formando módulos fotovoltaicos, cuyo uso se ha incrementado en muchos países incluyendo México.

El módulo fotovoltaico, es el elemento que se comercializa. A la vez, estos módulos se conectan en serie o en paralelo para obtener las tensiones y corrientes que den la potencia deseada. Los módulos en serie aumentan el voltaje y conservan la misma corriente, mientras que los módulos en paralelo aumentan la corriente, conservando el mismo voltaje. Los módulos generalmente se fabrican para tener una salida de 12 VCD.

No se debe olvidar que el convertidor es un intermediario necesario de la energía, que permitirá hacer un uso correcto de la misma. Pero por su calidad de intermediario, debe tener el mayor rendimiento posible ya que el objetivo es utilizar toda la energía que proporciona el panel.

En Otras aplicaciones de la Energía solar, se tienen las siguientes:

a) Difusión: televisión, radios en zonas aisladas

b) En la navegación: faros, boyas, balizas, plataformas, embarcaciones.

c) Transporte terrestre: iluminación de patrullas, ambulancias, señalizaciones de pasos a desnivel, cambios de vías en los ferrocarriles.

d) Agricultura y ganadería: energía para granjas, bombeo de agua para alimentación de ganado y riego, vigilancia forestal para prevención de incendios.

e) Industria: obtención de metales, fabricación de metales en forma electroquímica.

f) Tratamiento de aguas: energía eléctrica para desinfectar o purificar agua para consumo humano, alimentación de luz ultravioleta para matar bacterias en el agua.

g) Sistemas de protección catódicos: protección contra la corrosión de puentes, tuberías, edificios, estanques

h) Tejas fotovoltaicas: Paneles para tejas (tejados solares).

i) Otros usos: Relojes, juguetes, calculadoras, refrigeradores para almacenaje de vacunas y sangre en áreas remotas, sistemas de aireación para estanques, fuentes de alimentación para satélites y vehículos espaciales entre otros.

La evolución del mercado fotovoltaico en Estados Unidos y el resto del mundo de 1998 a 2008, se muestra en la Gráfica 1.

Los resultados obtenidos en la consulta de la generación de energía eléctrica por medio del uso de paneles solares en el año 2012 fueron los siguientes: Corea del Sur 655 MW (MegaWatt), Bélgica 803 MW, China 900 MW, Francia 1025 MW, República Checa 2000 MW, Estados Unidos 2528 MW, Italia 3484 MW, Japón 3600 MW, España 3800MW. Alemania 17200 MW. Sin embargo en el 2015, China superó a Alemania con 43000 MW.

En la tabla 1. Se observa el estatus de producción de varios países a partir del año 2000 al 2013.

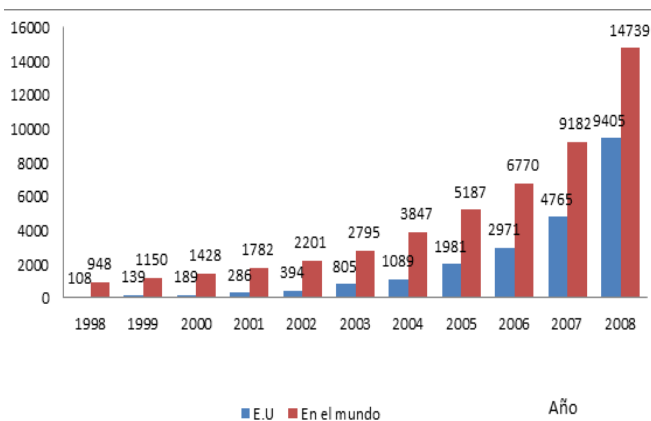


Gráfico 1 Evolución del Mercado Fotovoltaico en Estados Unidos y el resto del mundo en MW.

Año	Alemania	China	Italia	Japón	Estados Unidos	España	Francia	Australia	Otros	Mundo
2000	76	19	19	330	0	0	0	29	776	1,250
2001	186	30	20	453	0	0	0	34	847	1,569
2002	296	45	22	637	28	0	0	39	945	2,012
2003	435	55	26	860	73	12	0	46	1,070	2,575
2004	1,105	64	31	1,132	131	24	26	52	1,133	3,698
2005	2,056	68	38	1,422	172	50	33	61	1,149	5,048
2006	2,899	80	50	1,709	275	154	44	70	1,338	6,619
2007	4,170	100	120	1,919	427	759	82	83	1,852	9,291
2008	6,120	140	458	2,144	738	3,635	186	105	2,537	16,063
2009	10,566	300	1,181	2,627	1,172	3,698	377	188	4,156	24,265
2010	17,554	800	3,502	3,618	2,022	4,110	1,194	571	7,959	41,330
2011	25,039	3,300	12,803	4,914	3,910	4,472	2,853	1,377	12,450	71,218
2012	32,843	7,000	16,139	6,743	7,271	4,685	4,019	2,407	21,169	102,076
2013	35,948	18,300	17,600	13,643	12,022	4,828	4,652	3,255	29,409	139,837

Source: Statistical Review of World Energy June 2014 (London: 2014). Note that previous datasets from other groups have reported higher numbers for the United States and other key countries for the earlier years of the time series.

Tabla 1 Capacidad Solar Fotovoltaica instalada en países líderes y el Mundo, 2000-2013

China en los últimos años ha incrementado la producción fotovoltaica. Ver tabla 2.

2005	68
2006	80
2007	100
2008	140
2009	300
2010	800

Tabla 2 Producción fotovoltaica en China MW

Conclusiones

El uso de energía solar es una alternativa para la generación de energía renovable.

El objetivo global de la Tecnología fotovoltaica es producir sistemas fotovoltaicos de bajo costo, por lo que

Referencias

Almada, M., Cáceres, M., Machain-Singer, M., & Pulfer, J., (2005) Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes, Asunción, Paraguay: Comunicación Visual.

Álvarez, M. (2007) Estanques y jardines acuáticos. Buenos íres, Argentina.

Martínez, P. (1991). Historia de Baja California. México: Patronato del estudiante sudcaliforniano, A.C.

Autoras:

CARPINTEYRO Lina, TEÓN Argelia,
BALDERAS Silvia
lina.carpinteyro@uttijuana.edu.mx

Minado de series de tiempo utilizando la metodología ARIMA

MELO-MORÍN, Julia*† y SANTANA-ESPARZA, Gil.

Instituto Superior Tecnológico de Panuco, Prol. Avenida Artículo Tercero Constitucion s/n, Solidaridad, 93998 Pánuco, VER, México.

Recibido Julio 5, 2016; Aceptado Septiembre 8, 2016

Resumen

En el ámbito empresarial la toma de decisiones es de gran importancia, ya que es conveniente contar con una visión de lo que puede suceder en el futuro, por lo que se convierte en una actividad permanente y relevante. Un mecanismo que puede ayudar a la toma de decisiones son las predicciones. Los enfoques tradicionales para las predicciones son el análisis de series de tiempo. La minería de datos en series de tiempo describe: si los datos presentan forma creciente, si existe influencia de ciertos periodos de cualquier unidad de tiempo o si aparecen outliers (observaciones extrañas o discordantes). La metodología ARIMA permite realizar predicciones de forma fácil y eficiente para las series temporales. Este artículo describe paso a paso la metodología ARIMA para la minería de datos en series de tiempo, ya que son una opción rápida para llevar a cabo predicciones en el ámbito empresarial.

Series de tiempo, metodología ARIMA

Abstract

At the corporate decision-making it is of great importance, since it is desirable to have a vision of what may happen in the future, so it becomes a permanent and relevant activity. A mechanism that can help decision-makers are predictions. Traditional approaches to forecasting are the analysis of time series. Data mining in time series describes: if the data are increasingly, if there is influence of certain periods of any unit of time or if outliers appear (strange or discordant observations). The ARIMA methodology allows predictions easily and efficiently for time series. This article describes step by step the ARIMA methodology for time series data mining as they are a quick option to carry out predictions in business.

Image processing, noise removal, convolution, calibration, evaluation of potholes

Citación: MELO-MORÍN, Julia y SANTANA-ESPARZA, Gil. Minado de series de tiempo utilizando la metodología ARIMA. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-5: 21-31

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: patricia.melo@itspanuco.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El pronóstico es una herramienta utilizada para llevar a cabo la predicción y constituye una de las bases de información más importante para la planificación. El objetivo básico de un pronóstico consiste en reducir el rango de incertidumbre dentro del cual se toman las decisiones que afectan el futuro de un negocio; el pronóstico no sustituye el juicio administrativo en la toma de decisiones, simplemente es una ayuda en ese proceso.

Los pronósticos son usados en diferentes áreas ya sean científicas, de ingeniería o de negocios. La definición de pronóstico de acuerdo a la Real Academia de la Lengua es la predicción de algo futuro a partir de indicios.

Los enfoques tradicionales para el pronóstico son el análisis de series de tiempo. Una serie de tiempo es una secuencia de observaciones, medidas en determinados momentos del tiempo ordenados cronológicamente y espaciados entre sí de manera uniforme.

Box y Jenkins en 1970 desarrollaron los modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), destinados a identificar, estimar y diagnosticar modelos dinámicos de series temporales en los que la variable tiempo juega un papel fundamental, un tipo de modelo que produce pronósticos con base en una síntesis de los patrones históricos en los datos.

El análisis de los modelos ARIMA exige un conocimiento teórico de la metodología, además de disponer de algún programa de software para el apoyo en la realización de los cálculos necesarios. Con el surgimiento de las computadoras, la construcción de modelos se puede automatizar aplicando la incorporación de reglas sofisticadas para la toma de decisiones (Box, 1984).

Este documento describe las etapas de la metodología ARIMA como una herramienta para el pronóstico de datos. Se indica la importancia de los pronósticos en el sector empresarial, las ventajas y aplicaciones de los pronósticos de datos, así como los conceptos de series de tiempo y predicción.

La metodología Box-Jenkins, es descrita indicando cada una de las etapas del modelo ARIMA, aplicados a las series de tiempo.

Pronósticos y series de tiempo

La Predicción es una expresión que anticipa aquello que, supuestamente, va a suceder. Se puede predecir algo a partir de conocimientos científicos, revelaciones de algún tipo, hipótesis o indicios. Las predicciones permiten realizar un análisis sobre los datos anteriores y actuales, considerando que el "futuro solo puede ser inferido a partir de un profundo estudio del pasado" (Cortez, 1992).

La predicción aplica métodos estadísticos formales que emplean series de tiempo, transversales o longitudinales de datos, o como alternativa a los métodos menos formales de juicio.

Hay diversos métodos de predicción, desde aquellos que hacen un listado de factores que puedan influir en el curso futuro de los acontecimientos, hasta los métodos más sofisticados que utilizan ciertas técnicas econométricas y modelos matemáticos.

Han J. & Jamber M. (2006), indican que el análisis predictivo sirve para la detección de fraudes, predecir enfermedades, el clima, análisis de personas para enviar información de los datos, entre otros. El proceso de la predicción consta de las siguientes etapas:

- Describir el problema a resolver.
- Recolección de datos.

- Demostración.
- Construir el modelo.
- Monitoreo del modelo, para determinar las mejoras.

Una serie de tiempo es una secuencia de observaciones, medidas en determinados momentos del tiempo, ordenados cronológicamente y, espaciados entre sí de manera uniforme, así los datos usualmente son dependientes entre sí. El principal objetivo de una serie de tiempo, es su análisis para hacer pronóstico (Villacencio, sn).

Una serie temporal es la sucesión de valores que una variable toma en momentos sucesivos e igualmente espaciados en el tiempo. El estudio del comportamiento de una serie unidimensional da lugar a lo que se denomina "Análisis univariante de series temporales" (Pina et al, 1999).

Las series de tiempo describen la evolución de un fenómeno o variable a lo largo del tiempo. Las series de tiempo pueden representar desde los precios de un artículo, las tasas de desempleo, la temperatura máxima diaria, la velocidad del viento, hasta los esfuerzo y temperaturas en diversos puntos de una obra civil (Cortez, 2011).

Los valores de una serie de tiempo se clasifican en continuos o discretos. Los valores continuos son aquellos que se miden con cifras decimales. Por ejemplo: $Y_1=12.35$, $Y_2=45.67$, etc., los valores discretos son aquellos que solo se miden en enteros. Por ejemplo: $Y_1=24$, $Y_2=56$, etc. (Pankratz, 1983).

Algunos ejemplos donde se puede utilizar las series de tiempo son:

- a) Economía y Marketing
 - Proyecciones del empleo y desempleo.
 - Evolución del índice de precios de algún producto.

- Beneficios netos mensuales de cierta entidad bancaria.
- Desempleo.
- Tipos de interés.
- Rentabilidad de acciones.

b) Demografía

- Número de habitantes por año.
- Tasa de mortalidad infantil por año.

c) Medioambiente

- Evolución horaria de niveles de óxido de azufre y de niveles de óxido de nitrógeno en una ciudad durante una serie de años.
- Lluvia recogida diariamente en una localidad.
- Temperatura media mensual.
- Medición diaria del contenido en residuos tóxicos en un río.

Metodología ARIMA

En 1970, Box y Jenkins desarrollaron un cuerpo metodológico destinado a identificar, estimar y diagnosticar modelos dinámicos de series temporales en los que la variable tiempo juega un papel fundamental, un tipo de modelo que produce pronósticos con base en una síntesis de los patrones históricos en los datos: los modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average – Modelos de promedio móvil autorregresivo integrado).

Los modelos de promedio móvil autorregresivo integrado son una clase especializada de técnicas de filtración que ignoran por completo a las variables independientes en la formulación de pronósticos, producen pronósticos precisos de corto plazo, por ejemplo la predicción de precios del mercado de valores, creados por analistas corredores de bolsa y que se basan por completo en patrones anteriores del movimiento de los precios de acciones (Hanke J. & Reitsch A., 1996).

La metodología de los modelos ARIMA de acuerdo a Box, G. & Jenkins (1990) citado por Cortez Patiño (2011), se presenta en la Figura 1.

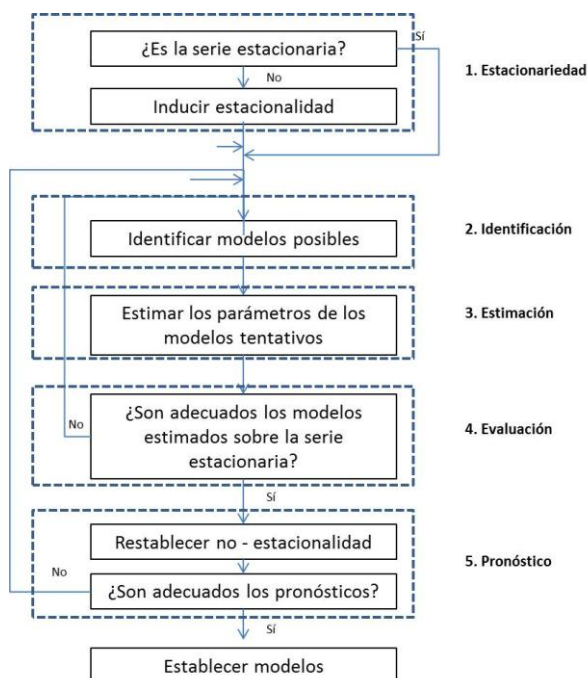


Figura 1 Metodología Box-Jenkins

Los modelos autorregresivos (AR) y los de medias móviles (MA) son formas particulares de la clase general de modelos ARMA y este a su vez del modelo ARIMA (Cortez, 2011).

Algunas consideraciones de los datos en la modelación ARIMA (Pankratz, 1983):

- Los modelos ARIMA se aplican tanto para datos discretos o continuos.

- Solo es aplicable a datos espaciados equilibrados en el tiempo, en intervalos discretos de tiempo.
- Para la aplicación del modelo ARIMA, Box y Jenkins sugieren un mínimo de 50 observaciones.
- Los modelos ARIMA son especialmente útiles en el tratamiento de serie que presentan patrones estacionales. Se pueden aplicar a series estacionarias y no estacionarias.
- Se asume que las perturbaciones aleatorias presentes posiblemente en la serie, son independientes entre sí. No existe correlación entre ellas, por lo tanto ningún patrón modelable.

Fase de Estacionariedad

La estacionalidad es un comportamiento o patrón en una serie de tiempo; consiste en subidas y bajadas periódicas que se presentan en forma regular en la serie de tiempo.

La estacionalidad es uno de los patrones estadísticos más utilizados para mejorar la precisión de los pronósticos de demanda.

Cualquier proceso estacionario Y_t puede representarse unívocamente como la sucesión de dos procesos mutuamente correlacionados, uno determinista y otro de medias móviles (Pina et al, 1999).

$$Y_t = D_t + X_t \quad (1)$$

Donde:

- D_t es el proceso determinista, que puede ser cero, una constantes o un proceso armónico.
- X_t es el proceso de medias móviles.

Una serie estacionaria es aquella cuya media, varianza y función de auto correlación permanecen constantes en el tiempo (Pankratz, 1983).

Existen distintas maneras de inducir la estacionariedad en una serie de tiempo, la más usada es el método de construcción de diferencias. Si la serie tiene tendencia, es posible eliminarla mediante la diferenciación, que consiste en la aplicación de diferencias sucesivas hasta lograr que el correlograma de la serie diferenciada converja rápidamente hacia cero (el cuarto o quinto retardo a lo sumo) (Pina, et al, 1999).

Fase de Identificación

Una vez transformada las series para hacerlas estacionarias en media y en varianza, se procede a obtener las funciones de auto correlación (FAC) y de auto correlación parcial (FACP).

La auto correlación se define como la relación mutua existente entre valores de una serie de tiempo en diferente periodo y describe lo que tiende a sucederle a un valor si se da un cambio en el otro.

La autocorrelación simple (FAC), mide la relación lineal entre las observaciones de una serie de dato Y_t , distanciados en un lapso de tiempo k . El lapso de tiempo k se le conoce como retardo o retraso. Este retardo denota el periodo de tiempo entre los valores de la serie, para el cual se mide el tipo y grado de correlación de la variable considerada.

La autocorrelación parcial (FACP), es una medida asociada a la auto correlación simple. Es la estimación de la autocorrelación simple, para el mismo retardo k , con la eliminación del efecto producido por las autocorrelaciones para retardos menores a k , las cuales están presente en la estimación de la auto correlación simple. La auto correlación parcial no considera las auto correlaciones acumuladas para el retardo k para el que se estima (Aguirre, 1994).

La diferencia entre los dos tipos de auto correlación FAC y FACP es que la auto correlación simple brinda para un retardo k tanto la relación entre las observaciones con una diferencia de k retardos de tiempo, como la relación para retardos menores, mientras que la auto correlación parcial brinda solo la relación para la diferencia estricta en k retrasos de tiempo (Aguirre, 1994).

Los coeficientes de auto correlación, ya sea simple o parcial, que se obtienen para los diferentes periodo $k = 1, 2, 3, \dots$ etc., se representan mediante la gráfica correlograma o función de auto correlación. La Figura 2 muestra un ejemplo de un correlograma.

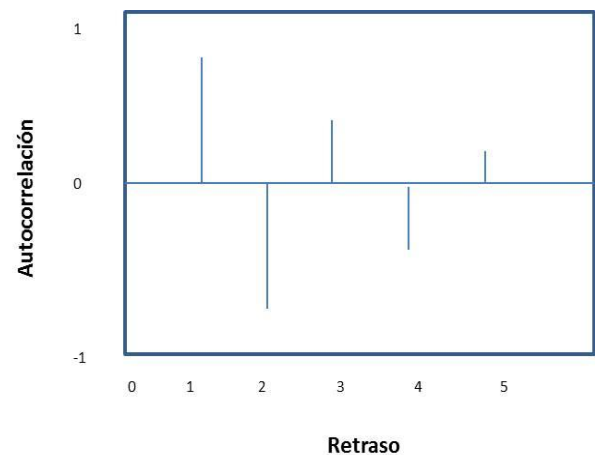


Figura 2 Grafica de correlograma.

Se identifican los procesos partiendo de las propiedades teóricas de los procesos AR o MA.

Existe correlación serial cuando las observaciones sucesivas a través del tiempo se encuentran relacionadas entre sí. Una forma de resolver el problema de correlación serial consiste en aprovechar la correlación entre observaciones adyacentes. Un modelo autorregresivo expresa un pronóstico como una función de valores previos de esa serie de tiempo

Modelo autorregresivo de orden p -AR(p).

Es un modelo en el que una determinada observación es predecible a partir de la observación anterior (modelo autorregresivo de primer orden) o a partir de las dos observaciones que le preceden (modelo autorregresivo de segundo orden). La observación actual se define como la suma ponderada de una cantidad finita p de observaciones precedente más un impulso aleatorio independiente (Cortez, 2011).

La fórmula matemática del modelo autorregresivo es:

$$Y_t = \varphi_0 + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \tag{2}$$

Donde:

- Y_t : es la variable dependiente.
- $Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-p}$: variables independientes que son variables dependientes desfasadas un número específico de periodos (t-1, t-2, t-3,... t-p).
- $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_p$: son coeficientes de regresión.
- ε_t : término de residuo que representa sucesos aleatorios no explicados por el modelo.

A continuación se muestran las distribuciones teóricas de los coeficientes de auto correlación y auto correlación parcial para algunos modelos ARIMA más comunes. La Figura 3 y Figura 4, muestra los correlogramas para AR (1) y AR (2) respectivamente.

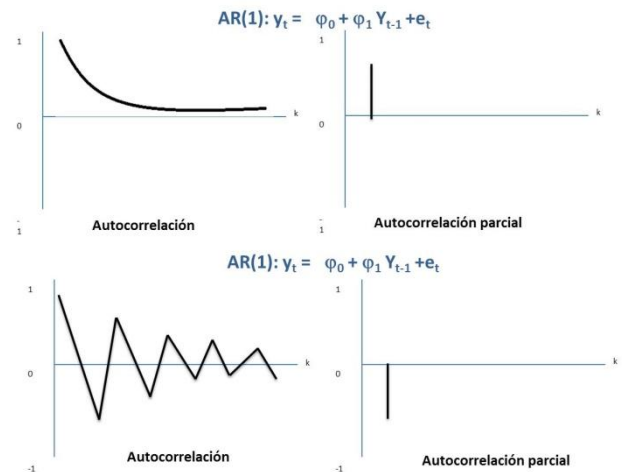


Figura 3 Distribuciones teóricas de los coeficientes de auto correlación y auto correlación parcial de AR (1).

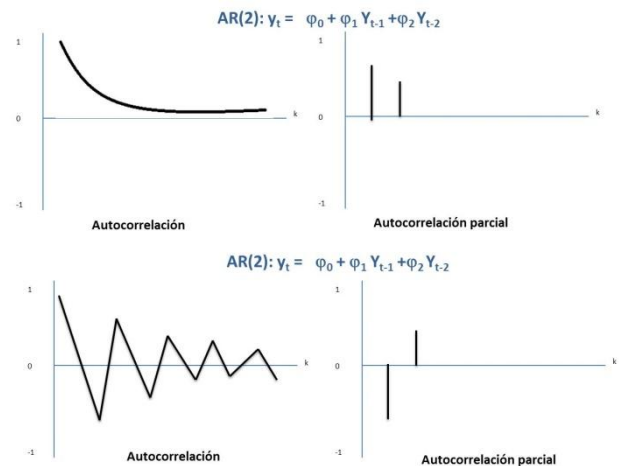


Figura 4 Distribuciones teóricas de los coeficientes de auto correlación y auto correlación parcial de AR (2).

Modelo de Medias Móviles de orden q - MA (q).

En este modelo, una determinada observación está condicionada por los "impulsos aleatorios" de las observaciones anteriores. La observación actual se define como la suma del impulso actual y de los impulsos aleatorios con un determinado peso (Cortez, 2011). El modelo de medias móviles tiene la siguiente fórmula:

$$Y_t = \omega_0 + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \omega_q \varepsilon_{t-q} \tag{3}$$

Donde:

- Y_t : es la variable dependiente.
- ε_t : residuo o error.
- w_0, w_1, w_2, w_q : peso específico.
- $\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \varepsilon_{t-q}$: valores previos de residuos o error en el periodo t.

La Figura 5, muestra las distribuciones teóricas de los coeficientes de auto correlación y auto correlación parcial para los modelos de MA (1) y MA (2).

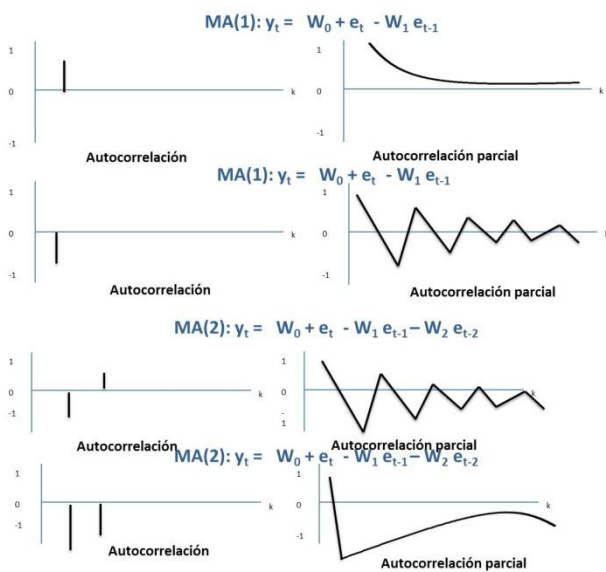


Figura 5 Distribuciones teóricas de los coeficientes de auto correlación y auto correlación parcial de MA (1) y MA (2).

Modelo autorregresivo de medias móviles de orden p,q - ARMA(p,q)

Este modelo es la combinación de los modelos autorregresivos y de medias móviles. Así una observación está determinada tanto por observaciones anteriores así como por "impulsos aleatorios" o también llamados "errores" de observaciones pasadas (Cortez, 2011).

La forma general de un modelo autorregresivo de medias móvil es:

$$Y_t = \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q} \quad (4)$$

Donde:

- Y_t : es la variable dependiente.
- $Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-p}$: variables independientes que son variables dependientes desfasadas un número específico de periodos (t-1, t-2, t-3,.. t-p).
- $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_p$: son coeficientes de regresión.
- ε_t : término de residuo o error que representa sucesos aleatorios no explicados por el modelo.
- w_0, w_1, w_2, w_q : peso específico.
- $\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \varepsilon_{t-q}$: valores previos de residuos o error en el periodo t.

La Figura 6, muestra las distribuciones teóricas de los coeficientes de auto correlación y auto correlación parcial para los modelos de ARIMA (1, 1).

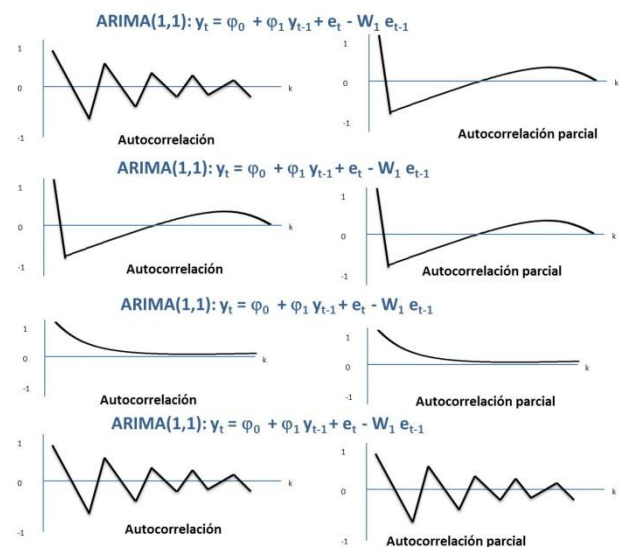


Figura 6.Distribuciones teóricas de los coeficientes de auto correlación y auto correlación parcial de ARIMA (1,1).

Pina et al (1990), resume las pautas de comportamiento más frecuente de la FAC y FACP en los modelos AR(p), MA(q) y ARMA(p,q).

	FAC	FACP
AR(p)	Decrecimiento rápido de tipo exponencial y/o sinusoidal. Sin llegar a anularse.	Se anula para retardos superiores a p.
MA(q)	Se anula para retardos superiores a q	Decrecimiento rápido de tipo exponencial y/o sinusoidal. Sin llegar a anularse.
ARMA(p,q)	Los primeros valores iniciales no tienen patrón fijo y van seguidos de una mezcla de oscilaciones sinusoidales amortiguadas a partir de p. Decrecimiento rápido sin llegar a anularse.	Los primeros valores iniciales no tienen patrón fijo y van seguidos de una mezcla de oscilaciones sinusoidales amortiguadas a partir de q. Decrecimiento rápido sin llegar a anularse

Tabla 1 Comportamientos de FAC y FACP en los diferentes modelos.

Fase de Estimación

Al realizar la comparación con el patrón observado en las funciones de autocorrelación prácticas calculadas, se determina un posible modelo ARIMA, formado por los elementos de p, q y d. Por ejemplo: ARIMA (p=1,d=1,q=0), es decir ARIMA(1,1,0) representa que el coeficiente p del modelo autorregresivo es 1, que a la serie se le aplicó un diferenciación para generar los datos estacionales y el coeficiente del modelo medias móviles es 0.

Al obtener las gráficas de auto correlación FAC y FACP, se establece unas bandas que representan dos desviaciones estándar para cada retraso, es decir, aproximadamente un 95,4% de validez.

La Figura 7, representa una salida de las autocorrelaciones simple y parcial en el software Minitab®, mostrando los coeficientes correspondientes a cada una de ellas.

Autocorrelation Function: Datos Serie

Lag	ACF	T	LBQ
1	0,571913	1,98	5,00
2	0,462687	1,25	8,59
3	0,110583	0,27	8,82

Partial Autocorrelation Function: Datos Serie

Lag	ACF	T
1	0,571913	1,98
2	0,201514	0,70
3	-0,334512	-1,16

Figura 7 Coeficientes de auto correlación parcial y final.

Al aplicar el modelo ARIMA identificados, se debe analizar si los coeficientes de auto correlación se deben excluir del modelo. Se utiliza el error estándar y el valor t asociado a cada uno de los coeficientes del modelo. El error estándar tiene la siguiente fórmula.

$$t = \frac{\text{coeficiente calculado}}{\text{error estándar asociado al coeficiente calculado}} \tag{5}$$

El valor de t, debe ser mayor a 2 en valor absoluto. Si para los coeficientes identificados se cumple esa regla, se considera que el modelo ARIMA, es correcto. Si algún coeficiente no cumple con esa condición se elimina del modelo y se calcula nuevamente con el coeficiente restante. La Figura 7 muestra un ejemplo en Minitab® con los resultados de los coeficientes aplicados.

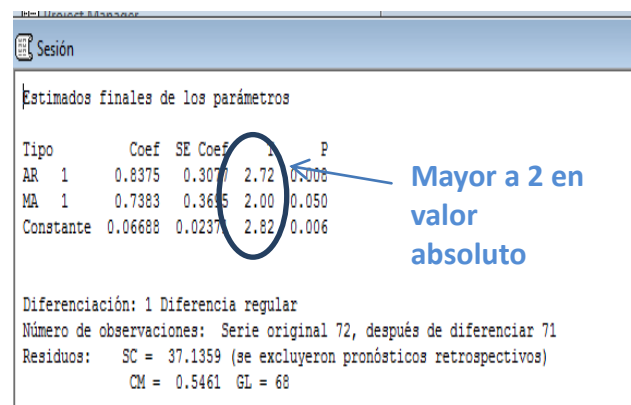


Figura 8 Valor de t en base al modelo ARIMA(1,1,1).

Fase de Evaluación

En esta fase se evalúa la adecuación de los modelos:

- a) Si las estimaciones de los coeficientes del modelo son significativas y cumplen las condiciones de estacionariedad e invertibilidad que deben satisfacer los parámetros del modelo.
- b) Si los residuos del modelo tienen un comportamiento similar a las innovaciones, es decir, si son ruido blanco.

La inversibilidad se refiere a que cualquier modelo ARIMA puede expresar la serie Y_t en función de las Y observaciones pasadas, es decir $Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-3}$, etc. La Tabla 2 muestra las condiciones de estacionariedad y de inversibilidad.

Modelo	Condiciones de estacionariedad	Condiciones de inversibilidad
AR(1)	$ \phi_1 < 1$	Ninguna
AR(2)	$\phi_1 + \phi_2 < 1$ $\phi_1 - \phi_2 < 1$ $ \phi_2 < 1$	Ninguna
MA(1)	Ninguna	$ w_1 < 1$
MA(2)	Ninguna	$w_1 + w_2 < 1$ $w_1 - w_2 < 1$ $ w_2 < 1$
ARMA(1,1)	$ \phi_1 < 1$	$ w_1 < 1$

Tabla 2 Condiciones de estacionariedad e inversibilidad en los modelos.

Considerando:

- $\phi_0, \phi_1, \phi_2, \phi_p$: son coeficientes de regresión
- w_0, w_1, w_2, w_q : peso específico.

Análisis de residuales.

Como parte de la comprobación del modelo se decide si es estadísticamente adecuado.

Un modelo estadísticamente adecuado es aquel cuyos residuales son independientes entre sí, es decir si los residuales son completamente aleatorios.

Si los residuales muestran estar correlacionados entre sí, significa que existe un patrón que aún no ha sido tomado en cuenta por los términos autorregresivos y/o de medias móviles del modelo propuesto. Por lo tanto se concluye que si los residuales están correlacionados de alguna manera, estos no son ruido blanco y se debe buscar otro modelo cuyos residuales sean completamente aleatorios.

La función de auto correlación simple de residuales es el instrumento que se utiliza para determinar si el modelo es estadísticamente adecuado. El cálculo de los coeficientes de auto correlación se realiza de la misma fórmula de auto correlación, pero aplicada a los residuales del modelo ajustado (Pasnkratz, 1983).

Si uno o varios valores de auto correlación sobrepasan las bandas de dos desviaciones estándar, significa que el o los coeficientes son significativamente distintos de cero y por lo tanto, los residuales no son independientes entre sí. La Figura 9, muestra los correlogramas FAC y FACP de los residuales.

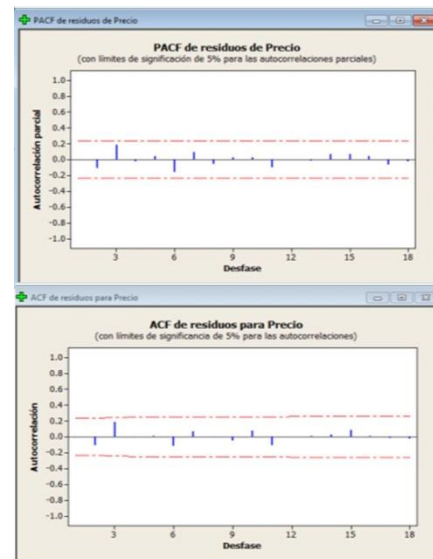


Figura 9 FAC y FACP de los residuales.

Otra forma de verificar que los residuales no estén correlacionados es utilizando una escala de distribución chi-cuadrado, a la cual se asocia un valor p que representa la probabilidad de juzgar de manera correcta el valor de Q de Ljung-Box para realizar los contrastes al 95% de confianza.

- Si el valor de p es mayor que 0.01 pero menor que 0.05 el modelo es inaceptable.
- Si el valor de p es mayor que 0.05 se dice que es suficiente.

Figura 10 Valores obtenidos de p , de un modelo ARIMA (1,1,1).

Estadística Chi-cuadrada modificada de Box-Pierce (Ljung-Box)

Desfase	12	24	36	48
Chi-cuadrada	7.5	15.4	28.9	49.0
GL	9	21	33	45
Valor P	0.584	0.804	0.671	0.314

Los residuos deben tener un proceso de ruido blanco, que es un proceso formado por una secuencia de variables aleatorias mutuamente independientes e idénticamente distribuidas.

Fase de Pronósticos

Después de la validación del modelo ARIMA, se pueden realizar pronósticos para uno o varios periodos a futuro. También se pueden formular intervalos de confianza sobre estas estimaciones. En general, entre más a futuro se pronostica, mayor será el intervalo de confianza.

Agradecimiento

Este artículo fue realizado como resultado de una estancia doctoral llevada a cabo en el Laboratorio Nacional de Tecnologías de Información del Instituto Tecnológico de Cd. Madero, por lo que agradecemos al Dr. Juan Javier González Barbosa por las asesorías y análisis de la información presentada.

Conclusiones

Las predicciones ayudan a la toma de decisiones a partir de los datos pasados.

La metodología ARIMA permite realizar predicciones de forma fácil y eficiente para las series de datos temporales.

La metodología ARIMA es posible aplicarse a la predicción de series temporales de diferentes indicadores productivos.

Al aplicar la metodología ARIMA en un caso de estudio para las predicciones de las acciones empresariales en la bolsa de valores mexicana, permitió ofrecer de forma confiable información que apoya a la toma de decisiones de los precios y valores futuros.

Referencias

- Aguirre J. (1994). Introducción al tratamiento de series temporales. Madrid España. Ediciones Días de Santos.
- Box G. & Jenkins G. (1990). Time series analysis, forecasting and control. San Francisco: Holden-Day.
- Cortez J. (1992). Técnicas Estadísticas de predicción aplicable en campo empresarial.
- Cortez J. (2011). Aplicación de series de tiempo en el monitoreo estructural. Tesis de grado de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Han J. & Jamber M. (2006). Data Mining: Concepts and Techniques. Segunda Edición. Elsevier Inc
- Hanke J. & Reitsch A. (1996). Estadística para Negocios. McGraw Hill.
- Mahia R. (1999). Revisión de los procedimientos de análisis de la estacionariedad de las series temporales. Consultado el 08 de Febrero de 2016 en https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/rmc/doctorado/tendest.PDF
- Pankratz A. (1983). Forecasting with univariate Box-Jenkins model. E.U.A. John Wiley & Sons.

Pina J. et al (1999). Cien ejercicios de Econometría.

Sánchez L. (2013). Pronóstico de la producción de leche, mediante modelos ARIMA. Caso UBPC "Maniabo". Tesis de master en Bioestadística. Facultad de Matemática y Computación "Universidad de La Habana".

Scientific Computing Associates, Corp. (1994). Manual Forecasting and time series analysis using the sca statistical system. Consultado el 29 de Enero de 2016 en http://scausa.com/SCADocs/SCAFTS_V1.pdf

Villacencio J. (sn). Introducción a series de tiempo. Instituto de Estadísticas de Puerto Rico. Consultado el 08 de Febrero de 2016 en http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx?fileticket=4_BxecUaZmg%3D

Instalación y evaluación preliminar de un Sistema Fotovoltaico en Zona Costera

COLORADO-GARRIDO, Darío*†, HERRERA-ROMERO, José, CANELA-NIEVES, Felipe de Jesús y ESCOBEDO-TRUJILLO, Beatris’.

Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos, Av. Universidad km 7.5, Col. Santa Isabel, C.P. 96535, Coatzacoalcos, Veracruz, México.

‘Centro de Investigación en Recursos Energéticos y Sustentables, Universidad Veracruzana, Av. Universidad km 7.5, Col. Santa Isabel, C.P. 9535. Coatzacoalcos, Veracruz, México.

Recibido Julio 11, 2016; Aceptado Septiembre 1, 2016

Resumen

Este trabajo presenta la instalación de un sistema fotovoltaico (SFV) de 3.5 kW de generación, para el suministro de energía eléctrica en la Universidad Veracruzana, campus Coatzacoalcos, con el objetivo de buscar una forma alternativa de abastecimiento parcial y económicamente viable. El SFV consta de: 14 módulos de 250W montados sobre una estructura de acero galvanizado, un inversor bifásico, además del equipo de protección eléctrico. Para una mejor generación de energía a lo largo de un año, la instalación del SFV se coloca con una orientación hacia el sur geográfico en un equinoccio de primavera. Una vez instalado, para la toma y análisis de datos, se utiliza un analizador de redes eléctricas, tomando una semana de mediciones a la salida del inversor, y posteriormente se analiza una semana a la entrada del inversor. De las mediciones realizadas, se comprueba que el SFV puede alcanzar hasta 5.5 kW durante las horas de mayor radiación, lo que comprueba que la zona es altamente factible para la instalación de SFV.

Energías alterna, orientación de paneles solares, factibilidad de instalación, energía solar

Abstract

This paper presents the installation of a 3.5 kW photovoltaic system (PVS) for the supply of electricity at the Universidad Veracruzana, campus Coatzacoalcos, in order to seek an alternative form of partial sourcing and economically viable. The PVS consists of 14 modules mounted on a galvanized steel structure, a two-phase inverter and electrical protection equipment. For better power generation over a year, the installation is placed with an orientation towards geographic south in a spring equinox. For the collection and data analysis, a power analyser is used, taking a week of measurements at the inverter output, and then a week at the inverter input. From the measurements, it is found that the PVS can reach up to 5.5 kW during peak hours radiation, which proves that the area is highly feasible for installation of the PVS's.

Alternative energy, solar panel orientation, feasibility of installation, solar energy

Citación: COLORADO-GARRIDO, Darío, HERRERA-ROMERO, José, CANELA-NIEVES, Felipe de Jesús y ESCOBEDO-TRUJILLO, Beatris. Instalación y evaluación preliminar de un Sistema Fotovoltaico en Zona Costera. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-5: 32-41

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: vidherrera@uv.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Desde hace algunos años, el mundo está acosado por una crisis energética debido al desabasto de las reservas mundiales de petróleo que se utilizan como recursos energéticos, frente a esta crisis energética ha surgido la necesidad de aprovechar las fuentes de energía disponibles, dentro de las cuales se encuentran las energías renovables, como la energía solar.

Incluida entre la energía obtenible por la radiación solar esta la energía fotónica o fotovoltaica, donde las celdas fotovoltaicas permiten transformar directamente en electricidad la energía de parte de los fotones que componen el espectro visible de la luz solar, gracias a los materiales semiconductores que están construidas dichas celdas, cuya conductividad se incrementa cuando son alcanzados por los fotones pertenecientes a la radiación solar visible que alcanza la superficie de la Tierra.

Si los fotones que inciden sobre la superficie del semiconductor poseen energía suficiente, son absorbidos por el material y transfieren su energía a los electrones que forman parte de los orbitales enlazantes del semiconductor. Los electrones liberados se mueven caóticamente a través del semiconductor. Lo mismo sucede con los 'huecos' o falta de electrones que quedan tras romperse el enlace. La carga eléctrica de los huecos es positiva ya que se generan en un punto donde se ha separado un electrón. Los huecos actúan como una trampa que atrae a los electrones situados en enlaces contiguos. Cuando un electrón de estos enlaces contiguos se traslada, completando el enlace, el enlace del que partía queda incompleto, y la carga positiva (la falta de electrón o hueco) se desplaza. La presencia de estas cargas libres, de sentidos contrarios, explica el incremento de conductividad que experimenta el material semiconductor bajo iluminación.

Por este motivo es necesario buscar una forma alternativa de abastecimiento parcial o totalmente factible y económicamente viable que permita reducir el consumo y los costos por este concepto. Se propone instalar un sistema fotovoltaico (FV) en el edificio C de la Facultad de Ingeniería, campus Coatzacoalcos de la Universidad Veracruzana, que esté conectado a la red eléctrica de dicho campus.

El presente proyecto se lleva a cabo por la necesidad de economizar y minimizar los efectos ambientales que conlleva utilizar la energía eléctrica convencional, se dispone de un sistema FV de 3.5kW de generación, haciendo mediciones continuas para ver qué tan factible es desde el punto de vista energético instalar paneles solares en esta zona.

Descripción de sistema fotovoltaico

El sistema consiste de los componentes que se mencionan en la tabla 2.1. A continuación se describe cada uno de ellos:

COMPONENTE	CARACTERÍSTICA
Arreglo fotovoltaico	14 módulos de 250W
Estructura para módulos	De acero galvanizado para montaje de módulos
Porta fusible	10 x 38mm 1000V a 32Amp
Fusible	32 Amp
Inversor	Marca KACO 3502xi (3.5 kW)
Gabinete	Para resguardo del inversor
Cable FV	60 m aproximadamente

Tabla 1 Componentes principales del sistema fotovoltaico.

Arreglo fotovoltaico: Consiste en 14 módulos fotovoltaicos de la marca Solarworld, modelo sunmodule SW 250 mono, conectados en serie para entregar un voltaje de 435 VCD.

Cada módulo generará a máxima potencia 8.05A de corriente (Imp.), 8.06A de corriente de cortocircuito (Isc), 31.1V de tensión de potencia máxima (Vmp), 37.8V de circuito abierto (Voc) y una potencia máxima (Pmax) de 250W, estas especificaciones son en condiciones de prueba estándar (1000W/m², 25°C, 1.5 AM). Cada módulo tiene 60 celdas de tipo mono cristalino [1].

Estructura para módulos: Los módulos son instalados en una estructura para soporte de acero galvanizado, la cual está instalada con una altura aproximadamente de 1.83 metros con una pendiente de 20° hasta llegar a nivel del suelo.

Fusibles y portafusibles: Consiste en 1 fusible de 32 amperes, se conecta mediante el porta fusible a la fase positiva de los paneles FV para protección eléctrica. El fusible adentro del porta fusible se muestra físicamente en la figura 1, inciso A.



Figura 1 Inversor montado dentro del gabinete.

Inversor y gabinete: El inversor es de la marca KAKO, modelo 3502xi, tiene una capacidad de 3500 W, con un voltaje de operación mínima de 200 VCD hasta 510 VCD, conectado a la red en un sistema bifásico que consta de 2 líneas de alimentación a 120 VCA y un neutro. El inversor se encuentra dentro de un gabinete para resguardo del mismo (ver figura 1, inciso B para identificar el inversor e inciso C para ver el gabinete) [2].

Cable FV: Cable calibre 10 AWG, de la marca Advanced Digital, del tipo PV Wire (aplicaciones fotovoltaicas) y se puede observar en la figura 1 inciso D, este cable soporta un voltaje nominal de 600 V [3].

Para monitorear el funcionamiento del sistema FV, un analizador trifásico de calidad eléctrica de la marca FLUKE 433/434 se utiliza para realizar un análisis de la cantidad de energía que generará el panel fotovoltaico y determinar el funcionamiento del sistema FV [4].

Ubicación y colocación del sistema fotovoltaico

Como primer paso se empezó por ubicar en el techo del edificio C, el área para la instalación del sistema fotovoltaico y su orientación, para esto se utilizó una brújula para determinar la orientación ya que los sistemas FV deben estar orientados hacia el sur geográfico para una mayor captación solar a lo largo del año. Una vez que se determinó el sur magnético, procedemos a determinar el sur geográfico, que será al cual se oriente finalmente los paneles FV ya que los polos magnéticos y geográficos no coinciden en ciertas fechas del año.

Para relacionar el plano de alguna orientación en particular, la tierra en cualquier tiempo y la radiación solar entrante, se puede describir en términos de varios ángulos, que se describen a continuación (figura 2) [5,6]:

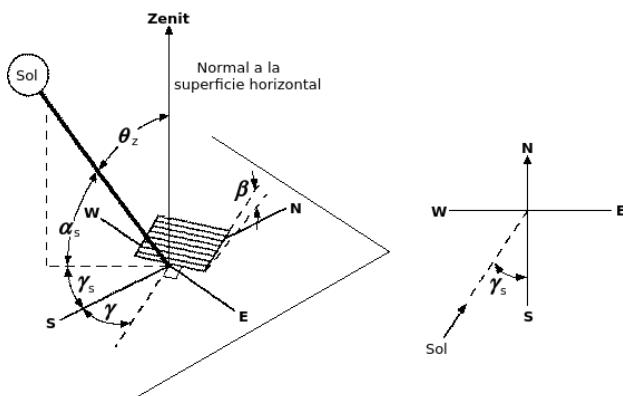


Figura 2 Ángulo zenit, inclinación, ángulo altitud solar, ángulo de superficie azimut y ángulo solar azimut de una superficie.

L Latitud, es la localización angular al norte o sur del ecuador, al norte es positivo; $-90^\circ \leq L \leq 90^\circ$.

δ Declinación, es la posición angular del Sol en el medio día solar con respecto al plano del ecuador, al norte es positivo; $-23.45^\circ \leq \delta \leq 23.45^\circ$. La declinación solar varía con respecto a la fecha del año, se calcula con la ecuación de Cooper (1969):

$$\delta = 23.45 \left(360 \frac{284+n}{365} \right) \quad (1)$$

Donde n es el número de día del año.

γ Ángulo de superficie azimut, es la desviación de la proyección en el plano horizontal de la normal a la superficie del meridiano local, con cero al sur, este negativo y oeste positivo.

ω Ángulo horario, es el desplazamiento angular del Sol desde el este al oeste del meridiano local, debido a la rotación de la tierra sobre su eje a 15° por hora; negativo por la mañana.

α Ángulo altitud solar, es el ángulo entre el plano horizontal y la línea de los rayos del sol.

$$\sin \alpha = \sin L \sin \delta + \cos L \cos \delta \cos \omega \quad (2)$$

θ_z Ángulo zenit, es el ángulo entre la vertical y la línea de los rayos del Sol.

γ_s Ángulo solar azimut, visto en el plano horizontal, es el desplazamiento angular desde el sur de la proyección de la radiación. Desplazamientos del este al sur son negativos.

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha} \quad (3)$$

τ Es la longitud del día, es el doble de la hora de puesta de Sol a partir del mediodía solar y la puesta de Sol. Por lo tanto, la longitud del día en horas es:

$$\tau = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan L \tan \delta) \quad (4)$$

Con todos los términos anteriores se procede a hacer los cálculos para el equinoccio de primavera. Para la ciudad de Coatzacoalcos, Ver., en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana Campus Coatzacoalcos su latitud es de 18.14° N.

Para encontrar el ángulo azimut se debe encontrar primeramente la declinación en el 16 de febrero ($n=47$) día de la instalación. De la ecuación 1 se obtiene:

$$\delta = 23.45 \left(360 \frac{284 + 47}{365} \right) = -12.955^\circ$$

Por otro lado, el ángulo horario al medio día solar local es cero y de la ecuación 2, el ángulo de la altitud solar es:

$$\alpha = \sin^{-1}(\sin(18.14)\sin(-12.955) + \cos(18.14)\cos(-12.955)\cos(0)) = 58.9^\circ$$

Además, el ángulo solar azimut es cero. Ahora, para encontrar la longitud del día se calcula con la ecuación 4, el resultado en horas será similar entre el día y la noche; por lo tanto:

$$\tau = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan(18.14) \tan(-12.955))$$

$$= 11.42 \text{ h}$$

Este valor lo dividimos entre dos para obtener las porciones de horas antes y horas después del mediodía, dando por resultado 5.71 h . Esto significa que el sol sale a $12\text{h} - 5.71\text{h} = 6.288\text{h} = 6: 17\text{am}$; y se oculta a las $12\text{h} + 5.71\text{h} = 5: 42\text{pm}$, en un horario solar.

Con los datos obtenidos, se propone la ubicación de los paneles FV. Como se muestra en la figura 3, procedemos a ubicarlo en el techo del edificio, lugar donde no hay obstrucción por sombras.



Figura 3 Ubicación física de los paneles FV.

En la ubicación donde se instalan los paneles fotovoltaicos, se ensambla la estructura donde se colocaran los módulos, dejando un espacio libre igual a la medida de un módulo en la parte inferior central, con el objetivo de minimizar los efectos que pueden causar los vientos de la zona, y conectar los módulos en serie, como se ilustra en la figura 4.



Figura 4 Vista física de los módulos sobre la estructura.

Para la conexión eléctrica de los paneles hasta el tablero de conexión, se presenta la figura 5a, donde se ve la ruta de la tubería por donde pasan los cables. El inversor que debe estar instalado en un lugar de resguardo, ubicado en la planta baja del edificio. En la figura 5b se muestra el diagrama eléctrico, procediendo con el cableado y posterior conexión del inversor.

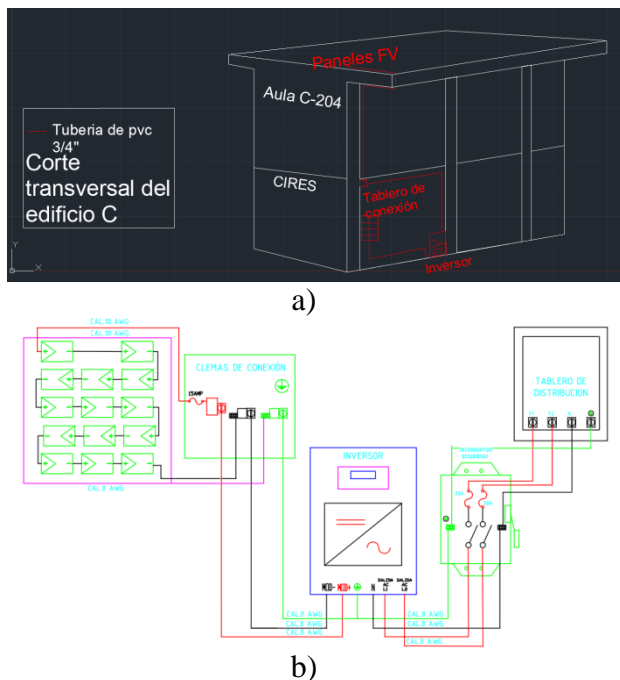


Figura 5 Conexión eléctrica a) ruta del cableado, b) diagrama eléctrico

Después de conectar los paneles FV con el inversor y éste a la red general de corriente eléctrica, se procedió a encender el inversor y realizar una medición de prueba de voltaje con un multímetro a la entrada del inversor; se registro un voltaje de corriente directa de 484 V (ver figura 6), y en la salida del inversor que corresponde a corriente alterna la medición fue de 230V entre línea y línea.

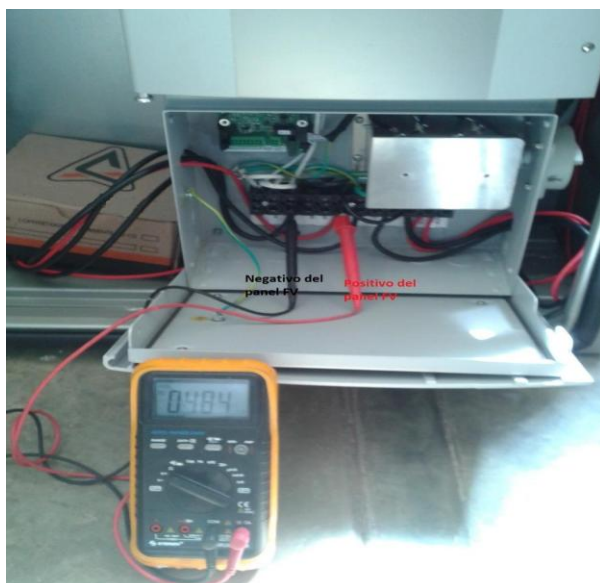


Figura 6 Prueba inicial de voltaje.

Toma y análisis de datos

El monitoreo y análisis de datos se realiza con el analizador de redes eléctricas FLUKE® y el software Power Log® [7], respectivamente. Se analiza una semana de mediciones a la salida del inversor y posteriormente una semana de mediciones a la entrada del inversor. El analizador se ajusta para que haga las mediciones en forma de tendencia con intervalos de 1 segundo entre mediciones, éstas se registran en la memoria del analizador, se transfiere a una PC con un cable de datos. En el software Power Log se generan las gráficas y datos de los diferentes parámetros a analizar.

Análisis datos en la salida del inversor (voltaje de c.a) Primeramente, se analizan los parámetros de voltaje, corriente y potencia a la salida del inversor. Este periodo de análisis comprende del 20 de febrero del 2014 a las 02:33:49 pm hasta el 28 de febrero del 2014 a las 02:00:28 pm.

El inversor entrega un arreglo bifásico, que consta de dos líneas de 130 V y un neutro. En la figura 7 se muestra la gráfica con los valores correspondientes a los voltajes de las líneas 1 (L1N) y 2 (L2N), así como los valores que corresponden al voltaje en el neutro. Las líneas punteadas verticales representan los días que se efectúan las mediciones, en este caso son 6 días completos y 2 medios días, donde los números que aparecen en la parte inferior de manera horizontal representan el día y el mes en el que se realiza la medición, por ejemplo: 21/2 significa que corresponde al día 21 de febrero. Las líneas punteadas horizontales representan los rangos o valores en los que oscilan los datos de las mediciones. La línea de verde representa voltaje rms (raíz media cuadrática) mínimo, la línea roja representa el voltaje rms máximo y la línea negra representa el voltaje rms medio.

En L1N y L2N se aprecia que el voltaje no varía mucho y el rango del voltaje de la línea 1 no sobrepasa de 134 VCA ni es inferior a 127 VCA, en la línea 2 sucede lo mismo y está en un rango de 137 VCA y 128 VCA. El voltaje que circula por el neutro tiene valores muy pequeños, de un mínimo de 0.02 VCA y 0.04 VCA, que son prácticamente despreciables. Estos valores de voltaje que se presentan están dentro del rango aceptable de voltaje nominal en México, es decir el sistema fotovoltaico tiene los valores adecuados en cuanto a voltaje se refiere.

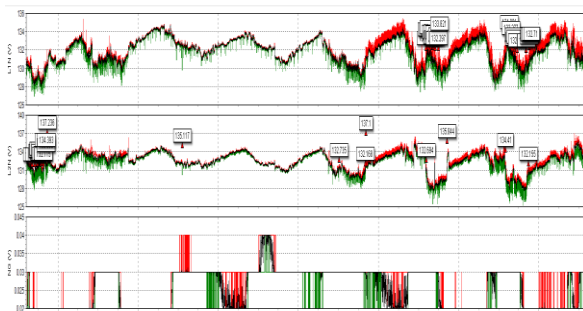


Figura 7 Gráficas de voltaje de L1N, L2N y neutro.

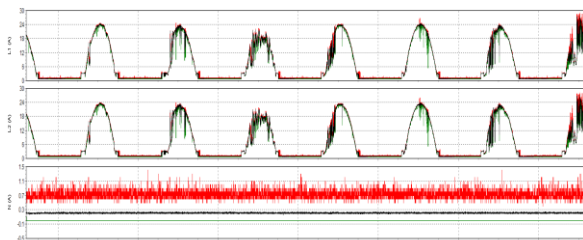


Figura 8 Gráficas de corriente de L1(A), L2(A) y neutro.

En la figura 8 se muestra la gráfica que presenta los valores obtenidos de corriente durante el periodo de medición. La línea 1, L1(A) y la línea 2, L2(A) son similares; en ambas gráficas la parte plana cercana a cero Amperes corresponde a la noche; donde no hay radiación solar y la parte curva corresponde al día porque ahí es cuando hay radiación solar.

En la figura 9 se muestra un acercamiento de la gráfica de corriente que corresponde a L1(A) y a L2(A), donde se observan dos líneas verticales continuas, cada línea es un cursor que dependiendo de donde esté situada indica la hora y la corriente en amperes en ese instante de tiempo, para la primer línea ubicada en L1(A), el cursor está situado a las 7:04:49 a.m., y muestra una corriente máxima de 3.1 A, indicando el inicio de la curva aproximadamente a las 7 a.m. hora a la cual empieza a incidir la radiación solar sobre el sistema FV. La segunda línea situada en L2(A) presenta el valor 24.4 Amperes y encuentra su punto máximo aproximadamente a la 1:02 p.m. En este punto es donde se asume que la radiación solar incidente sobre los paneles FV está en el punto máximo de ese día. Después de éste punto máximo, la curva empieza a bajar y esto es porque el Sol sigue su curso para el atardecer y con ello baja la radiación solar. Según la gráfica, el punto donde la curva se vuelve plana y el valor de corriente es cercana a cero ocurre aproximadamente a las 6 p.m.

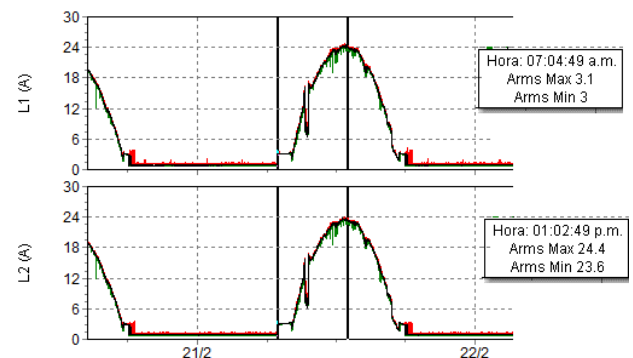


Figura 9 Acercamiento de la gráfica de corriente.

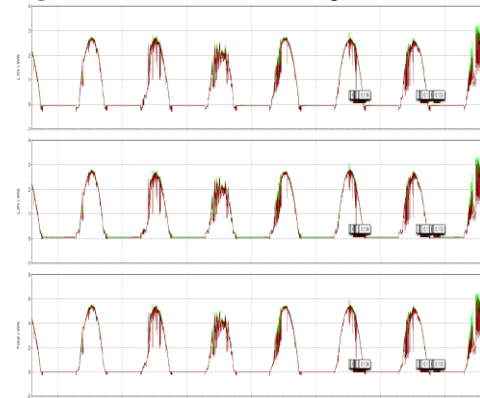


Figura 10 Gráfica de potencia en L1N, L2N y Total.

La potencia generada está en función de cuanto radiación capte el sistema fotovoltaico, es por tal razón que si el día está nublado, parcialmente nublado o hay algún tipo de sombra que obstruya total o parcialmente los módulos solares, se verá reflejado en una disminución de la potencia que genera el sistema fotovoltaico, donde la potencia está en función directa del comportamiento de la corriente y voltaje. En la figura 10 se muestra la gráfica correspondiente a la potencia en kW que entrega el sistema fotovoltaico, tanto en la línea 1 (L1N), línea 2 (L2N) y la potencia total (Total) a lo largo del periodo de medición; puntualmente se analiza la potencia en la línea 1 y en ésta se observa que en el día 21 de febrero (21/2) aproximadamente a las 7 a.m. se empieza a registrar un incremento de valores de potencia, cabe destacar que ese día en particular se puede deducir que el día fue despejado, ya que la curva correspondiente a ese día no presenta muchas irregularidades como la presentan los días restantes, tal como se observa en el acercamiento correspondiente a ese día en la figura 11.

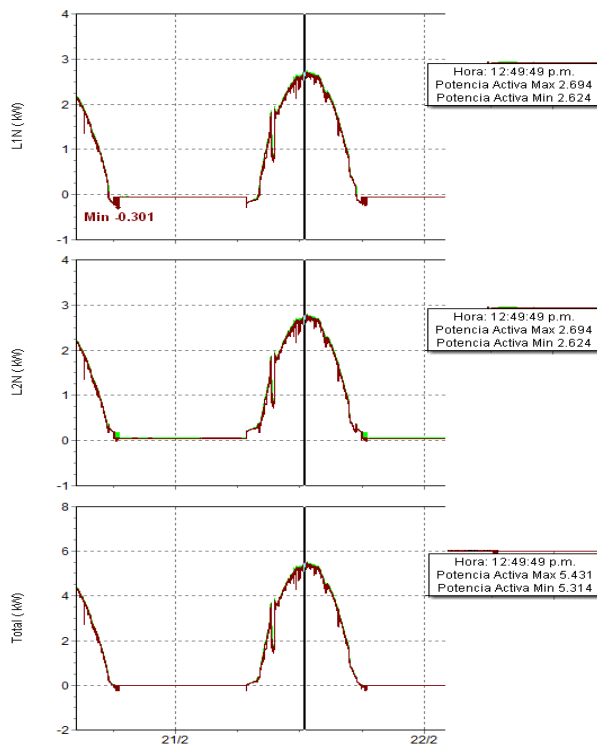


Figura 11 Acercamiento de la gráfica de potencia.

Adicionalmente, para observar la potencia máxima medida en el periodo indicado, se realiza un acercamiento de la gráfica de potencia total en la figura 12, donde se muestra un valor máximo de 6.533 kW medido el día 27 de febrero (27/2).

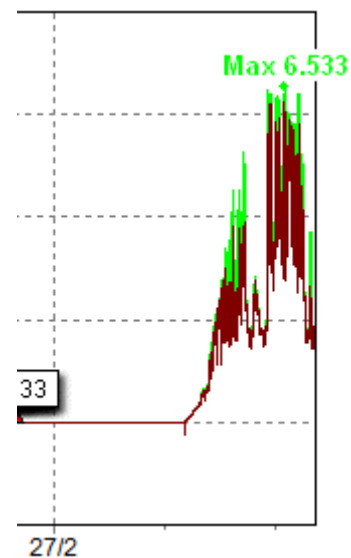


Figura 12 Medición de la potencia máxima registrada.

Análisis de datos en la entrada del inversor (voltaje de C.D.) Ahora se analiza los parámetros de voltaje y corriente a la entrada del inversor, es decir, la parte correspondiente a corriente directa (voltaje que entrega directamente los paneles FV). Los datos registrados comprenden del 27 de febrero al 5 de marzo.

Como primer parámetro a analizar, se toma el voltaje de corriente directa. El arreglo fotovoltaico consta de una línea positiva y una línea negativa. En la figura 13a se muestra la gráfica con los valores de voltaje generado por el sistema fotovoltaico, el voltaje máximo aproximado para las 6:52 a.m. es de 379.64VCD y el voltaje mínimo es de aproximadamente 379.62 VCD. Después de ésta hora el voltaje se mantiene constante durante las horas que recibe radiación solar para generar corriente, pero aproximadamente a las 6:17 p.m. comienza a disminuir el voltaje, debido a que a esta hora ya hay muy poca radiación solar (ver figura 13).

La gráfica de corriente de la figura 13b es similar a la analizada en la gráfica de corriente alterna (a la salida del inversor). Las partes curvas corresponden al día porque ahí es cuando hay más radiación solar y las partes planas corresponden a la noche ya que en valores está cercana a cero amperes. En el día 1 de marzo en un horario aproximado de 7:30 a.m. la curva empieza a elevarse hasta llegar a su punto máximo de amperes de 12 Amp a las 12:30 aproximadamente. Después de éste punto la curva empieza a bajar por motivo de que la radiación solar también. Para los demás días las gráficas se presentan con muchos picos y curvas de forma irregular, esto sucede porque la radiación que incide en los módulos FV no es constante, debido a que hay sombras, nubes, etc. que obstruyen radiación solar que llega a la superficie captadora.

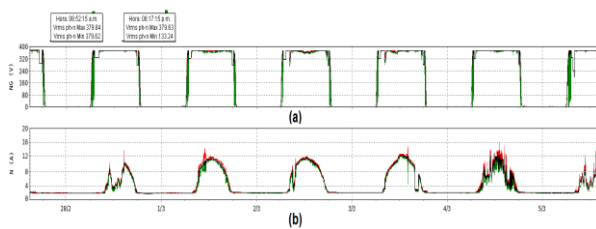


Figura 13 Gráfica de datos medidos a la entrada del inversor a) voltaje, b) corriente

Conclusiones

La capacidad de generación del sistema fotovoltaico en las condiciones estándar de prueba (con un flujo de radiación de 1000 W/m^2 , según la ficha técnica proporcionada por el proveedor) es de 3.5 kW en total (son un total de 14 módulos), en el análisis de potencia de corriente alterna anteriormente expuesto se muestran valores de hasta 3.3 kW de generación por fase (el sistema entrega un arreglo bifásico), si comparamos éste último valor con el de la condición estándar de prueba se llega a la conclusión de que la radiación solar en la ciudad de Coatzacoalcos es mayor del orden de 1000 W/m^2 , esto hace que la zona sea altamente factible para colocar sistemas fotovoltaicos y así sacar mayor provecho de la energía solar.

Por lo tanto, instalar este tipo de sistemas fotovoltaicos en esta zona traería muchos beneficios, ya que es una energía limpia y amigable con el medio ambiente. Además rentable en esta zona por los datos obtenidos de generación mostrados anteriormente.

Sin embargo como se mostró en los análisis de los parámetros eléctricos el sistema de generación fotovoltaico también tiene algunas limitantes, ya que solo genera energía eléctrica durante el día y muy baja energía cuando está nublado total o parcialmente, así que para obtener buenos niveles de generación eléctrica el día debe de estar despejado.

Referencias

- [1] SolarWorld. (2013). Sunmodule SW 250 mono. Septiembre 15, 2016, de SolarWorld Sitio web: <https://www.solarworld-usa.com/~media/www/files/datasheets/sunmodule-plus/sunmodule-solar-panel-250-mono-ds.pdf>
- [2] Kaco new energy. (2013). Blueplanet Operating and Installation Instructions 1502xi - 5002xi. Septiembre 15, 2016, de Kaco new energy Sitio web: http://kaco-newenergy.com/fileadmin/data/downloads/products/USA/Residential_Products/02xi/MNL_OP_bp02xi_en_01.pdf
- [3] Advanced Digital Cable Inc. (2015). PV photovoltaic cable. Septiembre 15, 2016, de ADC Sitio web: http://www.adcable.com/images/renewable_catalog/ADC_600V_PV.pdf
- [4] Fluke. (2004). Fluke 433/434 Three phase power quality analyzer. Septiembre 15, 2016, de Fluke corporation Sitio web: http://assets.fluke.com/manuals/434____um_eng0000.pdf

[5] Duffie J.A. y Beckman W.A.. (2013). Solar engineering of thermal processes. Hoboken, New Jersey: Wiley.

[6] Kalogirou S. (2009). Solar energy engineering: processes and systems. USA: Academic Press Elsevier Science.

[7] Fluke Corporation. (2007). Power Log PC Application Software. Septiembre 15, 2016, de Fluke corporation Sitio web: <http://assets.fluke.com/manuals/PowerLogumeng0100.pdf>

Implementación de azoteas verdes y equipo sustentable sobre los edificios existentes de la UAEMex

ESCAMILLA-HERNÁNDEZ, Luis*†, RAMÍREZ-DE ALBA, Horacio, TORRES-SÁNCHEZ, Merced y ESCAMILLA-OLGUÍN, Rebeca.

Universidad Autónoma del Estado de México, Universitaria, 50130 Toluca de Lerdo, México

Recibido Julio 4, 2016; Aceptado Septiembre 16, 2016

Resumen

En este artículo se presenta la propuesta de implementar las cubiertas de los edificios como azotea verde, con el propósito de recuperar la zona esmeralda que a través del tiempo se ha perdido. Se pretende utilizar un sistema vegetativo perene en el que el mantenimiento sea mínimo. El estudio se enfoca a la parte estructural mediante un modelo analítico, donde se introduce las características típicas del conjunto de inmuebles, se consideran las cargas vivas reglamentarias, las cargas muertas estimadas y una sobrecarga debida al material vegetativo propuesto. De esta forma se estudia el inmueble ante las diferentes condiciones de carga, verticales y laterales y se comparan los resultados contra la resistencia nominal de la edificación. Por último se dan recomendaciones que permiten emplear azoteas verdes en los campus universitarios sin poner en riesgo la estabilidad de las edificaciones, así mismo se dan recomendaciones sobre los paquetes vegetativos adecuados a la zona geográfica.

Azoteas verdes, comportamiento estructural, edificios sustentables, rehabilitación escolar

Abstract

This article presents a proposal to implement roof tops as roof gardens in order to attempt to recover some of the Green areas lost through time. It intends to use a vegetative ever-green system which will require minimum maintenance. This study focuses on the structural components via an analytical model which introduces typical characteristics of a real estate complex; it considers regulatory live load, dead load and an overload emerging from the plant material proposed. This way, the building is studied under different load conditions, both vertical and lateral and the results are then compared against nominal building resistance. Finally, recommendations are made; these will allow using those rooftops without endangering the stability of the buildings and there will also be recommendations on plan packages which are suitable according to the geographical area.

Green roofs, structural performance, sustainable buildings, school rehabilitation

Citación: ESCAMILLA ESCAMILLA-HERNÁNDEZ, Luis, RAMÍREZ-DE ALBA, Horacio, TORRES-SÁNCHEZ, Merced y ESCAMILLA-OLGUÍN, Rebeca. Implementación de azoteas verdes y equipo sustentable sobre los edificios existentes de la UAEMex. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-5: 42-47

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: laescamillah@uaemex.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las azoteas verdes no es una novedad, han existido desde tiempos inmemoriales, basta recordar los “jardines colgantes de Babilonia”, entre muchas otras referencias históricas de vegetación en las partes altas de una edificación.

En la actualidad la necesidad imperante de generar más espacios donde realizar las actividades, ha llevado a edificar en todo espacio disponible, ya sea reglamentariamente o clandestinamente, en general se utilizan espacios que en un principio estaban destinados a emplearse como área verde, recordar que reglamentariamente en un pasado se destina entre 40 y 20% para este fin.

Desafortunadamente, esta área se ha perdido, desde el empleo del espacio para otras funciones, como plazas, pasillos, y patios hasta la creación de nuevas edificaciones.

Una de las formas de recuperar el área verde perdida es la implementación de las azoteas verdes. Que bajo condiciones adecuadas han resultado de gran utilidad con ese fin, sin embargo el acondicionamiento de la azotea no es directo, ya que implica proponer una condición diferente al inmueble que lo va a recibir.

Se numera a continuación algunos de los beneficios de implementar azoteas verdes en un recinto escolar.

Contribuye a regular la temperatura interna de la edificación

Genera un área verde que contribuye con la generación de oxígeno al ambiente.

Disminuye la distribución de partículas suspendidas en el aire.

Al generar microclimas, promueve la generación de pequeños ecosistemas. Que contribuyen en la conservación de ecosistemas locales.

Genera un espacio agradable y cumple con las funciones sociales de un jardín, cuando se establece con ese fin.

Contribuye en la regulación del ciclo hidrológico

Sin embargo, la implementación también tiene factores contrarios, algunos se mencionan en seguida:

Se genera fauna desagradable al interior del inmueble

Si no se trabaja adecuadamente genera humedad en el inmueble

Requiere de mantenimiento constante, lo que implica destinar recursos para tal fin

Un aspecto muy importante pero que quizá no se aprecie a simple vista se refiere al incremento del peso en la losa receptora, y ese es precisamente el contenido de este artículo

Ya que en la actualidad los inmuebles tienen mayor duración que los programas financieros y funcionales de la gran mayoría de las empresas, el cambio de uso en una edificación es una práctica sustentable, por que convierte grandes recursos materiales (edificaciones) que comienzan a ser ineficientes, en un destino productivo.

El reciclaje de edificios se ha convertido en una tendencia en centros históricos de ciudades, aprovechando además de la construcción en si, toda la infraestructura existente alrededor; calles, servicios, fama histórica y muchos otros factores.

La arquitectura reconstruccionista ha ideado nuevas tendencias de uso y entre sus propuestas son los “Sunroof” y las azoteas verdes.

Bajo este principio es que se propone un proyecto piloto para convertir en azoteas verdes las cubiertas de ciertos módulos educativos de la UAEMex. Comenzaremos por los edificios modulares tipo CAPFCE (Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas) bajo un criterio estrictamente estructural, para posteriormente proponer esta solución en edificaciones de diseño particular.

La Universidad Autónoma del Estado de México cuenta con una gran variedad de edificios escolares distribuidos en todo el estado. En particular la zona metropolitana de la ciudad de Toluca cuenta con cinco campus pertenecientes a la Escuela Preparatoria (bachillerato). El primer campus está constituido en su mayoría con inmuebles que datan de la década de los sesentas, mientras que los otros cuatro fueron construidos a finales de los setentas bajo el criterio constructivo CAPFCE, estos constan de módulos de cuatro salones por nivel y escaleras al centro; este criterio se repitió en diferentes formas para albergar las múltiples necesidades de los distintos centros escolares. Debido al incremento natural de la matrícula de estudiantes, cada campus ha decidido ampliar sus instalaciones utilizando el terreno del que dispone disminuyendo así el área verde hasta en 50% del área original destinada para tal fin. En las figuras siguientes (figura 1 a figura 5) se presenta la planta general de los inmuebles correspondientes a los cinco planteles en estudio, se puede observar claramente que el área ajardinada ha disminuido considerablemente, ya sea por construcciones, por canchas o por plazoletas cubiertas de concreto.

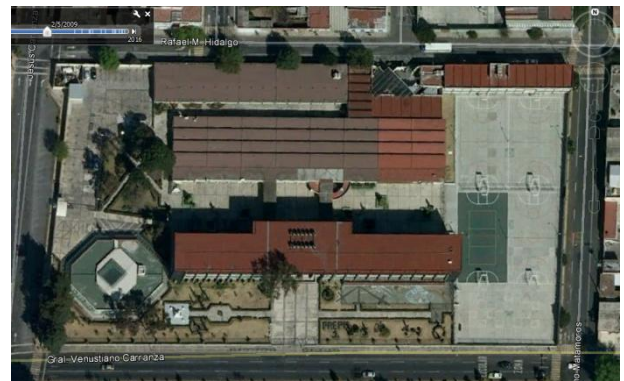


Figura 1 Planta general de plantel Adolfo López Mateos

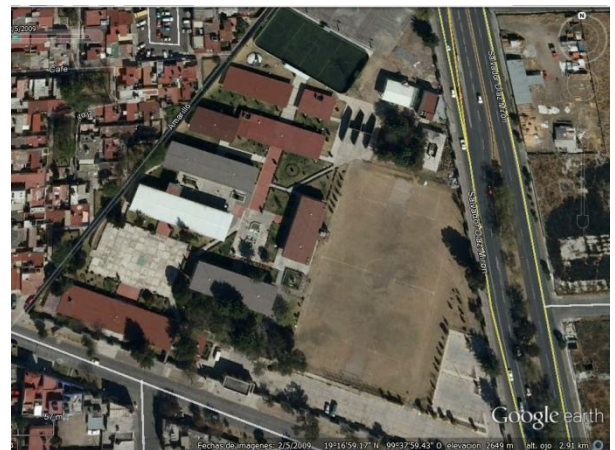


Figura 2 Planta general de plantel Netzahualcōyotl

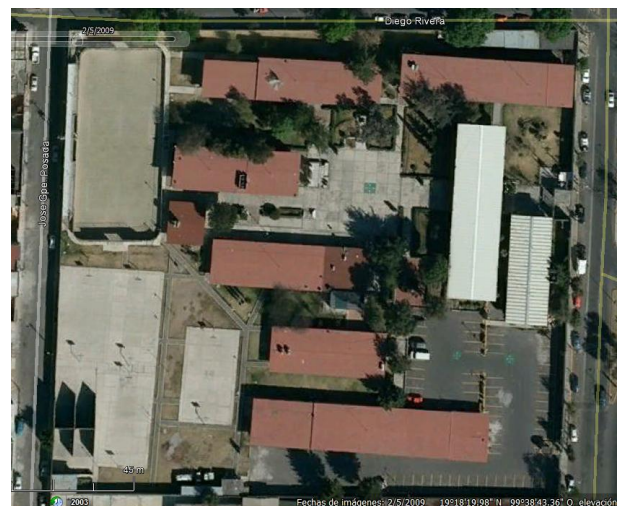


Figura 3 Panta general de plantel Cuauhtémoc



Figura 4 Planta general del plantel Isidro Fabela

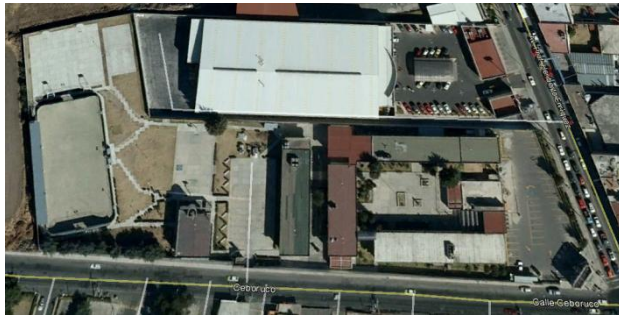


Figura 5 Planta general del plantel Ángel María Garibay

Se realizó un estudio de las áreas generales de los planteles en relación al área de jardín existente y el posible incremento del mismo con la implementación de áreas verdes, se observa que el área verde actual es menor a lo recomendado por las normas (30% mínimo). Continuando con el análisis de áreas, se propone implementar el jardín superior en ciertos edificios, los cuales son adecuados para dicho fin, logrando un incremento al área verde de hasta el 160% del área existente, con lo que se logra cubrir hasta el 25% del área general de la propiedad cumpliendo así el propósito de satisfacer las necesidades reglamentarias. En la Tabla 1, se observa el análisis de áreas efectuado.

Edificio	Plantel Adolfo López Mateos	Plantel Netzahualcōyotl	Plantel Cuauhtémoc	Plantel Isidro Fabela	Plantel Ángel Ma Garibay	Total
Área total del terreno (m ²)	16625	30330	18590	22500	14900	102945
Área verde actual (m ²)	1737	2458	1488	6850	3900	16433
Porcen de área verde respecto al área total (%)	10.4	8.1	8.0	30.4	26.1	15.9
Área de Azotea verde propuesta (m ²)	768	1547	2444	2795	1132	8686
Incremento de área verde respecto a lo existente (%)	44.2	62.9	164	40.8	29.0	52.8
Porcen. Área verde total (%)	15.0	59.3	21.1	42.0	33.7	24.4

Tabla 1 Distribución de áreas y porcentajes de construcción respecto al área verde

Metodología

Se realizaron varios recorridos por cada una de las instituciones mencionadas, se identificaron los módulos que guardan la configuración original y que tienen la posibilidad de albergar la solución propuesta.

Una vez identificados, se realizó el levantamiento a detalle de cada uno de los edificios; se identificó el material principal de la construcción, se obtuvieron las dimensiones de cada uno de los elementos estructurales existentes y a través de planos proporcionados por parte de algunas de las instituciones visitadas, se verificaron datos de los armados de cimentación, columnas, travesaños y losas.

El trabajo se complementó con una inspección visual para verificar que no existe evidencia de un mal comportamiento estructural o que exista presencia de daños, que afortunadamente para este caso no se encontró dicho supuesto.

El paso siguiente fue diseñar un prototipo que represente las condiciones de los inmuebles involucrados, considerando dimensiones promedio en planta y elevación así como las secciones que representen una respuesta más desfavorable para el caso de estudio.

Este modelo se revisa bajo condiciones de carga vertical y condiciones sísmicas. Para el análisis de cargas se utilizan las cargas reales encontradas en campo, las cargas vivas que se proponen son de 140Kg/m², para la combinación de cargas verticales y 100Kg/m² cabe aclarar que no responde a ninguna de las propuestas por el RCDF, sin embargo están intermedias entre una azotea plana y un entrepiso habitacional, ya que el uso es como un centro de dispersión que no ocupa toda el área de la cubierta debido a que el área mayor es ocupada por el sustrato del propio jardín.

En cuanto al sustrato vegetativo, en una investigación anterior (Torres, 2015) se observó que la losa maciza en las condiciones de servicio no es capaz de soportar adecuadamente el mismo, por lo que se sugiere una pequeña sobre estructura metálica para albergarlo, de esta manera en el análisis sísmico realizado, se observa una carga adicional a nivel de cubierta debida al sustrato de intensidad media con 250Kg/m².

Con estos datos se procedió al análisis sísmico del modelo propuesto, en comparativa con el modelo que representa a la estructura en estado original, es importante aclarar que se ha realizado un modelo para estructuras de acero y otro de características similares para la estructura de concreto.

Los resultados encontrados son favorables, ya que el edificio estudiado bajo las condiciones de sobrecarga, no sobrepasa condiciones de seguridad y servicio, los desplazamientos encontrados en la edificación sobrecargada, son relativamente similares a los actuales, 1.11cm y 1.34cm respectivamente, por lo que se puede decir categóricamente que la implementación de las azoteas verdes es factible.

En cuanto a la vegetación recomendada para la región de Toluca, es una que utilice un estrato con espesor no mayor a 30cm y vegetación del tipo endémico, en la tabla 2. Se presentan algunos tipos de vegetación recomendada, ya que este tipo de vegetación es endémica de la región, soporta adecuadamente los rayos del sol y presenta bajo mantenimiento.

Césped y pastos silvestres	Plantas Herbáceas
Plantas C-4	Perennifolias
Plantas CAM	Plantas
“Crasulacean Acid Metabolism”	Subarbuscivas
Plantas Cespitosas	Plantas Suculentas
	Plantas Vivaces

Tabla 2 Plantas apropiadas para la región de Toluca del tipo semi-intensivo.

Conclusiones

La propuesta de colocar azoteas verdes en los edificios tipo CAPFSE de los planteles de la escuela preparatoria de la UAEMex, es factible.

Se requiere colocar una sobreestructura en la cubierta para soportar adecuadamente el sustrato vegetativo, ante cargas verticales.

Colocar el sustrato vegetativo siguiendo las recomendaciones generales de los productores y fabricantes.

Los edificios modelados, son capaces de resistir un evento sísmico de diseño, debido al incremento de la carga vertical en la losa de cubierta.

La instalación de las azoteas verdes en los edificios propuestos, incrementan en un 50% el área verde general existente en los muebles de la escuela preparatoria (Bachillerato) de la UAEMex.

Con esta propuesta se alcanzaría cubrir hasta el 245% del área total de los inmuebles, muy cerca a lo requerido por reglamento.

Se recomienda realizar estudios particulares para cada edificio del conjunto para garantizar la seguridad de los usuarios.

Se recomienda ampliar la investigación para otros inmuebles universitarios.

Referencias

Arnal Simón, L. & Betancourt Suárez, M., 2004. "Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal". 5a ed. México: Trillas.

Azoteas Verdes, 2014. Precios de nuestras azoteas verdes. México: s.n.

González Espinoza, Stephanye. (2015) "Metodo constructivo y propuesta estructural de losa para la implementación de azotea verde en edificios de escuelas públicas tipo EU-2C y ER, ubicadas en el Estado de México". Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ingeniería. Tesis. Director: M en I. Merced Torres Sánchez

López Aranza, Nora Edith. "Rehabilitación sustentable de edificaciones existentes, caso: el centro de la ciudad de Toluca". (2014) Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de ingeniería. Tesis Director Dr. Luis Alejandro Escamilla Hernández.

H. Ayuntamiento de Toluca, "Gaceta Oficial Del Municipio De Toluca" Enero 2016.

Inclusión de la mujer en el Ámbito Universitario con enfoque emprendedor

MATADAMAS-CRUZ, Irlanda*† y ZÁRATE-VELASCO, Diego.

Recibido Julio 14, 2016; Aceptado Septiembre 6, 2016

Resumen

Dentro del ámbito empresarial en los últimos tiempos, ha tenido gran presencia el rol que juega la mujer como protagonista en los negocios, para ello se tiene una formación universitaria, la cual se puede decir, es necesaria para poder generar un cambio cultural, y social para llegar al éxito empresarial. En la actualidad en México de cada cinco pequeñas y medianas empresas que se abren tres están lideradas por mujeres. (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2013). La inclusión de la mujer desde su etapa universitaria para lograr un enfoque emprendedor y ocupar un lugar en los negocios es un tema muy polémico por el doble papel que a través de la historia la ha posicionado como administradora del hogar, pero no de una empresa. La formación universitaria de la mujer es un reto al momento de poder desarrollar en ellas el enfoque emprendedor cuando culturalmente no es su papel, por lo tanto cambiar el chip que forma parte del entorno en el cual se desenvuelven es complejo y lograr un empoderamiento en ellas, una verdadera odisea.

Inclusión, mujer, formación universitaria, emprender

Abstract

Within the business sector in recent times has had great presence the role played by women as actors in business, this will have a university education, which can be said is necessary to generate a cultural, social change to reach the business success, currently in Mexico in five small and medium enterprises that open three are led by women. (Secretariat of Finance and Public Credit, 2013) The inclusion of women from his university to achieve undertake and take their place in business approach is a very controversial issue for the dual role that throughout history is cataloged as household manager, but not a company. University education of women is a challenge at the time to develop in them the entrepreneurial approach because culturally it is not their role, thus changing the chip that is part of the environment in which they operate is a challenge and more achieve empowerment in them, is a challenge.

Inclusion, woman, university education, undertake

Citación: MATADAMAS-CRUZ, Irlanda y ZÁRATE-VELASCO, Diego. Inclusión de la mujer en el Ámbito Universitario con enfoque emprendedor. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-5: 48-52

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: erin_869@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Por el rol que juega la mujer en nuestra de sociedad y cultura tan especiales, es importante mencionar la importancia del momento en que una mujer decide ser una profesionista y sobre todo emprendedora.

Reconocimiento al esfuerzo de la mujer para romper paradigmas existentes sobre presencia en la sociedad, por ello se describirá posteriormente, como a pasos agigantados la mujer es una administradora del hogar, universitaria, empresaria, ejecutiva, política, etc.

Su forma tan natural de planear, organizar, dirigir y controlar ha llevado a la mujer a ocupar no solo a puestos importantes sino también de presencia, pero aún así no se ha logrado el reconocimiento en la sociedad.

La mujer como administradora del hogar

Desde esta etapa la mujer ya juega un papel importante al planear, organizar, dirigir y controlar los bienes y recursos con los que cuenta el hogar.

Es más, se considera un trabajo de tiempo completo, de los mas mal pagados, esta la ocupación de la mujer: ama de casa.

Sumado a esto, el trabajo de la mujer fuera del hogar con el paso del tiempo ha tomado mayor fuerza y ha proyectado a la familia como una institución que sufre cambios sucesivos, gracias, dentro de otras cosas, a un mundo globalizado que da como resultado grandes modificaciones en el estilo de vida y que, por fuerzas contrarias y casi por obligación encuentra una resistencia a esta evolución y a la adaptación.

Cuando ya se ha tomado la decisión de que la mujer trabaje en el hogar, lamentablemente este no esta reconocido en su justa dimensión ni en su justo valor.

Muchas mujeres mexicanas se enfrentan a importantes obstáculos que les impiden participar plenamente en el mercado laboral. Estos incluyen: la carga del trabajo no remunerado (las mexicanas dedican 4 horas diarias más al trabajo no remunerado que los hombres); los tradicionales roles de género; y la carencia de políticas de conciliación entre trabajo y vida familiar, especialmente la insuficiente oferta de servicios de cuidado infantil y de prácticas laborales flexibles. (OCDE,2011)

La mujer en el ámbito universitario

Mucho se puede decir en relación a las complicaciones que al día de hoy tienen la mayoría de las mujeres al acceder un nivel superior de educación, mismas que las llevan en algunos casos extremos, a disfrazarse de hombre y/o modificar su hábitos para ser aceptadas por la comunidad universitaria

Una vez sorteando las múltiples dificultades para poder continuar con sus estudios universitarios, la mayoría de las mujeres se topan con paradigmas de genero que les impiden poder realizar una selección de carrera de acuerdo a sus gustos y preferencias obligándolas a elegir aquello que esta bien visto por la sociedad que estudie una mujer, dudando de sus capacidades y aptitudes para desarrollar actividades específicas.

Sin embargo, por su gran fortaleza y deseo, las mujeres tienen mayores tasas de graduación de educación superior (universitaria) que los hombres (21% comparado con 18%). (OCDE,2011)

La mujer con enfoque emprendedor

En las distintas actividades económicas, por naturaleza a la mujer se le ha relegado el papel de administradora del hogar, y por consiguiente ha desarrollado de manera innata la capacidad de dirigir y emprender cualquier proyecto, ya sea familiar, social o empresarial.

Para el año 2013 según el INEGI, las mujeres participaron con el 48.5% del total del personal ocupado en los servicios privados no financieros, tales como restaurantes, hoteles, contabilidad y auditoría, escuelas del sector privado, servicios legales y médicos, entre otros.

En el mismo año la participación de las mujeres destacó en los servicios educativos, con un 63.3%, seguido por los servicios de salud y asistencia social, con un 63.0%, y en tercer lugar en los servicios de alojamiento temporal y preparación de alimentos y bebidas con el 50.9 %.

Estos datos son significativos para la ilustrar la participación e importancia de la mujer con su particular enfoque de liderazgo empresarial en el ámbito laboral, ya no solo participando en las labores del hogar, sino participando activamente en la toma de decisiones y dirección de una organización.

Aún así, muchas mujeres mexicanas se enfrentan a importantes obstáculos que les impiden participar plenamente en el mercado laboral. Estos incluyen: la carga del trabajo no remunerado; los tradicionales roles de género; y la carencia de políticas de conciliación entre trabajo y vida familiar, especialmente la insuficiente oferta de servicios de cuidado infantil y de prácticas laborales flexibles. (OCDE, 2011)

Metodología a desarrollar

La mujer emprendedora a la hora de liderar proyectos puede poner en práctica algunas de las siguientes características que las identifican como mujer, se le reconoce una capacidad intuitiva más aguda, empatía, creatividad, compromiso, dedicación, constancia, capacidad para resolver problemas, una mejor capacidad comunicativa, visión de conjunto, organización y capacidad de decisión.

La siguiente figura muestra los niveles de empoderamiento para la inclusión de la mujer con enfoque emprendedor. Y se describirán detalladamente.



Figura 1 Sistema de empoderamiento para la inclusión de la mujer con enfoque emprendedor. Fuente: Elaboración propia

Como primer nivel esta el liderazgo que se genera desde el hogar, ya que pertenece a núcleo familiar en el cual tienen la iniciativa por naturaleza de planear, organizar, dirigir y controlar los bienes o recursos con que cuenta la familia.

El segundo nivel está determinado por la búsqueda de preparación profesional, en este caso si se habla de una preparación-capacitación universitaria para adquirir diversas competencias en la formación que se seleccione.

O bien si no hablamos de alguien que elija una profesión tal vez, se podría decir de la mujer que decide por iniciativa y para mejorar su calidad de vida, emprender en alguna área que por experiencia posea las habilidades para iniciar una idea de negocio, el fin es que estará en constante búsqueda por mejorar o exponer sus habilidades.

Y finalmente el tercer nivel es el referente para el enfoque emprendedor, sugerido desde la idea de negocio o al momento de formalizar un negocio, hasta el grado de emplearse para formar parte de un empresa y ahí desempeñar diversas actividades, en si en todos los ámbitos estar y tener presencia.

Resultados

La inclusión de la mujer en el ámbito universitario con enfoque emprendedor, puede decirse que es el resultado del empoderamiento que hoy en día la mujer ha tenido. Algunos ejemplo de ello se mencionan a continuación:

La empresa “Lachixa” se fundó en abril del 2010 a nombre de Isidra Molina Sánchez con la intención de comercializar productos a base de maíz criollo cultivado en la región de la Sierra Sur del estado de Oaxaca.

Esta joven termino sus estudios como ingeniera en desarrollo e innovación empresarial, originaria de una comunidad llamada San Vicente Lachixio, Sola de Vega, perteneciente a la Sierra Sur del estado de Oaxaca.

Según SEDESOL (2010) San Vicente Lachixio tiene un grado de marginación muy alto y un grado de rezago social municipal.

Agradecimiento

Lachixa, Isidra Molina Sánchez por compartir su experiencia de vida.

Conclusiones

Para enfatizar que uno de los impactos del emprendimiento está en la inclusión de la mujer en el ámbito Universitario con enfoque emprendedor, haciendo hincapié en el entorno en el que se desarrollan este tipo de proyectos.

Por lo tanto se puede ver de sobremanera el impacto que tiene hoy en día la presencia de la mujer en tres escenarios: administradora del hogar, universitaria y emprendedora.

La gran importancia que tiene en el desarrollo de las familias y las comunidades, como la formación en emprendimiento desde la educación universitaria y la formación profesional para finalizar con el enfoque emprendedor.

Siendo el fomento del emprendimiento en el ámbito educativo únicamente preferencia de unos cuantos, es importante replicar casos de éxito que sirven de ejemplo para empoderar a la mujer y esta ser reconocida por una trayectoria, gracias a los roles que esta juega en la sociedad al igual que un hombre.

No ver de manera separada o desigual el gran equipo que se formaría y complementaría juntando las competencias de un hombre y una mujer, reconociendo el papel que juegan ambos además de enfatizar los resultados que se podrían obtener. No hay entes separados, hay engranaje de dos mentes singulares y complejas que como resultado puede ser algo extraordinario.

Referencias

Gender Publication - Closing the Gender Gap: Act Now, OCDE, consultado en <http://www.oecd.org/gender/closingthegap.htm> [1] [SEP]

OCDE, Employment database 2012, consultado en <http://www.oecd.org/gender/data/labourforceparticipationbysex15and15-24yearsold.htm>
 OCDE, Gender Dynamics: How Can Countries Close the Economic Gender Gap?, consultado en <http://www.oecd.org/about/secretary-general/genderdynamicshowcancountriescloseeconomicgendergap.htm>

INEGI, ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA INTERNACIONAL [1] [SEP] DE LA MUJER consultado en <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadisticas/2013/mujer0.pdf>

INEGI, Indicadores estratégicos <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabtema.aspx?s=est&c=28822>

GEM Global Entrepreneurship Monitor 2012 consultado en <http://www.gemconsortium.org/docs/download/2645>

SEDESOL. Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias (PDZP). 2010

Predicción de potencia generada mediante sistemas fotovoltaicos: una aproximación desde la minería de datos

CASTILLO, Víctor*†, VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio, SORIANO-EQUIGUA, Leonel y CONTRERAS-AGUILAR, Luis.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad de Colima, Coquimatlán, Coquimatlán, Colima, México, C.P. 28400, Tel. 01 (312)316 11 65, Ext. 51451

Recibido Julio 15, 2016; Aceptado Septiembre 2, 2016

Resumen

Conforme crece la población mundial y se hace más accesible la adquisición de equipo eléctrico y electrónico, la demanda de la energía que haga funcional a ese equipo también aumenta. Ante esa problemática se han propuesto diversas tecnologías, siendo la fotovoltaica una de las más ampliamente adoptadas en los hogares. Aunque los sistemas fotovoltaicos se sustentan en una tecnología madura, la predicción exacta del nivel de producción es importante porque ayuda a estimar de forma precisa el tiempo en que ocurre el retorno de inversión de la misma. Aunque los métodos numéricos tradicionales ofrecen alternativas para predicción, el aumento de los volúmenes de datos sugiere que se empleen métodos alternos. La minería de datos ofrece una posible solución. Este artículo propone el uso de esta técnica para predecir la producción de energía en sistemas fotovoltaicos. Los resultados de esta evaluación sugieren niveles de exactitud aceptables, con la ventaja de poder usarse para hacer predicciones con datos provenientes de almacenes masivos. Lo anterior eventualmente beneficiará tanto a proveedores, como a consumidores, de los sistemas fotovoltaicos.

Predicción de potencia, árboles de regresión, minería de datos, sistemas fotovoltaicos

Abstract

Due to growing world population and cost reduction of electrical and electronic equipment, demand for energy that makes functional such equipment also increases. Faced with this problem it has been proposed several technologies, which photovoltaics is one of the most widely adopted in homes. Notwithstanding photovoltaic systems are based on a mature technology, the accurate prediction of the level of production is important because it helps to accurately estimate the time for return on investment. While traditional methods offer several choices for numerical prediction, increasing volumes of data requires alternative methods for predicting. Data mining offers a possible solution. This article proposes the use of this technique to predict the energy production in photovoltaic systems. The results of our evaluation suggest acceptable levels of accuracy, with the advantage of being used to make predictions with data from massive datasets. This will eventually benefit both suppliers and consumers of photovoltaic systems.

Power prediction, regression trees, data mining, photovoltaic systems

Citación: CASTILLO, Víctor, VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio, SORIANO-EQUIGUA, Leonel y CONTRERAS-AGUILAR, Luis. Predicción de potencia generada mediante sistemas fotovoltaicos: una aproximación desde la minería de datos. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-5: 53-60

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: victorc@uocol.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Conforme crece la población mundial y se hace más accesible la adquisición de equipo eléctrico y electrónico, la demanda de la energía que haga funcional a ese equipo también aumenta. La OECD reporta que en los países miembros de esa organización, en 2014 se produjeron 10,361,778 GWh (OECD, 2016). Asimismo, en México, la Secretaría de Energía informa que en 2015 se produjeron 248,738.68 GWh (SENER, 2015).

La alta producción de energía, descrita previamente, también refleja la alta demanda de este insumo, así como la trascendencia de su proceso de producción y su impacto en el medio ambiente. Ante la misma, se han hecho esfuerzos para desarrollar fuentes alternativas de energía. Por ejemplo, en México se están realizando estrategias para mitigación de cambio climático. Entre otras alternativas, se proyecta que al 2030 la generación de electricidad solar fotovoltaica evitará la emisión de 0.21 MtCO₂ (CMM, 2009). Además de lo anterior, la energía fotovoltaica es importante en México porque este país se encuentra en lo que se conoce como el cinturón solar, en el cual se presenta una radiación solar mayor a 5KWh/m² al día (Lozano Cardona, 2013). Debido a las políticas públicas que promueven la producción de energías renovables en México, se estima que para 2040, aún con un incremento aproximado de 25% en la demanda de energía, en ese país disminuirán las tasas de emisión de PM_{2.5}, NO_x y SO₂, a valores cercanos a 80%, 70% y 50%, respectivamente (IEA, 2016).

Ante el escenario anterior se han realizado esfuerzos por administrar la producción y distribución de energía. Por ejemplo, considerando que la generación distribuida de energía por fuentes renovables no es constante, Barukčić *et al.* (2014) utilizan una estrategia de optimización multiobjetivo a fin disminuir pérdidas económicas.

Algunos autores proponen el uso de algoritmos genéticos para monitorear los disturbios transitorios en redes de transmisión, lo cual ayude a las compañías que generan energía, a proveer un servicio de calidad (Almeida & Kagan, 2011). Considerando que los algoritmos clásicos, que convergen en tiempo polinomial, tiempos de convergencia elevados cuando procesan grandes volúmenes de datos, en la actualidad existe investigación enfocada a la aplicación de algoritmos de minería de datos para estudiar fenómenos de producción de energía. A través de un enfoque de minería de datos se puede hacer un análisis en volúmenes de datos masivos y heterogéneos, asegurando tiempos de convergencia pertinentes. En ese sentido, Ferreira *et al.* (2011) proponen la utilización de algoritmos de agrupamiento para ayudar a los operadores del sector de producción de energía a planear la inversión y expansión de redes de generación futuras. Asimismo, Kusiak y Li (2010) recomiendan el uso de varios algoritmos de minería de datos para desarrollar modelos virtuales de turbinas de viento. No obstante, la propuesta del uso de enfoques de minería de datos para estudiar fenómenos de producción de energía eléctrica, no encontramos planteamientos sobre el uso de este enfoque para predecir producción de energía. La aplicación de la minería de datos para apoyar la predicción de ese proceso de producción es muy importante, ya que ayudaría a sustentar políticas públicas para la producción de energía basada en tecnologías verdes y, por otra parte, sería una herramienta importante para calcular en forma precisa retorno de inversión, que podría incentivar el uso de esas tecnologías en los hogares, aspecto que eventualmente tendría un impacto social relevante.

Aunque en la literatura se referencia trabajo que proyecta producción en plantas de energía renovable, esta utiliza lógica difusa (Rosato, Altilio, Araneo, & Panella, 2016), técnica que no corresponde al enfoque de minería de datos.

Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo es apoyar la predicción de potencia generada mediante sistemas fotovoltaicos.

Este artículo está organizado como sigue. En la segunda sección describimos los métodos y herramientas analíticas que se utilizan para predicción numérica y se define la que se eligió para apoyar ese proceso. Posteriormente, en la tercera sección se detalla la metodología de investigación seguida en este trabajo. Entonces, en la cuarta sección se presenta los resultados obtenidos y se discute las implicaciones de los mismos. Finalmente, se puntualiza la conclusión del presente trabajo.

Predicción numérica

Como refieren Witten y Frank (2005), las aplicaciones de minería de datos se sustentan principalmente en cuatro estilos de aprendizaje, mismos que se aplican a los casos o ejemplos que integran un conjunto de datos. En el aprendizaje por *clasificación* se tiene un esquema de aprendizaje basado en un conjunto de ejemplos desde los cuales se aprende la forma de clasificar ejemplos no vistos. Por otra parte, en el aprendizaje por *asociación* se encuentran relaciones entre las características de los ejemplos de asociación, no sólo en aquellas que predigan el valor particular de una clase. En el aprendizaje por *agrupamiento*, se encuentran y conforman grupos de ejemplos. Finalmente, en la *predicción numérica* el resultado a predecir no es discreto, sino más bien una cantidad numérica.

Debido a que los ejemplos –es decir, datos que representan un valor de potencia, i.e. 5 Wh- de producción de energía son cantidades numéricas, nuestro interés se centra en predicción numérica.

Witten y Frank (2005) puntualizan que en minería de datos la predicción numérica se basa en estructuras de árbol. En una estructura de este tipo, una hoja podría representar dos cosas: 1) el valor de una clase que representa el valor promedio de las instancias que alcanzan esa hoja; o bien 2) un modelo de regresión lineal que predice el valor de la clase de instancias que alcanzan una determina hoja. En el primer caso el modelo se llama árbol de regresión y, en el último caso, árbol de modelo. Ambos tipos de árboles se construyen usando primero un algoritmo de inducción de árbol de decisión que ayuda a construir un árbol inicial. La única diferencia entre un árbol de regresión y uno de modelo es que en el de modelo cada nodo se reemplaza por un plano de regresión en un lugar de un valor constante.

De las técnicas de predicción numérica descritas previamente, los árboles de regresión son adecuados para predecir cantidades numéricas, como lo es la potencia eléctrica, razón por la cual, se describe a continuación.

Árboles de regresión

Loh (2011) establece que en un problema de clasificación se tiene una muestra de n observaciones en una variable de la clase Y que toma valores $1, 2, \dots, k$, y un número p de variables predictoras, X_1, X_2, \dots, X_p . La meta es encontrar un modelo para predecir valores de Y a partir de nuevos valores de X . Teóricamente, la solución consiste en particionar el espacio de X en k conjuntos disjuntos, A_1, A_2, \dots, A_k , tal que el valor predicho de Y es j si X pertenece a A_j , para $j = 1, 2, \dots, k$.

Si las X variables toman valores ordenados, Loh puntualiza que dos soluciones a ese problema podrían ser el análisis discriminante y la clasificación por el método del vecino más cercano. Asimismo, el autor explica que estos métodos generan conjuntos A_j con secciones lineales y no lineales, respectivamente, de fronteras que no son fáciles de interpretar si p es muy grande. Ante este problema, el método de árbol de clasificación proporciona conjuntos rectangulares A_j mediante la partición recursiva de una variable X a la vez en el conjunto de datos. De esta forma, los conjuntos de clasificación generados son más fáciles de interpretar. Sin embargo, un árbol de clasificación predice clases de objetos, no valores numéricos.

Por otra parte, un árbol de regresión ayuda a predecir cantidades numéricas. Éste es similar a un árbol de clasificación, excepto que la variable Y toma valores ordenados y en cada nodo se ajusta un modelo de regresión para generar los valores predichos de Y (Loh, 2011). Por lo anteriormente descrito, en el presente trabajo se utilizan árboles de regresión para predecir potencia generada en sistemas fotovoltaicos.

Metodología

Conjunto de datos

Los datos utilizados para la predicción numérica fueron captados en el periodo del 18 de mayo de 2014 al 18 de abril de 2016. El sistema fotovoltaico se interconectó a la red eléctrica de baja tensión. La tensión de operación del mismo fue de 220 Volts, a 2F-4H. Asimismo, la capacidad del sistema es de 1 kWp (un kiloWatt Punta). Los módulos fotovoltaicos son marca Solartec de 250 Watts, 60 celdas. Además, los microinversores son marca Enphase modelo M-215.

Del mismo modo, el sistema de monitoreo operó las 24 horas del día y registró parámetros eléctricos cada 5 minutos en las siguientes variables: potencia (W), energía (kWh), temperatura, frecuencia, corriente alterna, corriente directa, voltaje de CD y CA. El sistema se instaló en una casa con tarifa 1B residencial en la ciudad de Colima, México.

El conjunto de datos considerado para construir el árbol de regresión se constituye de tres columnas: *Energy*, *Month*, y *Day*. En la primera se almacena el total de energía generada en un día, la unidad es Wh. Por lo tanto, de acuerdo al periodo en que se hizo la lectura de datos en el sistema fotovoltaico, el conjunto de datos se compone de 702 filas o casos, las cuales representan el número de días de los que se tiene registro. Por otra parte, la columna *Month* almacena el mes relativo a cada una de las mediciones. Finalmente, la columna *Day* indica el día del mes en que se realizaron las mediciones. Los datos de las tres columnas son numéricos, enteros.

Generación del árbol de regresión

Para la generación del árbol de regresión se utilizó R (R_Foundation, 2016). R es un lenguaje y entorno de desarrollo para computación estadística. A fin de generar el árbol de regresión se usó el comando *tree* que se encuentra en el paquete del mismo nombre.

La figura 1 muestra un resumen de la construcción del árbol de regresión creado con el comando *tree* en R. Como se observa en la misma, se crearon 4 nodos a partir del conjunto de datos de potencia. Asimismo, puede verse que para la creación del árbol se tomaron en cuenta las columnas *Energy* y *Month* del conjunto de datos. De esta forma, el árbol de regresión generado muestra como criterio de ramificación el mes en que se toma la medición y, con base en éste, el modelo predice el monto de potencia generada.

Los resultados de predicción se detallan en la siguiente sección.

```
Regression tree:
tree(formula = Energy ~ Month, data = datos)
Number of terminal nodes: 4
Residual mean deviance: 669400 = 467200000 / 698
Distribution of residuals:
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
-3876.0 -359.5  185.1    0.0  538.1 1402.0
```

Figura 1 Resumen del resultado de la generación del árbol de regresión.

Resultado y discusión

El modelo de árbol de regresión generado a partir de los datos se muestra en la figura 2, en la cual se observan los cuatro nodos terminales generados. Como lo describe el árbol de esa figura, el primer criterio para predecir la energía es determinar si la fecha de producción es antes de la mitad del mes de mayo. De ser así, si la fecha del mes se encuentra antes de mediados de febrero, la producción será de 3986 Wh, en caso contrario será de 4492 Wh. Por otra parte, si la fecha de producción de energía es a partir de la mitad del mes de mayo, se verifica que si la fecha es antes de mediados de agosto, la producción será de 4000 Wh, y en caso contrario, de 3747 Wh.

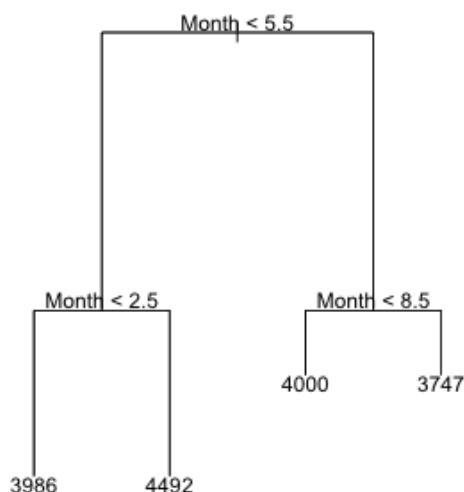


Figura 2 Árbol de regresión para la producción de potencia.

Los datos de la figura 2 pueden resumirse como la descripción de cuatro escenarios, correspondiendo a los cuatro nodos respectivos. Según el árbol de regresión generado, el escenario 1 se presenta si el periodo es desde el mes de enero hasta mediados de febrero, en el cual la producción será de 3986 Wh por día. Asimismo, el escenario 2 se manifiesta en el periodo de mediados de febrero a mediados de mayo, en el que la producción será de 4492 Wh diariamente. De la misma manera, a partir de mediados de mayo hasta mediados de agosto, se presenta el escenario 3, en el que la producción será de 4000 Wh al día. Finalmente, desde mediados de agosto hasta diciembre ocurre el escenario 4, en el que la producción será de 3747 Wh.

Para evaluar el comportamiento del árbol de regresión generado a partir los datos captados, se tomaron aleatoriamente bloques de seis casos ubicados en cada uno de los cuatro escenarios descritos previamente.

La tabla 1 muestra la desviación obtenida en los casos seleccionados para el escenario 1. Como se observa en la misma, existen valores precisos, donde la desviación de la potencia predicha es menor a 1% (ver caso 257 de esa tabla), y otros con márgenes de desviación notorios, como los presentados en los casos 254 y 258. El promedio del valor absoluto de las desviaciones es 22.1% para este escenario.

Caso	Potencia generada (Wh)	Día	Mes	Porcentaje de desviación
254	2579	26	1	-54.6
255	4103	27	1	2.9
256	4074	28	1	2.2
257	3953	29	1	-0.8
258	2733	30	1	-45.8
259	3159	31	1	-26.2

Tabla 1 Porcentajes de desviación para el escenario 1.

Por otra parte, la tabla 2 presenta resultados de desviación para datos incluidos en el escenario 2, descrito anteriormente. Como se observa en la misma tabla, para los casos seleccionados se presenta una desviación baja, con un mínimo de 0.2% y un máximo de 11.9%. En este escenario, el promedio del valor absoluto de las desviaciones es 5.9%.

Caso	Potencia generada (Wh)	Día	Mes	Porcentaje de desviación
290	5096	3	3	11.9
291	4402	4	3	-2.0
292	4279	5	3	-5.0
293	4785	6	3	6.1
294	4471	7	3	-0.5
295	4481	8	3	-0.2

Tabla 2 Porcentajes de desviación para el escenario 2.

Asimismo, se analizó el comportamiento para la predicción de potencia en el escenario 3, el cual se ilustra en la tabla 3. En ésta se observa que para los casos seleccionados, el porcentaje de desviación oscila entre el 1.5% y el 16.6%. En este escenario, el promedio del valor absoluto de las desviaciones es de 12.9%.

Caso	Potencia generada (Wh)	Día	Mes	Porcentaje de desviación
408	4192	29	6	4.6
409	4363	30	6	8.3
410	4797	1	7	16.6
411	4296	2	7	6.9
412	3942	3	7	-1.5
413	3481	4	7	-14.9

Tabla 3 Porcentajes de desviación para el escenario 3.

Finalmente, en la tabla 4 muestra la desviación de potencia predicha en el escenario 4. Como lo ilustra la tabla, para los casos seleccionados en la evaluación de este escenario, el porcentaje de desviación oscila entre el 0.3% y el 34.4%.

Para este escenario el promedio del valor absoluto de las desviaciones en los valores predichos es de 18.4%.

Caso	Potencia generada (Wh)	Día	Mes	Porcentaje de desviación
532	2785	31	10	-34.5
533	5097	1	11	26.5
534	3758	2	11	0.3
535	4184	3	11	10.4
536	4700	4	11	20.3
537	4578	5	11	18.2

Tabla 4 Porcentajes de desviación para el escenario 4.

De acuerdo a los resultados de evaluación descritos, el escenario que tuvo menos variación en la predicción fue el correspondiente al periodo desde mediados de febrero a mediados de mayo (escenario 2). Mientras que en el que se manifestó una variación más acentuada fue el relativo al periodo desde el mes de enero hasta mediados de febrero (escenario 1). Lo anterior podría explicarse debido a que en la región geográfica donde se levantaron los datos de potencia el clima es más estable en el periodo cubierto por el escenario 2. Por otra parte, el clima es menos estable en el periodo del año que circunscribe el escenario 1. La inestabilidad del clima es uno de los factores que hace complicado predecir el estado del tiempo, esa inestabilidad promueve la formación y desplazamiento de bancos de nubes, lo cual tiene un efecto directo en la producción de potencia en los sistemas fotovoltaicos. Otro hecho que podría explicar este comportamiento del modelo de predicción propuesto es la alta radiación solar que se presenta en el periodo circunscrito en el escenario 2, comparado con la mínima radiación que se presenta en el periodo considerado en el escenario 1 (Econotecnia, 2016), la cual influye en la nubosidad.

El presente trabajo tiene algunas limitaciones. Primero, éste no toma en cuenta aspectos secundarios que afectan la producción de potencia mediante sistemas fotovoltaicos, como la nubosidad. Sin embargo, como se describe previamente, la importancia del mismo radica en el modelo de árbol de regresión desarrollado, el cual es una primera aproximación a un modelo predictivo propio de la región donde se produjo la energía. También, es importante explicar que existen algoritmos para sistemas no lineales que podrían considerar más variables a fin de que el modelo predictivo sea más dinámico y que su comportamiento responda a múltiples variables, entre ellos se encuentran las redes neuronales y las máquinas de soporte vectorial (Steeb, 2005). Asimismo, otro aspecto importante que podría mejorar la exactitud del modelo predictivo propuesto es el de considerar la captación de datos en más puntos geográficos y durante un periodo más prolongado, pues en el presente estudio sólo se consideró un punto.

Conclusión

El presente trabajo esboza el diseño de un árbol de regresión como modelo predictivo de la producción de potencia mediante sistemas fotovoltaicos. Los árboles de regresión se generan mediante un algoritmo de aprendizaje de máquina propio de la minería de datos. De acuerdo al análisis del comportamiento del modelo diseñado, existe concordancia entre los valores de potencia predichos y los reales. Aún con estos resultados, el modelo podría mejorar si considerase otras variables que influyen en la producción de energía por medios fotovoltaicos, como lo es la nubosidad. Entre ese tipo de herramientas de cómputo están las técnicas no lineales, como las redes neuronales y las máquinas de soporte vectorial.

Los resultados del presente estudio son un paso adelante en la utilización de métodos de minería de datos que ayuden a predecir potencia en sistemas fotovoltaicos aún cuando éstos residan en almacenes de datos masivos. Lo anterior eventualmente beneficiará tanto a proveedores, como a consumidores de energía producida por medio de los sistemas fotovoltaicos.

Referencias

- Almeida, C., & Kagan, N. (2011). Using Genetic Algorithms and Fuzzy Programming to Monitor Voltage Sags and Swells. *IEEE Intelligent Systems*, 26(2), 46-53. doi:10.1109/MIS.2011.2
- Barukčić, M., Hederić, Ž., & Miklošević, K. (2014). *Multi objective optimization of energy production of distributed generation in distribution feeder*. Paper presented at the IEEE International Energy Conference (ENERGYCON), .
- CMM. (2009). *Centro Mario Molina. Modelos integrales de economía y cambio climático. La ruta de México hacia una economía sustentable de alta eficiencia energética y baja intensidad de carbón (Reporte I/VIII)*. Retrieved from México: http://transparencia.energia.gob.mx/estudios_opiniones.aspx
- Econotecnia. (2016). Datos de irradiación solar en la República Mexicana. Retrieved from <http://econotecnia.com/radiacion-solar.html>
- Ferreira, J., Ramos, S., Vale, Z., & Soares, J. (2011). A Data-Mining-Based Methodology for Transmission Expansion Planning. *IEEE Intelligent Systems*, 26(2), 28-37. doi:10.1109/MIS.2011.4
- IEA. (2016). *International Energy Agency. World Energy Outlook. Special Report*. Retrieved from <http://www.worldenergyoutlook.org/>

Kusiak, A., & Li, W. (2010). Virtual Models for Prediction of Wind Turbine Parameters. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 25(1), 245-252.
doi:10.1109/TEC.2009.2033042

Loh, W.-Y. (2011). Classification and regression trees. *Data Mining Knowl Discov*, 10.1002/widm.8, 14–23.

Lozano Cardona, W. (2013). *Energías renovables*. ProMéxico, Secretaría de Energía. Retrieved from México: http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/links_de_interes

OECD. (2016). Electricity generation (indicator). doi: 10.1787/c6e6caa2-en (Accedido el 6 de septiembre de 2016). Retrieved from <https://data.oecd.org/energy/electricity-generation.htm>

R_Foundation. (2016). The R Project for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.r-project.org/>

Rosato, A., Altilio, R., Araneo, R., & Panella, M. (2016, 7-10 June 2016). *Embedding of time series for the prediction in photovoltaic power plants*. Paper presented at the 2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC).

SENER. (2015). Balance Nacional de Energía: Indicadores económicos y energéticos. Consultado en línea en 6 de septiembre de 2016. Retrieved from <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE0C01>

Steeb, W.-H. (2005). *The Nonlinear Workbook*. Chaos, Fractals, Cellular Automata, Genetic Algorithms, Gene Expression Programming, Support Vector Machine, Wavelets, Hidden Markov Models, Fuzzy Logic with C++, Java and

SymbolicC++ Programs (3d ed.). Singapore: World Scientific Publishing Company.

Witten, I., & Frank, E. (2005). *Data mining. Practical machine learning tools and techniques* (2nd ed.). San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers.

Modelado bilineal de un motor de CD

ARROYO-LEDESMA, Jaime*†, CONTRERAS-AGUILAR, Luis, JIMÉNEZ-BERANCOURT, Ramón y VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio.

Universidad de Colima, campus Coquimatlán, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Km 9 carretera Colima-Coquimatlán, Coquimatlán, Colima, México, C.P. 28400, Tel. 01 (312)316 11 65, Ext. 51451.

Recibido Julio 22, 2016; Aceptado Septiembre 22, 2016

Resumen

El modelado de sistemas físicos es de gran importancia para identificar y prevenir comportamientos dinámicos que pudieran dañar o causar operaciones anómalas en la configuración de los elementos donde estén operando. Los sistemas como los motores de corriente directa son máquinas eléctricas que se encuentran en una gran variedad de aplicaciones donde el control de velocidad, par mecánico grande, facilidad de control, etc. son características que los hacen interesantes para su uso. El control de velocidad o de par mecánico constante puede requerir de una representación matricial, la forma convencional de obtenerla es utilizando series de Taylor alrededor de un punto de operación fijo, esto representa una desventaja en los motores eléctricos ya que constantemente están cambiando de condición de operación. En el presente trabajo se analiza el modelado bilineal de un motor de corriente directa. Esta técnica permite representar, en forma matricial, el comportamiento dinámico en diferentes puntos de operación y ante diferentes perturbaciones. Además, mantiene la naturaleza no lineal del motor a diferencia de la aproximación lineal con series de Taylor. Por último, se presenta una comparación en el tiempo de algunas variables de la técnica propuesta, el modelo lineal y el modelo no lineal de un motor de corriente directa en tres conexiones diferentes: serie, paralelo y excitación independiente.

Sistemas bilineales, motor de corriente directa, ecuaciones diferenciales no lineales.

Abstract

Physical systems modelling is of great importance to identify and prevent dynamic behaviors that could damage or cause anomalous operations in the elements configuration where they are operating. The systems such as direct current motors are electric machines that are in a wide variety of applications where the control of speed, large mechanical torque, control easiness, etc. are characteristics that make them interesting for its use. The control of the speed or of the constant mechanic torque may require a matrix representation, the conventional way to get it is using a Taylor series around a fixed operation point, and this represents a disadvantage since electric motors have constantly changing operation condition. In this work a current direct motor bilinear modelling is analyzed. This technique allows representing, in matrix form, the dynamic behavior in different operation points and under different operating disturbances. In addition, it maintains the nonlinear nature of the motor unlike the linear approach with Taylor series. Finally, a comparison in time is presented of some variables of the proposed technique, the linear and the nonlinear model of direct current motor in three different connections: serial, parallel and independent excitation.

Bilinear Systems, direct current motors, Nonlinear differential equation.

Citación: ARROYO-LEDESMA, Jaime, CONTRERAS-AGUILAR, Luis, JIMÉNEZ-BERANCOURT, Ramón y VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio. Modelado bilineal de un motor de CD. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-5: 61-70

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jaime_arroyo@uclm.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La obtención de modelos matemáticos que representen el comportamiento dinámico de los sistemas es de gran importancia (Duka V. et al., 2012). Modelos no lineales que caracterizan las variaciones en el tiempo, son herramientas comunes en dichos análisis, pero presentan desventajas cuando se trata de obtener soluciones cerradas (Beléndez A. et al., 2007). Los modelos linealizados facilitan el análisis de los sistemas, mediante una representación matricial, identifican comportamientos dinámicos pero presentan fallas cuando existen variaciones en los puntos de operación (Sanchez-Gasca J.J. et al., 2005). Una forma de mantener la validez del modelo, describir de forma correcta el comportamiento y obtener una forma matricial es a través de un modelo bilineal (Arroyo J. et al., 2007).

Los modelos bilineales son una variedad de los modelos no lineales. Son lineales en el estado y en la entrada pero no lineal conjuntamente (Rugh W., 1981). Algunos comportamientos de modelos químicos, nucleares, biológicos etc. son de manera natural sistemas bilineales (Mohler R., 1973), pero algunos otros se pueden representar como uno de ellos. Este proceso se le llama linealización de Carleman (Kowalski K. et al., 1991). Los modelos bilineales permiten capturar información no lineal mediante una representación matricial. Además, de mantener la validez ante variaciones en los puntos de operación. Estas dos características hacen atractivo al sistema bilineal

El modelado de motores de CD es importante ya que permite analizar el comportamiento dinámico y ayuda a diseñar controles. Estos sistemas son no lineales lo que dificulta su estudio (Kara T. et al, 2004), una alternativa es utilizar un modelo bilineal que describa las variaciones de forma exacta ante diferentes puntos de operación y perturbaciones.

En este trabajo se presenta un modelo bilineal del motor de CD para analizar en cualquier instante del tiempo y ante variaciones de operación su comportamiento dinámico.

El artículo está dividido en cuatro secciones. La primera de ellas describe las ecuaciones de un motor de corriente directa en diferentes conexiones. La sección dos, detalla la obtención del modelo bilineal, en la siguiente sección se presentan los resultados de modelo exacto, la aproximación lineal y el modelo bilineal. Finalmente en la sección cuatro se presentan las conclusiones.

Modelo del Motor de CD.

El motor de CD tiene una gran variedad de usos, la facilidad de control de velocidad, par mecánico grande, simplicidad en los controles etc. hacen de esta, una maquina eléctrica con gran aceptación. Dependiendo de las características de funcionamiento que se busquen, existen diferentes tipos de conexión que logran obtenerlas, por ejemplo: conexión serie, paralelo y excitación independiente, por nombrar solo algunas. A continuación se describen las ecuaciones diferenciales no lineales, sin tomar en cuenta el tipo de conexión.

$$L_a \frac{d}{dt} i_a(t) + R_a i_a(t) + e(t) = v_a(t) \quad (1)$$

$$L_f \frac{d}{dt} i_f(t) + R_f i_f(t) = v_f(t) \quad (2)$$

$$J \frac{d}{dt} \omega(t) + B\omega(t) + T_l(t) = T_e(t) \quad (3)$$

$$e(t) = K_i(t)\omega(t) \quad (4)$$

$$T_e(t) = K_i(t)i_f(t) \quad (5)$$

Donde:

L_a y L_f Inductancia total de los devanados de armadura y de campo respectivamente en H.

R_a y R_f Resistencia total de los devanados de armadura y de campo respectivamente en Ω .

$i_a(t)$ y $i_f(t)$ Corriente en los devanados de armadura y de campo respectivamente en A.

$e(t)$ Voltaje interno en V.

$v_a(t)$ y $v_f(t)$ Voltaje en terminales de armadura y campo respectivamente en V.

J Inercia del motor en $\text{kg}\cdot\text{m}^2$.

B Coeficiente de fricción en $\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}/\text{rad}$.

$\omega(t)$ Velocidad angular en rad/s .

$T_l(t)$ Par de carga en $\text{N}\cdot\text{m}$.

$T_e(t)$ Par eléctrico $\text{N}\cdot\text{m}$.

K Constante del motor.

Motor Conexión Serie (CS).

En esta conexión el devanado de campo se conecta en serie con el devanado de armadura (Thangaraju I. et al, 2015). Considerando lo anterior las ecuaciones (1)-(5) se pueden reescribir de forma matricial, tomando en cuenta que la corriente de campo y de armadura son la misma y se define como $i(t)$:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_a+R_f}{L_a+L_f} & 0 \\ 0 & -\frac{B}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{K}{L_a+L_f} & 0 \\ 0 & \frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i(t)\omega(t) \\ i(t)^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a+L_f} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a(t) \\ T_l(t) \end{bmatrix} \quad (6)$$

Se identifica que son dos ecuaciones diferenciales y que contiene dos términos no lineales.

Motor Conexión Paralelo (CP).

Esta configuración, el devanado de campo se conecta en paralelo al devanado de armadura, aquí el voltaje en terminales es el mismo para ambos devanados y se utilizara como $v(t)$ (Chapman J., 2011). Su estructura matricial queda expresada en (7).

Se aprecia que surge una tercera ecuación a diferencia de la conexión serie, esto debido a que el devanado de campo no forma parte del devanado de armadura. También, se hace notar que se presentan términos no lineales.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_f(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_a}{L_a} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{R_f}{L_f} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{B}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_f(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{K}{L_a} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_f(t)\omega(t) \\ i_a(t)i_f(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} & 0 \\ \frac{1}{L_f} & 0 \\ 0 & -\frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v(t) \\ T_l(t) \end{bmatrix} \quad (7)$$

Motor Conexión Excitación Independiente (CEI)

La conexión excitación independiente es debido a la separación física entre los devanados, cada uno de ellos es alimentado por fuentes de voltaje independientes (Avitan S., 1990). La forma matricial es semejante a la conexión paralelo, solo cambia en la matriz correspondiente a las entradas. Escribiéndose de la siguiente forma:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_f(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_a}{L_a} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{R_f}{L_f} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{B}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_f(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{K}{L_a} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_f(t)\omega(t) \\ i_a(t)i_f(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_f} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a(t) \\ v_f(t) \\ T_l(t) \end{bmatrix} \quad (8)$$

En términos generales, las ecuaciones (6)-(8) se pueden reescribir de forma compacta de la siguiente forma:

$$\frac{d}{dt} X^1 = A_{11}X^1 + A_{12}X^2 + Bu \quad (9)$$

Se puede identificar que las matrices resultantes contienen solo los parámetros del motor. Esta última expresión ayudara a obtener el modelo bilineal de un motor de CD. Se omite la variable t para simplificar la escritura.

Modelo Bilineal

Considere una función no lineal de la forma:

$$\frac{d}{dt} x = f(x, u) \quad (10)$$

Donde:

x es un vector de estados $n \times 1$.

u es un vector de entradas $m \times 1$.

Este tipo de modelos surgen de forma natural en algunos comportamientos dinámicos de los sistemas, por ejemplo, en los motores de CD. Aunque estos sistemas tienen una característica especial, como se analizó en la sección 1, se pueden escribir como un sistema cuadrático, ecuación (9), facilitando la representación bilineal del motor.

Producto Kronecker.

Para el desarrollo de la linealización de Carleman u obtención del modelo bilineal, es necesario definir algunas operaciones que serán de ayuda (Van Loan C. F., 2000).

Sean dos matrices arbitrarias $A_{p \times q}$ y $B_{n \times m}$ el producto Kronecker, se utiliza el símbolo \otimes , se define como:

$$A \otimes B = \begin{bmatrix} a_{11}B & \cdots & a_{1q}B \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1}B & \cdots & a_{pq}B \end{bmatrix} \quad (11)$$

Se observa que el resultado es una matriz a bloques de dimensión $p \cdot n \times q \cdot m$.

Algunas propiedades del producto Kronecker, que serán útiles, se enlistan a continuación:

$$(A + B) \otimes C = (A \otimes C) + (B \otimes C) \quad (12)$$

$$(A \otimes B)(C \otimes D) = (AC) \otimes (BD) \quad (13)$$

$$A \otimes B = (A \otimes I_m)(B \otimes I_n) \quad (14)$$

La matriz $I_{m,n}$ es una matriz identidad $m \times m$ y $n \times n$ respectivamente.

Linealización de Carleman.

Considere un sistema no lineal representado a través de una serie de potencia de orden k , se omite la variable t para simplificar la escritura:

$$\frac{d}{dt}x^1 = A_{11}x^1 + \dots + A_{1k}x^k + B_{10}u \quad (15)$$

Donde las matrices A_{1i} $i = 1, 2, \dots, k$, son matrices constantes de dimensiones $n \times n^i$. Se hace notar que conforme se incrementa el subíndice i , la dimensión de la matriz A_{1i} también lo hace. La matriz B_{10} es de constantes de dimensiones $n \times m$, mientras que los vectores x^i de dimensiones $1 \times n^i$, se definen como:

$$x^1 = x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$$

$$x^2 = x \otimes x = [x_1^2, x_1x_2, \dots, x_1x_n, \dots, x_n^2]^T$$

$$x^k = x \otimes \dots \otimes x = [x_1^k, x_1x_2 \dots x_k, \dots, x_n^k]^T$$

La linealización de Carleman o bilinealización de un sistema no lineal requiere definir un nuevo vector de estados como (Kowalski K. et al., 1991):

$$x^\otimes = [x^1, x^2, \dots, x^k]^T \quad (16)$$

Con este nuevo vector de estados, se tienen que calcular la derivada de cada una de las variables. Por ejemplo, para calcular $\frac{dx^2}{dt}$ se toma como: $\frac{dx^2}{dt} = \frac{dx}{dt} \otimes x + x \otimes \frac{dx}{dt}$, donde $\frac{dx}{dt}$ está dada en (15), por lo tanto la expresión resultante es:

$$\frac{d}{dt}x^2 = (A_{11}x^1 + \dots + A_{1k}x^k + B_{10}u) \otimes x + x \otimes (A_{11}x^1 + \dots + A_{1k}x^k + B_{10}u) \quad (17)$$

Si se aplican las propiedades del producto Kronecker, la ecuación (17) se puede reescribir como se muestra en (18).

$$\frac{d}{dt}x^2 = A_{22}x^2 + A_{23}x^3 + \dots + A_{2k}x^k + A_{2k+1}x^{k+1} + B_{20}xu \quad (18)$$

Donde:

$$A_{22} = A_{11} \otimes I + I \otimes A_{11}$$

$$A_{23} = A_{12} \otimes I + I \otimes A_{12}$$

$$A_{2k+1} = A_{1k} \otimes I + I \otimes A_{1k}$$

$$B_{20} = B_{10} \otimes I + I \otimes B_{10}$$

Observe que en la ecuación (18), surge un nuevo elemento $k+1$. Para evitar que existan nuevos términos y que las dimensiones crezcan con cada derivada de x^i , se trunca la serie hasta la potencia k -ésima. Con esta consideración, se desarrollan todas las derivadas del nuevo vector de estado, quedando la derivada de x^k como:

$$\frac{d}{dt}x^k = \frac{dx^{k-1}}{dt} \otimes x + x \otimes \frac{dx^{k-1}}{dt} = A_{kk}x^k + B_{k0}xu \quad (19)$$

Donde:

$$A_{kk} = A_{11} \otimes I \otimes I \dots \otimes I + I \otimes A_{11} \otimes I \otimes I \dots \otimes I + \dots + I \otimes I \dots \otimes I \otimes A_{11}$$

$$B_{k0} = B_{10} \otimes I \otimes I \dots \otimes I + I \otimes B_{10} \otimes I \otimes I \dots \otimes I + \dots + I \otimes I \dots \otimes I \otimes B_{10}$$

Se observa, que hay k sumandos y en cada uno de ellos, A_{11} está cambiando de posición, de la uno a la k respectivamente. Lo mismo aplica para B_{k0} .

Una vez que se desarrollaron las derivadas, se está en posición de obtener el modelo bilineal. Utilizando las ecuaciones (15)-(19), la representación bilineal queda expresada así (Rugh W., 1981):

$$\frac{d}{dt}x^{\otimes} = A^{\otimes}x^{\otimes} + N^{\otimes}u + B^{\otimes}u \quad (20)$$

Donde:

$$A^{\otimes} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1k} \\ 0 & A_{22} & \cdots & A_{2k} \\ 0 & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & A_{kk} \end{bmatrix}_{h \times h}$$

es la matriz

planta bilineal.

$$N^{\otimes} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ B_{20} & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & B_{k0} & 0 \end{bmatrix}_{h \times h}$$

es la matriz no

lineal.

$$B^{\otimes} = \begin{bmatrix} B_{10} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{h \times 1}$$

es la matriz de entradas

bilineal.

Se analiza que el sistema resultante tiene una dimensión de $h = n + n^2 + n^3 + \cdots + n^k$. Si el sistema no lineal tiene un número grande de ecuaciones, esta representación es prohibitiva. En el caso del motor de CD, donde se tiene un máximo de tres ecuaciones diferenciales, el modelo bilineal no crece en exceso y las matrices resultantes son dispersas.

Modelado Bilineal del Motor de CD.

Como se analizó en la sección 1 ecu. (9), el modelo no lineal del motor de CD se puede representar con una serie de potencia de orden dos, independientemente del tipo de conexión que se trate. Para cada una de las configuraciones, se obtiene un modelo bilineal de segundo y quinto orden. Las matrices resultantes para el sistema bilineal de segundo orden, se escriben así:

$$A^{\otimes} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ 0 & A_{22} \end{bmatrix}$$

$$N^{\otimes} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ B_{20} & 0 \end{bmatrix}$$

$$B^{\otimes} = \begin{bmatrix} B_{10} \\ 0 \end{bmatrix}$$

Las dimensiones varían entre el tipo de conexión que tiene el motor, así por ejemplo, para el motor CS $h = 6$, pero para las conexiones P y EI que tienen una ecuación mas $h = 12$, se aprecia que basta una ecuación mas para duplicar la dimensión del sistema bilineal.

Para el sistema de quinto orden, las matrices son:

$$A^{\otimes} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A_{22} & A_{23} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} & A_{34} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A_{44} & A_{45} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & A_{55} \end{bmatrix}$$

$$N^{\otimes} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ B_{20} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & B_{30} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & B_{40} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & B_{50} & 0 \end{bmatrix}$$

$$B^{\otimes} = \begin{bmatrix} B_{10} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Para este caso, la dimensión para el motor CS es de $h = 62$. Para el motor CP y motor CEI $h = 363$. Se observa un incremento considerable pero con matrices dispersas, esto ayuda a reducir el tiempo de cómputo.

Resultados

Encendido del Motor

Primeramente, se presentan las graficas correspondientes al arranque del motor, solo para el modelo no lineal y bilineal; por su naturaleza, el modelo lineal no caracteriza el arranque de un sistema ya que solo es válido en un punto de operación en estado estable.

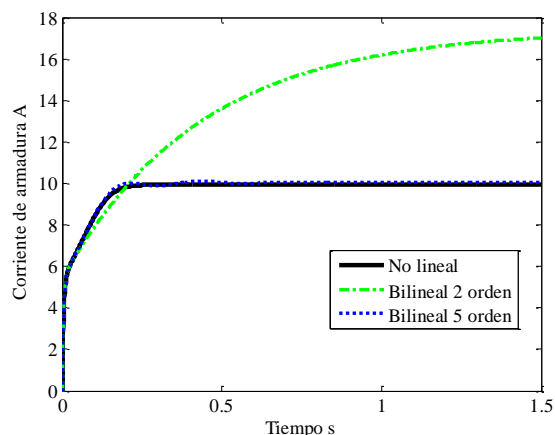


Gráfico 1 Corriente de armadura A. Motor CS.

Como se puede identificar en las graficas 1 y 2, el modelo bilineal de segundo orden tiene una diferencia notable con respecto al modelo no lineal, cuando se trata del arranque del sistema. Mientras que la representación de quinto orden sigue de forma aceptable el comportamiento no lineal del motor.

En cambio, en la grafica 3, las dos aproximaciones bilineales reproducen perfectamente el comportamiento de la corriente de campo. Se aprecia que rápidamente alcanza su valor en estado estable, esto sucede porque el circuito de campo predomina la resistencia.

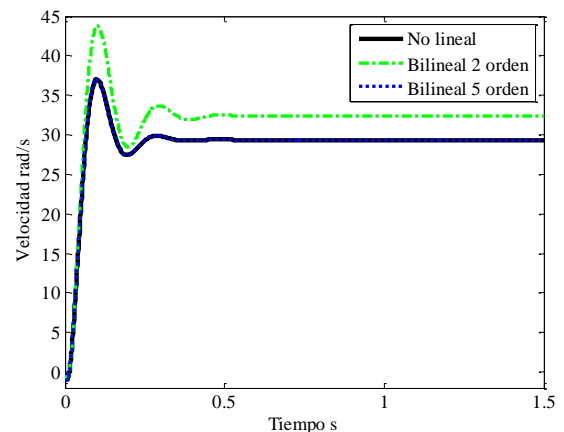


Gráfico 2 Velocidad angular rad/s. Motor CP.

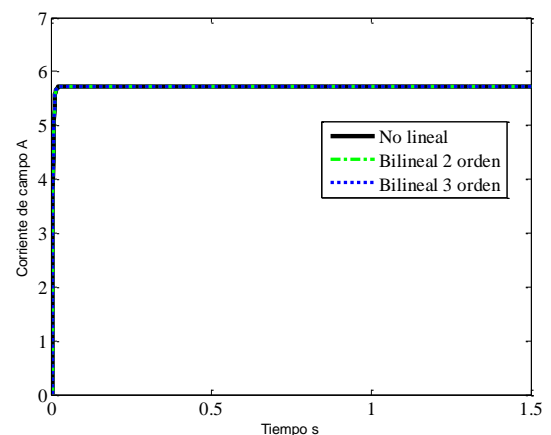


Gráfico 3 Corriente de campo A. Motor CEI.

Operación ante perturbaciones.

Una vez que el motor alcanza su estado estable de operación, se someterá a perturbaciones de: voltaje de alimentación y par de carga. Con el fin de probar la validez del modelo bilineal, se realizan las siguientes perturbaciones:

1. En 0.2 segundos se incrementa el par de carga en un 20% de su valor base.

2. En 0.8 segundos se incrementa el voltaje de armadura en 20% y el par de carga en un 40% de los valores base. En la conexión excitación independiente, el voltaje de campo se incrementa en un 15%.

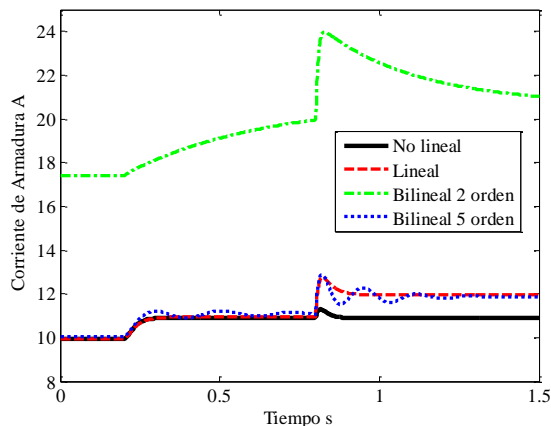


Gráfico 4 Corriente de armadura A. Motor CS.

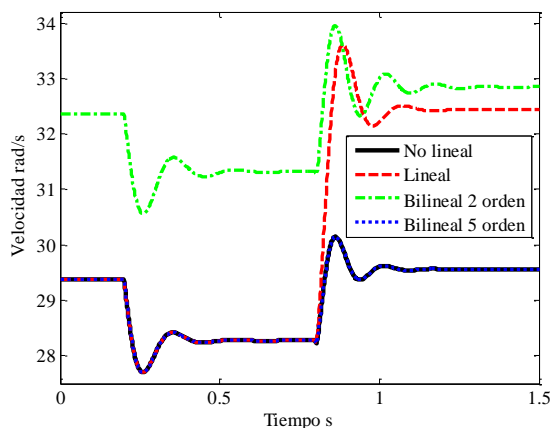


Gráfico 5 Velocidad rad/s. Motor CP.

De la grafica 4, se puede observar que ninguna de las aproximaciones se comporta de forma similar al sistema no lineal, hay una diferencia mayor después de la segunda perturbación. Esto indica, que al menos, para el motor de CD conexión serie se requiere un modelo bilineal de mayor orden.

En la grafica 5, se aprecia que el modelo bilineal de segundo orden no reproduce el comportamiento de la velocidad del motor conexión paralelo, mientras que el modelo lineal solo lo reproduce hasta 0.8 s. después de ese tiempo, en la segunda perturbación, no es capaz de seguir al sistema no lineal.

Solo el modelo bilineal de quinto orden mantiene durante todo el periodo de análisis una similitud bastante óptima con respecto al comportamiento del motor.

Como sucedió en la grafica 3, las aproximaciones tanto lineal como bilineales, reproducen perfectamente el comportamiento dinámico de la corriente de campo con perturbaciones, se puede apreciar en la grafica 6. Esto se debe, a que la ecuación diferencial de la corriente de campo no contiene elementos no lineales y no depende de las variaciones que se presentan en la corriente de armadura y de velocidad.

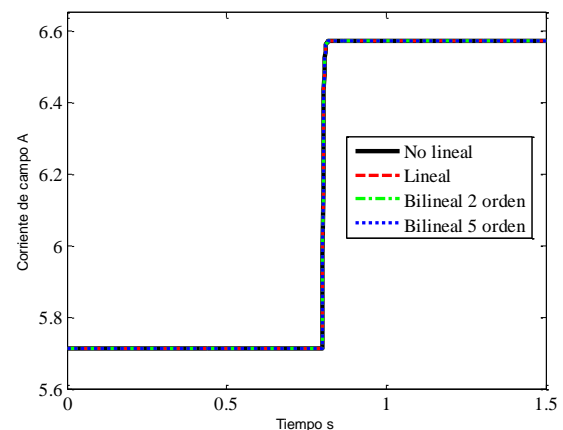


Gráfico 6 Corriente de campo A. Motor CEI.

De acuerdo a los resultados, el modelo bilineal de segundo orden no reproduce las variaciones del motor, el sistema lineal solo cuando se tiene una sola perturbación, mientras que el modelo bilineal de quinto orden se asemeja de forma óptima al comportamiento no lineal del motor.

Anexos

En la tabla 1, se indican los parámetros del motor y los niveles de voltaje y par de carga que se usaron en las diferentes conexiones: CS, CP y CEI respectivamente.

Parametro	Valor
R_a	0.18 Ω
R_f	3.50 Ω
L_a	6.20 mH
L_f	9.50 mH
K	100. mH
B	0.007 N·m·s/rad
J	0.04 kg·m ²
V_a	20 V 20 V 100 V
V_f	----- ----- 20 V
T	10 N·m

Tabla 1 Tabla de parámetros.

Conclusiones

En el presente trabajo se muestra el modelado bilineal de un motor de CD, en tres configuraciones diferentes. Se analiza, que a diferencia del modelo lineal, el sistema propuesto no depende de un punto o condición de operación en estado estable. Las matrices resultantes contienen solo los parámetros del motor, esta condición permite estudiar el comportamiento del motor desde el encendido del mismo, situación que una aproximación lineal no es capaz de reproducir.

De acuerdo a los resultados, se observa que el modelo bilineal de quinto orden reproduce el comportamiento no lineal del motor de CD. Caso especial sucede con el motor en serie, el orden de la aproximación bilineal no es suficiente para caracterizar el comportamiento del sistema.

Finalmente, se concluye que el modelo propuesto reproduce correctamente el comportamiento no lineal del motor de CD a diferencia de la aproximación lineal.

Dentro de los trabajos futuros que se pretenden impulsar son: el diseño de controles utilizando la información del modelo bilineal y reducir las dimensiones de las matrices, con el fin de reducir el tiempo de computo.

Referencias

V. Duka; A. Zeidmane (2012), Importance of mathematical modelling skills in engineering education for master and doctoral students of Latvia University of Agriculture, 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning, pp. 1 – 6.

A. Beléndez, C. Pascual, D.I. Méndez, T. Beléndez and C. Neipp (2007), Exact solution for the nonlinear pendulum, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, p. 645-648.

J.J. Sanchez-Gasca, V. Vittal, M.J. Gibbard, A.R. Messina, D.J. Vowles, S. Liu, U. D. Annakage (2005), An analysis of higher order terms for small signal stability analysis, 2005 IEEE PES GM, San Francisco, Cal.

J. Arroyo, R. Betancourt, A.R. Messina, E. Barocio, Development of Bilinear Power System Representations for Small Signal Stability Analysis (2007), Electric Power Systems Research, Volume 77, Issue 10, August, pp. 1239-1248.

Wilson J. Rugh (1981), Nonlinear System Theory The Volterra/Wiener Approach, The Johns Hopkins University Press, ISBN 0801825490.

Ronald R. Mohler (1973), Bilinear Control Processes, Academic Press, ISBN 0125041403.

Krzysztof Kowalski, Willi-Hans Steeb (1991), Nonlinear Dynamical Systems and Carleman Linearization, World Scientific Publishing, ISBN 981-02-0587-2.

Tolgay Kara, Ilyas Eker (2003), Nonlinear modeling and identification of a DC motor for bidirectional operation with real time experiments, Energy Conversion and Management, Volume 45, Issues 7–8, May, pp 1087–1106

Thangaraju, I., Muruganandam, M., Madheswaran, M. (2015), Performance Analysis and Experimental Verification of Buck Converter fed DC Series Motor using Hybrid Intelligent Controller with Stability Analysis and Parameter Variations, Journal of Electrical Engineering and Technology, vol. 10, iss. 2, 2015, pp. 518-528.

S. J. Chapman (2011), Electric Machine Fundamentals, New York: McGraw-Hill, ISBN 978-0073529547.

Saac Avitan, Victor Skormin (1990), Mathematical Modeling and Computer Simulation of a Separately Excited dc Motor with Independent Armature /Field Control, IEEE Transactions On Industrial Electronics, Volumen 37, No. 6, pp 483-489.

Charles F. Van Loan (2000), The ubiquitous Kronecker product, Journal of Computational and Applied Mathematics, vol. 123, pp. 85-100.

Obtención de energía a partir de residuos sólidos: Situación actual en el Estado de México

ANGEL-CUAPIO, Alejandro*†, ESCAMILLA-LOZANO, Yolanda y SERRANO-MALDONADO, María José.

Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México. Paraje San Isidro S/N, Barrio de Tecamachalco, 56400, Los Reyes Acaquilpan, México. División de Ingeniería Ambiental. División de Ingeniería en Energías Renovables.

Recibido Julio 1, 2016; Aceptado Septiembre 2, 2016

Resumen

La obtención de energía mediante energías renovables es una alternativa que evita daños ambientales, tanto locales como transfronterizos. En México existe el potencial para desarrollar fuentes de energía de esta naturaleza, mediante el aprovechamiento de los residuos sólidos por medio de su combustión directa o mediante los gases generados por la descomposición anaeróbica de los mismos (biogás). En el presente trabajo se analiza de forma generalizada cómo se puede generar energía con los residuos sólidos, enfocándose en la utilización de biogás y los beneficios que se podrían obtener, además, se muestra el panorama de la bioenergía en el Estado de México en años recientes. Cuya finalidad es presentar una perspectiva de lo que en la actualidad está ocurriendo en el campo de la bioenergía, siendo el Estado de México quien cuenta con el mayor número de proyectos potenciales para la generación de energía a nivel nacional.

Energías Renovables, Generación de Energía, Biomasa, Estado de México

Abstract

Energy obtaining using renewable energies is an alternative that avoids both local and transboundary environmental harm. In Mexico there is the potential to develop energy sources of this nature, through leveraging solid waste by direct combustion or by the gases generated by the anaerobic decomposition thereof (biogas). In this paper we analyze widely how you can generate energy with solid waste, focusing on the use of biogas and the benefits that could be obtained, as well as the panorama of bioenergy in the Estado de Mexico in recent years. Whose purpose is to present a perspective of what is currently happening in the field of bioenergy, with the Estado de Mexico who has the largest number of potential projects for power generation nationwide.

Renewables Energy, Energy Generation, Biomass, Estado de Mexico

Citación: ANGEL-CUAPIO, Alejandro, ESCAMILLA-LOZANO, Yolanda y SERRANO-MALDONADO, María José. Obtención de energía a partir de residuos sólidos: Situación actual en el Estado de México. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-5: 71-76

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: angelcuapio@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Actualmente los pobladores en el mundo crecen aceleradamente, por consiguiente el consumo de energía aumenta, debido al vínculo que existe con el desarrollo, con aspectos relacionados con la calidad de vida y económicos. Ahora, las tendencias de progreso se impulsan a partir de combustibles fósiles, como el petróleo y el gas natural. El uso excesivo de dichos combustibles implica la generación de diferentes efectos negativos. Uno de los problemas que existen es que los combustibles fósiles son no renovables y pese a que se trabaja apuradamente para hallar nuevos yacimientos de petróleo más tarde que temprano estos se agotarán, si los seres humanos sólo dependieran de estos recursos energéticos, las generaciones futuras estarían en un gran riesgo respecto al abastecimiento de energía. Otro aspecto importante a considerar es el gran daño medioambiental que se genera al consumir el gas natural y el petróleo y sus derivados. Durante la combustión de estos últimos se produce CO₂ principalmente, que es un poderoso gas de invernadero. Es por estas razones, la vital importancia de buscar otras fuentes de energía, que se pueden considerar renovables y que además sean limpias, es decir que no contribuyan a los daños medioambientales o que sean de mucho menor impacto.

Como el consumo global de energía crece cada año, el desarrollo de ciertas fuentes alternativas se hace cada vez más importante, en especial en lo que se refiere a la eliminación de residuos y al uso de la energía, con la posibilidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

Entre las energías alternativas tenemos la generación del biogás, término que se aplica a la mezcla de gases que se obtienen a partir de la descomposición en un ambiente anaerobio (sin oxígeno) de los residuos urbanos, dentro de los cuales hay que considerar los residuos sólidos urbanos (RSU), que genera una gran cantidad de biomasa en diferentes formas, por ejemplo, residuos alimenticios, cartón, papel y madera, normalmente denominados basuras urbanas.

Algunas ventajas que presenta el aprovechamiento de los RSU con fines energéticos, son:

- Producción de energía: calor, luz, electricidad.
- Transforma los desechos orgánicos en fertilizantes de alta calidad.
- Mejora las condiciones higiénicas por la reducción de patógenos, huevos de moscas, etc.
- Reduce la cantidad de trabajo con respecto a la recolección de leña.
- Favorece la protección del suelo, agua, aire y vegetación, obteniendo menor deforestación.
- Beneficios micro-económicos a causa de la situación de energía y fertilizantes, del aumento de los ingresos y aumento de la producción agrícola-ganadera.
- Beneficios macroeconómicos, a través de la generación descentralizada de energía, reducción de los costos de importación y protección ambiental.

El denominado “biogás” es un biocombustible gaseoso que se obtiene por digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de la biomasa y cuyos principales componentes son el metano (55-65 %) y el anhídrido carbónico (35-45%) y el menor proporción, nitrógeno (0-3%), hidrógeno (0-1%), oxígeno (0-1%) y sulfuro de hidrógeno (trazas). Se produce a razón de unos 200-400 litros por kg de materia seca, con un valor calórico de unas 5,500 kcal/m³.

La fracción orgánica de los RSU constituye alrededor del 50% de la materia total y puede transformarse en biogás por digestión anaerobia. En los vertederos controlados, el depósito de los RSU se realiza por capas regulares sucesivas, de espesores variables, que se van compactando y cubriendo con tierra hasta llegar a la cota máxima permitida en que el vertedero se sella. La materia orgánica del interior del vertedero sufre un proceso de descomposición anaerobia y como resultado se produce biogás. Por cada tonelada de residuo se producen unos 100 m³ de biogás, lo que supone una producción anual entre 5 y 20 m³ de biogás.

El biogás es un producto del metabolismo de las bacterias metanogénicas que participan en la descomposición de tejidos orgánicos en ambiente húmedo y carente de oxígeno. Durante el proceso de descomposición anaerobia, se pueden obtener entre otros, etanol, metanol y gas metano, además de algunos compuestos orgánicos que son transformados a minerales, que pueden ser utilizados fácilmente como fertilizantes para los cultivos. La producción de biogás va a depender de los materiales utilizados, de la temperatura y del tiempo de descomposición.

Actualmente, con la aplicación de las técnicas de reciclaje a los RSU se están obteniendo importantes cantidades de materia orgánica que puede utilizarse para tratarse por digestión anaerobia.

El gas producido, que contiene el 35-40% de CO₂ y el 50-60% de CH₄, se emplea normalmente para producir electricidad, estimándose una producción media de 100 a 500 kWh por cada tonelada de RSU.

Metodología a desarrollar

En esta investigación se analiza de forma general como se genera energía a partir de residuos sólidos para la producción de biogás y su panorama actual en el Estado de México. El tipo de estudio es de tipo descriptivo y el diseño que se utilizó es no experimental. Los métodos utilizados para la recopilación de información fueron la investigación documental, así como, de sistemas de información geográfica e informáticos.

Resultados

El proceso de producción de biogás y generación energética se presenta en cinco etapas.

Gestión de residuos

Antes de introducir los residuos orgánicos dentro del reactor hay que realizar una serie de operaciones de acondicionamiento. La finalidad de estas operaciones es introducir el residuo lo más homogéneo posible, con las condiciones fisicoquímicas adecuadas al proceso al que va a ser sometido y sin elementos que puedan dañar el digestor. La forma de acondicionar los residuos de entrada puede ser por pretratamiento, reducción del tamaño de partícula, espesamiento, calentamiento, control de pH, eliminación de metales y eliminación de gérmenes patógenos.

Digestión anaerobia

Las bacterias productoras de biogás son estrictamente anaeróbicas y por tanto solo podrán sobrevivir en ausencia de oxígeno atmosférico. A continuación se describen las etapas del proceso de fermentación.

Fase de hidrólisis: las bacterias rompen cadenas largas de estructura carbonada para formar cadenas cortas y simples, liberando hidrógeno y dióxido de carbono.

Fase de acidificación: las bacterias acetogénicas realizan la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos al grupo acético $\text{CH}_3\text{-COOH}$ (metano, nitrógeno y dióxido de carbono).

Fase metanogénica: las bacterias que intervienen en esta etapa son del grupo de las arqueobacterias, llevan a cabo la metanogénesis, proceso que implica la producción biológica de metano (CH_4).

Una propuesta viable de un biodigestor, es la que propone Arce Cabrera, (2011), en la Figura 1, se muestran los componentes de un biodigestor de flujo discontinuo, siendo un equipo de bajo costo para la producción de biogás y con ello satisfacer ciertas demandas locales.

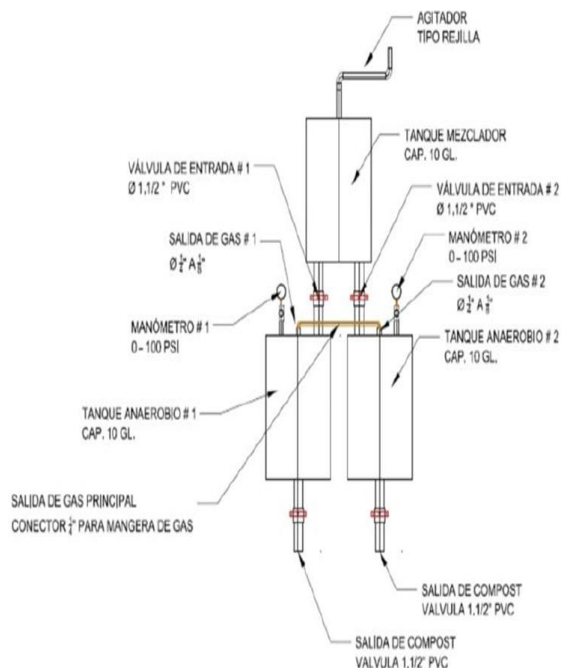


Figura 1 Generación nacional de energía eléctrica por energía renovable. Fuente Arce Cabrera, (2011).

Almacenamiento y filtrado del biogás

Se puede utilizar un filtro de forma cilíndrica, que tiene una forma cónica en uno de sus extremos, consta de una entrada para el biogás, una salida para el biogás con un menor porcentaje de H_2O , y un sistema de desfogue para el agua que se condensa dentro del filtro. Finalmente, el almacenamiento se realiza en una bolsa de neopreno que a su vez, es conetado a un compresor para almacenar en un tanque de alta presión.

Compostaje

Es el proceso microbiológico aerobio mediante el cual los microorganismos transforman los materiales orgánicos en materiales biológicamente estables que pueden utilizarse como abonos orgánicos.

Generación de energía

Se puede utilizar el biogás para varios fines:

- Calefacción domiciliar e industrial
- Generación de electricidad
- Purificación a gas natural
- Uso de vehículos
- El lodo se puede usar como fertilizante

Situación actual en el Estado de México

Según la Secretaria de Energía (SENER), la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE), en México el 71% de la energía eléctrica es generada mediante energías convencionales, mientras que el 19% es obtenido con energías renovables, en donde la biomasa participa con el 3% de la generación nacional (Figura 2).

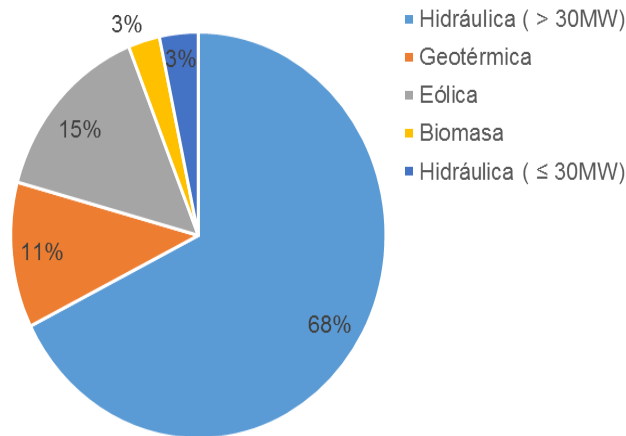


Figura 2 Generación nacional de energía eléctrica por energía renovable. Fuente CFE y CRE.

En México existe un gran potencial de recursos biomásicos para producir biogás (Figura 3). La SENER y la CFE consideran que en el Estado de México se cuenta con un alto potencial energético a nivel nacional para la generación de energía a partir del aprovechamiento de RSU.

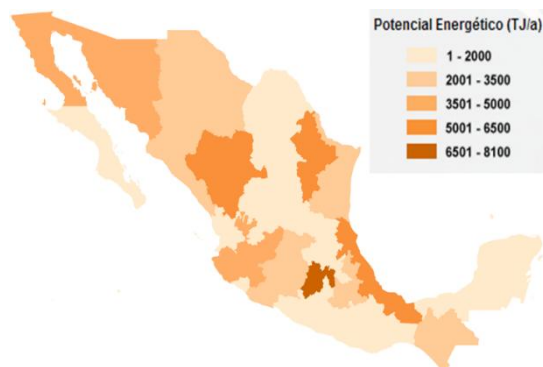


Figura 3 Potencial energético a nivel nacional, a partir de residuos sólidos. Fuente CFE, CRE y UNAM.

El aprovechamiento potencial comprende información existente de sitios potenciales para generar electricidad por medio de recursos renovables de energía (biomasa), y es el resultado de estudios existentes con aproximaciones del potencial para generar energía eléctrica por cada sitio potencial (Figura 4). El Estado de México abarca el 40% del potencial a nivel nacional para la generación de 1,122 GWh/a, a partir de biomasa.

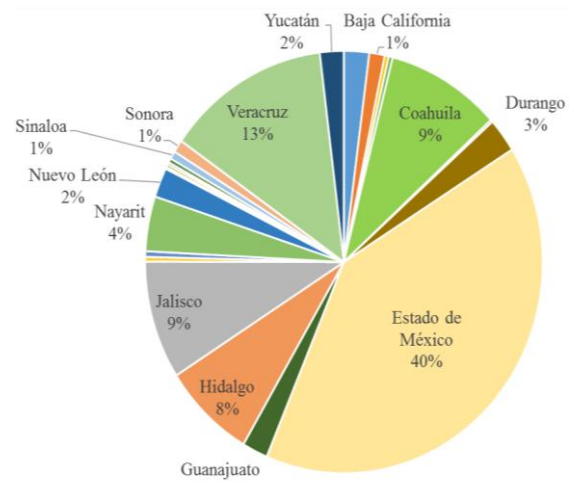


Figura 4 Análisis de proyectos potenciales para la generación de electricidad por energías renovables. Fuente CFE, CRE, UNAM.

El municipio de Nezahualcóyotl en el Estado de México, cubre el 73% del potencial (Figura 5), en donde los proyectos están orientados a la obtención de biogás a partir de biomasa.

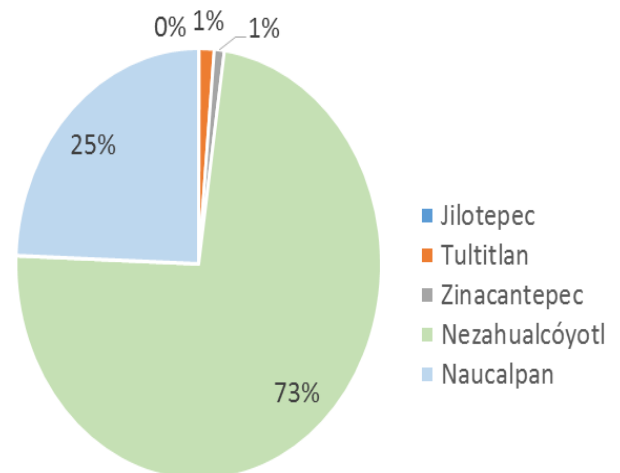


Figura 5 Municipios del Estado de México con potencial para la generación de electricidad por energías renovables. Fuente CFE, CRE, UNAM.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por el financiamiento y al Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México (TESOEM).

Conclusiones

La producción de biogás a partir de residuos sólidos urbanos, propone beneficios adicionales ya que persiste con la reutilización total o parcial de la materia inicial.

El uso de biogás para la generación de electricidad y de energía térmica, da un valor agregado a la aplicación de biodigestores, sin embargo, los resultados económicos no se pueden generalizar pues cambiarán de acuerdo a las circunstancias de cada lugar.

Los sistemas de información geográfica (SIG) son una potente herramienta para la evaluación de los recursos de biomasa, combinan eficientemente tanto los datos cartográficos como los provenientes de los censos utilizados y facilitan la cartografía de los resultados.

Referencias

Aguilar-Virgen, Q., Armijo-de Vega, C. & Taboada-González, P. (2009). El potencial energético de los residuos sólidos municipales. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 13:1, 59-62.

Arce Cabrera, J.J. (2011). *Diseño de un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral* (Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Guayaquil, Ecuador).

Creus, A. (2014). *Energías renovables*. Bogotá, Colombia. Ediciones de la U.

De Juana, J.Ma., Santos, F., Crespo, A., & Herrero, M. A. (2009). *Energías renovables para el desarrollo*. Madrid, España. International Thomson.

Domínguez Bravo, J., Ciria, P., Esteban, L.S., Sánchez, D. & Lasry, P. (2003). Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España). *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 3, 1-10.

Guillén Solís, O. (2004). *Energías renovables: una perspectiva ingenieril*. D.F., México. Trillas.

Inventario Nacional de Energías Renovables (2016, Agosto 10). *INERE, Inventario potencial*. Revisado en <http://inere.energia.gob.mx/version4.5/>

Vega de Kuyper, J.C., & Ramírez Morales, S. (2014). *Fuentes de energía, renovables y no renovables. Aplicaciones*. D.F., México. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.

Ahorro energético indirecto mediante techos verdes

MATA-GONZÁLEZ María*†, y GALICIA-SERRANO, Carlos.

*Universidad Tecnológica de Querétaro, División Ambiental. Av. Pie de la Cuesta No. 2501 Col. Unidad Nacional
Tel. (442)2096100 Ext. 2510*

Recibido Julio 21, 2016; Aceptado Septiembre 5, 2016

Resumen

Los avances tecnológicos han llevado al hombre a crear herramientas para cubrir sus necesidades orillándolo a hacer un uso descontrolado de los recursos naturales y contribuyendo a un colapso medioambiental. El crecimiento demográfico corrompe día a día el equilibrio ambiental, los gases de efecto invernadero inundan nuestras ciudades y la calidad de vida de sus habitantes está en constante riesgo. Es por esto que en la actualidad existe una búsqueda constante de soluciones para remediar estos efectos con el fin de que ni nuestras necesidades ni el ecosistema se vea amenazado. Este artículo presenta un estudio sobre la eficiencia de implementación de techos verdes en casas habitación con el fin de contribuir con la mitigación de los problemas anteriormente planteados. Se realizaron pruebas en una casa habitación de la zona urbana de Querétaro, donde tras la recolección de datos sostenemos que éstas ecotecias tienen diversos beneficios entre los que resaltan: regulan la temperatura (reducen el consumo energético de sistemas de enfriamiento y calefactores, benefician a las personas económicamente), generador oxígeno por lo que contribuye a mejorar la calidad del aire, zonas recreativas, antidepresivos naturales y creación de un espacio verde en una zona urbana.

Techos verdes, Confort térmico, Control de temperatura

Abstract

The technological advances have led man to create tools to supply necessities forcing him to make an uncontrolled use of natural resources, contributing to an environmental collapse. The demographic growing corrupts every day the environmental balance, the greenhouse effect gases flood our countries and the quality life conditions for the inhabitants is constantly jeopardized. For this reason currently exist a constant of solutions to mend these effects with the proposal that not our necessities nor the ecosystem will be threatened. This article presents a study about the efficiency of implementation of green roofs in households in order to contribute with the diminishing of the problematic previously mentioned. A series of test were carried out in a house in the urban zone of Querétaro, where after the data compilation we uphold that these environmental technologies have diverse benefits among which stands out: temperature regulation (reduce the energy consumption of cooling and heating systems, and benefit people economically) generate oxygen which contributes improving air quality, leisure zones, natural antidepressants and creation of a green space in an urban zone.

Green roofs, thermal comfort, temperature control

Citación: MATA-GONZÁLEZ, María, y GALICIA-SERRANO, Carlos. Ahorro energético indirecto mediante techos verdes. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-5: 77-81

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: goretta.mata.g@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las ciudades son organismos vivos que se encuentran en desarrollo constante; la ciudad de Querétaro, por su ubicación privilegiada en el país como puerta al Bajío, no es una excepción, y este aumento demográfico genera distorsiones ambientales y requiere soluciones que se adapten al cambio social y tecnológico, de manera que los habitantes compartan un compromiso con el medio ambiente sin que se vea afectado su economía y su confort.

Numerosas alternativas se han estado implementado, como tecnologías renovables, (paneles solares, calentadores solares, aerogeneradores etc.) para su ejecución se requiere de grandes inversiones y esto se vuelve complicado, los beneficios obtenidos de estas alternativas son precisos y únicos, de manera que para parte de la población no es una inversión atractiva. Sin embargo, existen alternativas diferentes, como azoteas verdes, con menores costos y resultados favorables para la salud, la economía y medio ambiente. La justificación del proyecto está reflejada en todos los beneficios que esta ecotecnia tiene no solo en los aspectos económicos y sociales si no también su preocupación por el medio ambiente.

Fundamentos

El crecimiento de las ciudades ha venido en aumento en los últimos años, donde antes había un ecosistema hoy se encuentran grandes ciudades.

La necesidad de lograr un crecimiento económico y tecnológico ha causado que la industria tenga un impacto en el ambiente. El mal manejo de residuos y la falta de responsabilidad ambiental han llevado a la expulsión de gases de efecto invernadero al entorno.

El aumento incontrolado de estos gases en el entorno urbano ha llevado a la formación de lo que se conoce como un efecto isla de calor, ocasionado que las temperaturas se eleven, el oxígeno sea más pesado y exista un riesgo para la salud.

Las áreas verdes son un factor importante para la mitigación de gases producidos por las actividades humanas, es por eso que en las zonas rurales el cielo es más despejado y el oxígeno más puro.

Para satisfacer la necesidad de la población las ciudades se han expandido de tal manera que grandes construcciones y viviendas han sustituido las áreas verdes (ecosistemas), provocando que el equilibrio natural se vea afectado. Una menor cantidad de plantas, significa que menos evapotranspiración y por tanto mayores temperaturas en el ambiente.

Para concretar el valor significativo de los techos verdes a continuación se mencionan muchos de los beneficios que trae consigo la implementación de esta ecotecnia

- Los Techos Verdes contribuyen a mejorar la calidad del aire y reducir los niveles de CO₂.

- Ayudan a filtrar el aire, las plantas llegan a filtrar el 85% de las partículas del aire, depositando los metales pesados -como el plomo- en las plantas y en el sustrato. 1m² de pasto atrapa 130 gramos de polvo por año.

- Son reguladores de temperatura natural, hacen que las estructuras que se encuentran debajo estén más frescas en verano y más cálidas en invierno.

- Reducen el riesgo de inundaciones ya que retienen buena parte del agua de lluvia en tormentas.

- Reducen la cantidad de calor absorbido del sol que luego es liberado por los edificios al medio ambiente. Efecto de isla de calor urbano

- Aíslan el ruido exterior, las plantas absorben los sonidos de alta frecuencia y la tierra los de baja frecuencia.

Beneficios económicos

- Crean una barrera térmica, permitiendo un ahorro de hasta un 60% en aire acondicionado y en calefacción.

-Con esto hay una disminución en los gastos de impermeabilización.

Beneficios para la Salud

- 1m² de pasto genera el oxígeno requerido por una persona en todo el año
- antidepresivo natural

Beneficios recreativos

- Se cuenta con un espacio verde en un entorno urbano.

- Se tiene un lugar de relajación donde se generan verdaderos ecosistemas urbanos convirtiéndose en un refugio para una variada fauna.

Los beneficios de los techos verdes en el área privada, tales como la reducción en gasto de energía, extensión de la vida útil del techo, o el mejoramiento estético asociado, debieran incentivar el uso de los techos por parte de las inmobiliarias y propietarios. Actualmente solo existen dos en el país.

Los beneficios públicos, en tanto, como el manejo de aguas lluvia, control de las temperaturas urbanas y la ayuda y renovación de la biodiversidad, podrían ser adoptados por municipalidades e impulsados con regulaciones que ayuden y motiven al desarrollo de éstos para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y, al mismo tiempo, del medioambiente.

Metodología

El desarrollo del proyecto y la adquisición de datos adquiridos se consiguieron mediante sensores de temperatura y humedad, programadas con un software y componentes electrónicos se monitorio la actividad climatológica para detectar los cambios de humedad y temperatura externas e internas del Proyecto, se consideraron principalmente tres contextos y condiciones:

1. Azotea
2. Azotea con impermeabilizante
3. Azotea Techo verde

Las condiciones diferentes fueron

1. Día Soleado
2. Día Nuboso
3. Día Lluvioso

Estas actividades se desarrollaron con el fin de comprobar la eficiencia de los techos verdes.

Transferencia de calor

Para el balance de calor, se analizan las estructuras que se tienen entre la temperatura 1 y la temperatura 2 en este caso el concreto y la tierra quedando lo siguiente:

Conductividad térmica del concreto:
1.047 w/m^{°k}

Conductividad térmica de la tierra
húmeda: 0.8 w/m^{°k}

$$\varphi = \frac{kA}{e} (\tau_2 - \tau_1)$$

Donde:

$\varphi = \text{Calor perdido}$

$k =$

coeficiente de conductividad termica

$A = \text{Área}$

$e = \text{espesor}$

$\tau_2 - \tau_1 = \text{diferencia de temperaturas}$

$$\varphi = \frac{(1.047\text{w/m}^{\circ\text{k}})(12\text{m}^2)}{0.2\text{ m}} (299.15\text{k} - 298.15\text{k})$$

$$\varphi = 62.82\text{ w}$$

$$\varphi = \frac{(0.8\text{w/m}^{\circ\text{k}})(12\text{m}^2)}{0.2\text{ m}} (299.15\text{k} - 298.15\text{k})$$

$$\varphi = 48\text{w}$$

Como podemos observar se tomó una temperatura estándar para el cálculo de manera que se realizó por separado el cálculo del calor que se pierde entre el cemento y la tierra húmeda.

Resultados

En los siguientes gráficos podremos observar el comportamiento de la temperatura y humedad de manera que se pueda notar una diferencia entre las condiciones que se tomaron en cuenta.

Dia Soleado				
Características del techo	Temperatura Externa	Humedad Externa	Temperatura Interna	Humedad Interna
Techo Intemperie	27° C	26%	28° C	30%
Techo Impermeabilizado	26° C	25%	27° C	29%
Techo Verde	26° C	25%	25° C	26%

Tabla 1 Análisis día Soleado

En esta tabla se analiza un día soleado con una temperatura de 27 °c se puede observar que la temperatura se reduce 1 °c

Dia Nuboso				
Características del techo	Temperatura Externa	Humedad Externa	Temperatura Interna	Humedad Interna
Techo Intemperie	16° C	16%	28° C	30%
Techo Impermeabilizado	15° C	14%	27° C	27%
Techo Verde	17° C	17%	25° C	27%

Tabla 2 Análisis día Nuboso

En esta tabla se analiza un día Nuboso donde la humedad aumenta, pero las temperaturas son más cálidas dentro de la habitación.

Dia lluvioso				
Características del techo	Temperatura Externa	Humedad Externa	Temperatura Interna	Humedad Interna
Techo Intemperie	20° C	19%	28° C	29%
Techo Impermeabilizado	18° C	18%	27° C	27%
Techo Verde	19° C	22%	25° C	26%

Tabla 3 Análisis día lluvioso

En esta tabla a diferencia de la anterior, la temperatura aumenta y la humedad se comporta de manera diferente, el techo cumple con su función de regular temperaturas.

Conclusiones

Calculamos un ahorro energético promedio dependiente de la temperatura, por lo tanto la implementación de estas ecotecnias (azoteas verdes) reflejan un resultado considerable, buscando una costumbre aplicada a la sociedad.

Con estos datos de referencia se debe dar prioridad a fomentar e impulsar su implementación en espacios urbanos que son considerados inservibles, pero pueden ser utilizados y brindar un gran beneficio para la sociedad y el medio ambiente.

De igual manera comprobamos la eficiencia del proyecto ya que los resultados realmente fueron favorables.

De igual manera observamos el comportamiento de la humedad con respecto a la temperatura, se pudo notar como aumenta con la lluvia a diferencia de un día Nuboso, esto se debe a la isla de calor y la nube de gases que hay en el entorno que solo deja pasar ondas cortas (radiación solar) pero no permite que salgan las ondas largas (rayos infrarrojos) que son interpretados como calor.

Agradecimiento

A la universidad Tecnológica de Querétaro, por la disposición de recursos materiales.

A la Profesora Livier Cacho López, por su asesoría y su motivación.

Al profesor Luis Gustavo García Tello, por su colaboración en orientación meteorológica.

A la profesora Niuni Butrón Álvarez por su motivación y apoyo.

Referencias

Minke, G. (s.f.). Techos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos . En G. Minke, *Techos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos* (pág. 85). Fin de Siglo.

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2456/TESIS.pdf?sequence=1>

<https://cesarlindao.files.wordpress.com/2013/06/resistencia-de-los-materiales-robert-montt-5ta-edicion3b2n.pdf>

Instrucciones para Autores

[Título en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayusculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envío:Mes,Día, Año); Aceptado(Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keyword

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.11

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Título del Paper. Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para Autores

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]

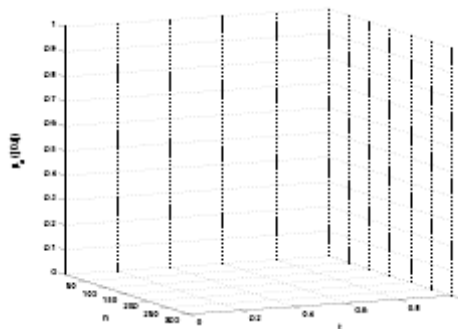


Gráfico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

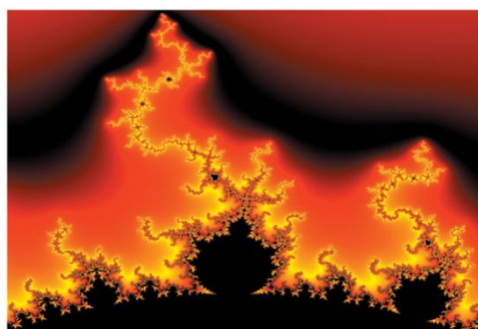


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Instrucciones para Autores

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencia

Formato de Originalidad



Madrid, España a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Madrid, España a ____ de ____ del 20____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Spain difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Spain to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Investigación y Desarrollo

