

ISSN 2410-3950

Volumen 6, Número 19 — Abril — Junio - 2019

# Revista de Sistemas Experimentales



## **ECORFAN-Bolivia**

### **Editor en Jefe**

BARRERO-ROSALES, José Luis. PhD

### **Directora Ejecutiva**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Diseñador Web**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

### **Diagramador Web**

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Asistente Editorial**

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Traductor**

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

### **Filóloga**

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

**Revista de Sistemas Experimentales**, Volumen 6, Número 19, de Abril a Junio - 2019, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Bolivia. Loa 1179, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia. WEB: [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editor en Jefe: BARRERO-ROSALES, José Luis. PhD ISSN-2410-3950. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda. PhD, LUNA-SOTO, Vladimir. PhD, actualizado al 30 de Junio del 2019.

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 Instituto Nacional del Derecho de Autor

# **Revista de Sistemas Experimentales**

## **Definición del Research Journal**

### **Objetivos Científicos**

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Biología y Química, en las Subdisciplinas de química analítica, química farmacéutica, química física, química inorgánica, química, macromolecular, química nuclear, física de fluidos, física, estadística, física molecular, física teórica.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

### **Alcances, Cobertura y Audiencia**

Revista de Sistemas Experimentales es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Bolivia, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de química analítica, química farmacéutica, química física, química inorgánica, química, macromolecular, química nuclear, física de fluidos, física, estadística, física molecular, física teórica con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Biología y Química. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

## **Consejo Editorial**

CARVAJAL - MILLAN, Elizabeth. PhD  
École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier

CÓRDOVA - GUERRERO, Iván. PhD  
Universidad de la Laguna

ARMADO - MATUTE, Arnaldo José. PhD  
Universidad de los Andes

RIVERA - BECERRIL, Facundo. PhD  
Institut National de la Recherche Agronomique

CRUZ - REYES, Juan. PhD  
Instituto de Catálisis y Petroleoquímica

LOPEZ - ZAMORA, Leticia. PhD  
Universidad Politécnica de Valencia

STILIANOVA - STOYTCHEVA, Margarita. PhD  
Universidad de Tecnología Química y Metalurgia de Sofia

CORNEJO - BRAVO, José Manuel. PhD  
University of California

SOTERO - SOLIS, Victor Erasmo. PhD  
Universidade de São Paulo

OROPEZA - GUZMÁN, Mercedes Teresita. PhD  
National Polytechnique de Toulouse

## **Comité Arbitral**

ALVARADO - FLORES, Jesús. PhD  
Universidad Autónoma de Aguascalientes

DE LEON - FLORES, AneD. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTÍNEZ - QUIROZ, Marisela. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

MAGANA - BADILLA, Héctor Alfonso. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

VALDEZ - CASTRO, Ricardo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

QUIROZ - CASTILLO, Jesús Manuel. PhD  
Universidad de Sonora

SANTACRUZ - ORTEGA, Hisila del Carmen. PhD  
Instituto Tecnológico de Tijuana

MENDOZA - CASTILLO, Didilia Ileana. PhD  
Instituto Tecnológico de Aguascalientes

OCHOA - TERÁN, Adrián. PhD  
Tecnológico Nacional de México

FRONTANA - VAZQUEZ, Carlos Eduardo. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

SALDARRIAGA, Hugo. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de México

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Sistemas Experimentales emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Bolivia considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

## **Declaración de Autoría**

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

## **Detección de Plagio**

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

## **Proceso de Arbitraje**

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

## **Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación**

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Métodos lógicos, métodos de investigación, método hipotético-deductivo, método de la observación científica, método de la medición, experimentación científica, climatología geología, geoquímica, acústica y a otros temas vinculados a las Biología y Química.

## **Presentación del Contenido**

Como primer artículo presentamos, *Estudio de la eficiencia instantánea térmica de un campo de colectores cilíndrico parabólico*, por FRANCO-MARTÍNEZ, David & RAMÍREZ-SILVA, Pablo, con adscripción en el Centro Tecnológico, Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM, como segundo artículo presentamos, *Diseño experimental de Aerogenerador tipo Savonius*, por SANCHEZ-CORTEZ, Jose Alfonso, CHAVEZ-CASTILLO, José Giovann, SANCHEZ-GUTIERREZ, Carlos Ernesto y TRINIDAD-SULVARAN, Ingrid Aranza, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Altamira, como tercer artículo presentamos, *Estudio de corrientes y velocidades de aire, para la implementación de generadores eólicos*, por ZAMORA-CASTRO, Sergio Aurelio, MOLINA-NAVARRO, Antonio, DIAZ-VEGA, María Eugenia Alicia y SANTAMARIA-LOPEZ, Jesús, con adscripción en la Universidad Veracruzana, como último artículo presentamos, *Deshidratación de plátano (Musa paradisiaca) por medio de radiación solar en un secador directo*, por CARRILLO-CARRILLO, Manuela, CASTORENA-ALEMÁN, Juan Daniel, GARCÍA-JIMENÉZ, Fátima de los Ángeles y GARCÍA-GONZÁLEZ, Juan Manuel, con adscripción en la Universidad Autónoma de Zacatecas.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Estudio de la eficiencia instantánea térmica de un campo de colectores cilíndrico parabólico</b> FRANCO-MARTÍNEZ, David & RAMÍREZ-SILVA, Pablo <i>Centro Tecnológico, Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM</i>	1-5
<b>Diseño experimental de Aerogenerador tipo Savonius</b> SANCHEZ-CORTEZ, Jose Alfonso, CHAVEZ-CASTILLO, José Giovann, SANCHEZ-GUTIERREZ, Carlos Ernesto y TRINIDAD-SULVARAN, Ingrid Aranxa <i>Universidad Tecnológica de Altamira</i>	6-13
<b>Estudio de corrientes y velocidades de aire, para la implementación de generadores eólicos</b> ZAMORA-CASTRO, Sergio Aurelio, MOLINA-NAVARRO, Antonio, DIAZ-VEGA, María Eugenia Alicia y SANTAMARIA-LOPEZ, Jesús <i>Universidad Veracruzana</i>	14-18
<b>Deshidratación de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) por medio de radiación solar en un secador directo</b> CARRILLO-CARRILLO, Manuela, CASTORENA-ALEMÁN, Juan Daniel, GARCÍA-JIMENÉZ, Fátima de los Ángeles y GARCÍA-GONZÁLEZ, Juan Manuel <i>Universidad Autónoma de Zacatecas</i>	19-23

## Estudio de la eficiencia instantánea térmica de un campo de colectores cilíndrico parabólico

### Study of the instantaneous thermal efficiency of a parabolic cylindrical collector field

FRANCO-MARTÍNEZ, David†\* & RAMÍREZ-SILVA, Pablo

*Centro Tecnológico, Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *David, Franco-Martínez* / ORC ID: 0000-0002-0464-8504, CVU CONACYT ID: 69978

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Pablo, Ramírez-Silva* / ORC ID: 0000-0001-5924-1392, CVU CONACYT ID: 897675

DOI: 10.35429/JOES.2019.19.6.1.5

Recibido 9 de Abril, 2019; Aceptado 30 de Junio, 2019

#### Resumen

El objetivo de este artículo es presentar los resultados del estudio de la eficiencia instantánea térmica de un campo de colectores cilíndrico parabólico, que alimentaran de vapor saturado a una microturbina de 5 kw de potencia, tomando en cuenta que la radiación promedio en la Nezahualcoyotl estado de México es de 650 w/m<sup>2</sup>, el conjunto cuenta con cuatro concentradores, cada concentrador cilíndrico parabólico (CCP) tiene 2 m de largo y 1,50 m de ancho, con un ángulo de apertura de 90° y una razón de concentración de 5, se utilizó aluminio súper pulido con un factor de reflectancia de 0.87. y la meta es construir un ciclo Rankine simple. Además se ha diseñado y construido un sistema electrónico que tiene la capacidad de seguir de forma autónoma, el sistema de seguimiento funciona sin el uso de sensores fotosensibles para evitar conflictos con el contexto que le rodea y que sea de un costo accesible. De acuerdo a los resultados de las pruebas aplicadas la eficiencia global del campo de colectores solares fue de alrededor del 70%, y el conjunto concentradores generó energía térmica, cercana a 7 kW térmicos de vapor saturado, requerida por la microturbina de vapor.

**Solar, Concentrador parabólico, Seguidor solar**

#### Abstract

The aim of this article is to present the results of the study of the instantaneous thermal efficiency of a field of parabolic cylindrical collectors, which will feed saturated steam to a micro turbine of 5 kw of power, taking into account that the average radiation in the Nezahualcoyotl state of Mexico is 650 w / m<sup>2</sup>, the set has four concentrators, each parabolic cylindrical concentrator (CCP) is 2 m long and 1.50 m wide, with an opening angle of 90° and a concentration ratio of 5 , super polished aluminum with a reflectance factor of 0.87 was used to build a simple Rankine cycle. In addition, an electronic system has been designed and built that has the ability to follow autonomously, the tracking system works without the use of photosensitive sensors to avoid conflicts with the surrounding context and that is of an accessible cost. According to the results of the tests applied, the overall efficiency of the solar collector field was around 70%, and the concentrators group generated thermal energy, close to 7 kW thermal saturated steam, required by the steam micro turbine.

**Solar, Parabolic concentrator, Solar tracker**

**Citación:** FRANCO-MARTÍNEZ, David & RAMÍREZ-SILVA, Pablo. Estudio de la eficiencia instantánea térmica de un campo de colectores cilíndrico parabólico. Revista de Sistemas Experimentales. 2019. 6-19: 1-5

\* Correspondencia del Autor (david\_francom@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Al principio del proyecto se caracterizó un concentrador cilíndrico parabólico (CCP), de 2 m de largo y 1,20 m de ancho, con un ángulo de apertura de  $90^\circ$  y una razón de concentración de 7.6, con tubo de cobre como concentrador de 5 cm de diámetro, con aluminio súper pulido y una reflexión de 0,8 el cual se utilizó como material reflectante (Figura 1).

Este concentrador generó el vapor de agua como fluido de trabajo para una microturbina de vapor experimental. A partir de estos datos se dimensionó un sistema mas grande para aportar vapor a una microturbina de vapor de 5 kW de potencia térmica, una vez construido se decidió conocer la eficiencia real del sistema, por lo cual se aplicaron las normas ANSI/ASHRAE, 93-1986 como guía para la evaluación del del campo de colectores, y la Norma NMX-ES-001-NORMEX-2005 para sistemas de calentamiento de agua.

Esto permite tener una metodología de análisis aplicable a cualquier sistema de calentamiento solar, desde el punto de vista termodinámico aplicando un balance de masa y energía.



**Figura 1** Concentrador parabólico cilíndrico experimental

A continuación, se explican los pasos a seguidos desde el diseño del sistema de colectores solares hasta las pruebas realizadas.

## Dimensionamiento del campo de colectores

A partir de estos resultados se procedió al diseño de la nueva parábola para el campo de colectores, tomando en cuenta la ecuación que la radiación promedio en la Ciudad de Nezahualcoyotl estado de México es de  $650 \text{ w/m}^2$ , promediados con datos de una estación meteorológica en la Facultad de Estudios Superiores Aragón, para 2019.

De acuerdo con los datos generados en el concentrador experimental y tomando en cuenta la eficiencia de la turbina (80%) para convertir el calor útil del vapor a energía eléctrica, el cálculo del área requerida será expresado con la siguiente ecuación:

$$A_r = Q_u / (\eta_{\text{globalcolector experimental}} * G_b * \eta_{\text{turbina}}) \quad (1)$$

Donde:

$Q_u$  es el calor útil

$G_b$  es la radiación solar

$A_r$  es el área bruta del colector

Por lo tanto para poder generar 5 kW de energía, una eficiencia global del colector esperada del 70% y una eficiencia estimada de la turbina de 80%, se requerirán un área mínima de  $14 \text{ m}^2$ .

Tomando como base el modelo estudiado se decidió que cada concentrador cilíndrico parabólico (CCP) tendrá 2 m de largo y 1,50 m de ancho y un tubo concentrador de cobre para gas de 5 cm de diámetro y 2m de largo, con un ángulo de apertura de  $90^\circ$ , dando una razón de concentración de 9.5, con aluminio súper pulido y una reflexión de 0,8, por lo que se requerirán cinco concentradores.

## Construcción del perfil de la parábola

Se utilizó un software para obtener las coordenadas de la parábola en función del diámetro y profundidad utilizando la ecuación de la parábola anterior, la cual es:

$$(1/4)FX^2 \quad (2)$$

Concluyendo que al utilizarse una placa de aluminio de 0.91 m de ancho por 3.05 m y un espesor de 0.98 mm, debíamos obtener 4 bastidores para el soporte de cada colector por placa, se ajustaron las dimensiones de la parábola de acuerdo con los siguientes datos:

FRANCO-MARTÍNEZ, David & RAMÍREZ-SILVA, Pablo. Estudio de la eficiencia instantánea térmica de un campo de colectores cilíndrico parabólico. Revista de Sistemas Experimentales. 2019

- Diámetro: 150 cm
- Profundidad: 40 cm

Obteniéndose una distancia focal: 35.15 cm, para no desperdiciar material y obtener un área de 3 m<sup>2</sup> por parábola.

Dicha ecuación con coordenadas sirvieron para dibujar la curva en AutoCAD, mediante la función spline. Una vez obtenida la curva, se dibujó el esbozo de los soportes del panel, así como se muestra en la imagen (Figura 2 y 3).

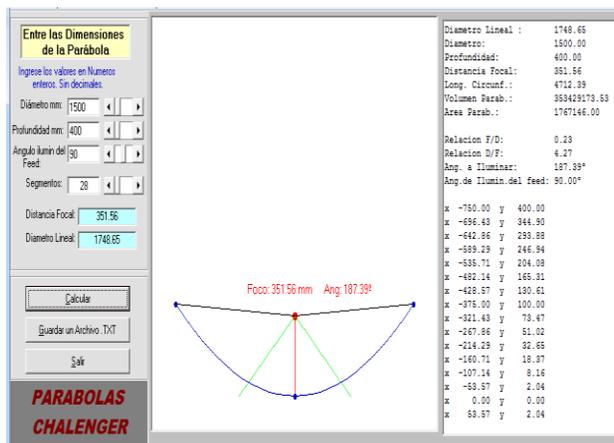


Figura 2 Parábola dibujada con Auto CAD

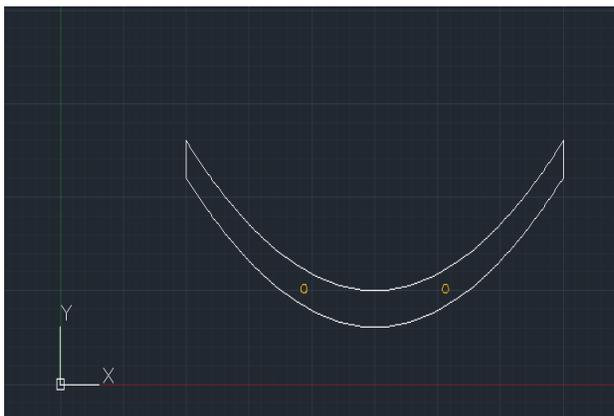


Figura 3 Perfil de la parábola

Se realizaron pruebas de funcionamiento acoplado a un sistema de almacenamiento de agua (termo tanque) junto con el seguidor solar y probar la eficiencia del sistema total de calentamiento de agua Ver figura 4.



Figura 4 Prototipo final acoplado en la estructura diseñada

La norma ANSI/ASHRAE, 93-1986 se utilizó como guía para la evaluación del CCP. Así también, se utilizaron las pruebas experimentales del calentamiento de agua, para la aplicación de la Norma NMX-ES-001-NORMEX-2005. A continuación, se describen en forma específica los pasos a seguir.

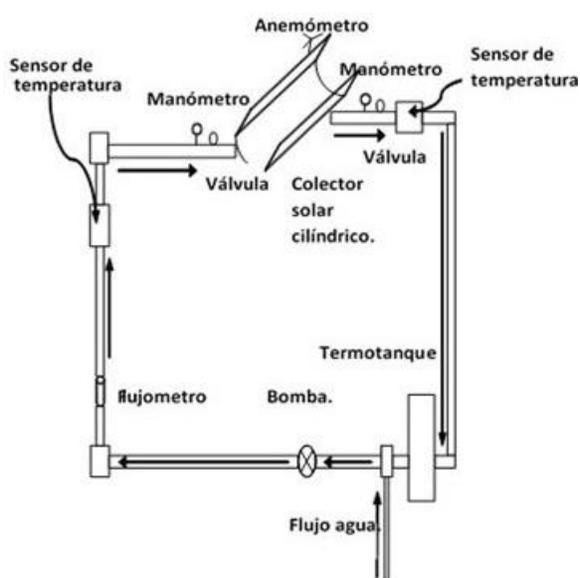
### Esquema general del equipo

En la figura 5 se observa el esquema del dispositivo experimental que se implementó para la evaluación del CP, requerido para poder realizar la colocación de equipos de medición y poder obtener los datos para calcular la eficiencia instantánea del sistema.

Los principales componentes son:

1. Tanque de almacenamiento de agua. Para la suministrar agua al sistema y recircularla
2. Bomba de agua Marca SIEMENS Motor eléctrico monofásico de 1/4 HP Monofásica Centrifuga Conexiones Succión 1 1/4", Descarga 1" F.S 1.30 PRM. 3475 Voltaje 127v -220v Hz 60 Corriente Nominal A 12,5/6,0 Corriente FS (A) 14,0/8,0; para comprimir el fluido de trabajo, mantener el ciclo de trabajo de prueba.
3. Válvulas de aguja y de compuerta para desviar el flujo.
4. Medidores de presión o traductores de presión.
5. Termopares de temperatura.

6. Sistema de adquisición de datos LabVIEW, con un complemento de software que ayuda a realizar muchas operaciones de base de datos para conectarse fácilmente a bases de datos en una hoja de Excel para calcular la eficiencia instantánea del sistema de concentración.
7. Anemómetro, equipo medidor de la velocidad de aire.
8. Rotámetro Flujómetro FLOCAT en Polysulphone. Para AGUA, Rango: 4 - 18 GPM se determina el flujo de agua durante las pruebas

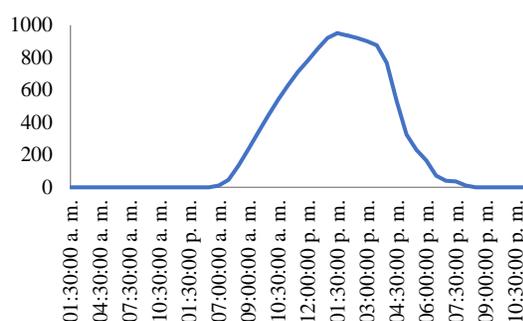


**Figura 5.** Esquema del equipo utilizado.

## Resultados

Las pruebas experimentales realizadas al campo de concentradores solar consistieron en determinar los servicios globales ofrecidos para el calentamiento de agua, que incluyen la determinación de la eficiencia instantánea de concentrador con la radiación normal a la superficie colectora, la medición de la capacidad calorífica efectiva del concentrador y la determinación de la constante de tiempo. La prueba se realizó el día 7 de mayo, en la figura 6 se puede observar la radiación solar:

**Solar Rad W / m<sup>2</sup> 7 de mayo de 2019**



**Gráfico 1** Irradiación solar del 7 de mayo en la FES Aragón

Conforme el fluido fluye a través del receptor, este va ganando calor provocando que el flujo másico no sea uniforme, a consecuencia de esto, el factor FR es variable y así mismo el rendimiento térmico del sistema. El factor FR es una función del valor del flujo, en los calentadores de agua y los cambios en el flujo son una diferencia significativa. En el rendimiento del colector. Además las pérdidas de calor en los tubos, son significativas, debido a que no están aislados y las longitudes son grandes.

El rendimiento térmico del colector solar se determina mediante la obtención de valores de eficiencia instantánea de una combinación de valores de radiación incidente, temperatura ambiente, y la temperatura del agua de entrada. Esto requiere medir experimentalmente la radiación solar incidente sobre el colector solar, así como la tasa de incremento de la energía calorífica en el agua mientras pasa a través del colector solar, todo bajo condiciones de estado estacionario o cuasi-estacionario.

El método experimental de acuerdo a la norma NMX-ES-001-NORMEX-2005 para realizar las mediciones, debe ser en estado estable o casi-estacionario, siendo los parámetros a registrar la temperatura de entrada y salida del fluido de trabajo y determinar el calor útil ganado  $Q_u$ . Así también, se determina la eficiencia instantánea del colector.

$$\eta = Q_u / A_c G_b \quad (3)$$

Donde:

$Q_u$  es el calor útil

$G_b$  es la radiación solar

$A_c$  es el área bruta del colector.

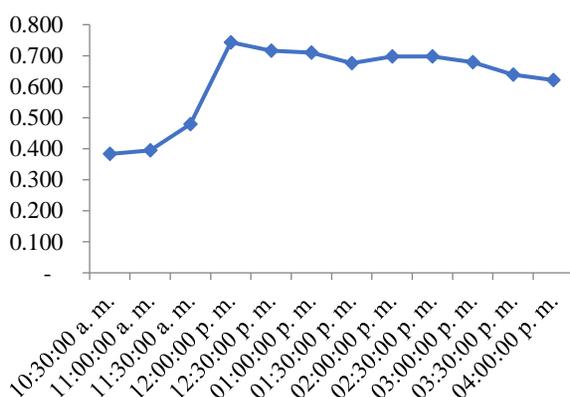
Donde la Ec. (3), es para evaluar el calor útil, que depende de la temperatura de entrada y salida del fluido y del flujo másico que circula a través del colector.

$$Q_u = mC_p (T_{salida} - T_{entrada}) \quad (4)$$

Por lo que la eficiencia se puede calcular como:

$$\eta = mC_p (T_{salida} - T_{entrada}) / AcGb \quad (5)$$

Al graficar los resultados obtenemos los valores de la figura 7.



**Gráfico 2** Eficiencia experimental medida para un campo CCP. Prueba del 7 de mayo de 2019.

## Conclusiones

Cabe señalar que las eficiencias reportadas para el campo de colectores se vieron afectada por las pérdidas por convección ya que el concentrador no se encuentra encapsulado en un tubo de vidrio, lo cual disminuiría estas pérdidas. Las eficiencias térmicas del sistema de concentración estuvieron en promedio del 70 %. El objetivo del proyecto fue el de generar una metodología de análisis de sistemas de concentración solar y generar material para nuevas experimentaciones en esta energía renovable, ya que en la literatura no existe una forma práctica de evaluación de sistemas de concentración.

Se manejó un flujo relativamente bajo (0.575 litros por minuto) y lo que se deben realizar pruebas para flujos mayores, las cuales no se pudieron realizar por falta de tiempo, y es obvio que la eficiencia bajara. Se recomienda aumentar a 3 colectores más para alcanzar condiciones de vapor mejores

## Referencias

Birnbaum J., Feldhoff J., Fitchner M., Hirsch T., Jöcker M., Pitz-Paal R., and Zimmermann G., "Steam temperature stability stability in a direct steam generation solar power plant", Solar Energy Vol 85, 2011, 660 - 668.

Duffie A. J., Beckman A. W., Solar Engineering of Thermal Processes, 3rd edition, John Wiley and Sons, Inc., Wisconsin, 2006.

Eck M., Zarza E., "Saturated steam process with direct steam generating parabolic troughs", Solar Energy, Vol. 80, 2006, 1424 - 1433.

Enciso Contreras E., Desarrollo de un software para el diseño de concentradores solares de canal parabólico, tesis de maestría, SEPI - ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, 2012.

García-Valladares O., Velázquez N., "Numerical simulation of parabolic trough solar collector: Improvement using counter flow concentric circular heat exchangers", International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 52, 2008, 597 - 609.

Hottel H. C., "A simple Model for estimating the transmittance of direct solar radiation through clear atmospheres", Solar Energy, Vol. 18, 1976, 129 - 134.

Incropera F. P., DeWitt D.P., Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 6th edition, John Wiley and Sons, New York, 2007.

Kalogirou S., Solar Engineering Processes and Systems, 1st. edition, Elsevier Inc., New York, 2009.

Kalogirou S., Lloyd S., Ward J., "Modelling, optimization and perform

## Diseño experimental de Aerogenerador tipo Savonius

### Experimental design of Savonius wind turbine

SANCHEZ-CORTEZ, Jose Alfonso, CHAVEZ-CASTILLO, José Giovanni, SANCHEZ-GUTIERREZ, Carlos Ernesto y TRINIDAD-SULVARAN, Ingrid Aranxa

*Universidad Tecnologica de Altamira*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Jose Alfonso, Sanchez-Cortez* / CVU CONACYT ID: 500152

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *José Giovanni, Chavez-Castillo* / ORC ID: 0000-0003-1464-9815

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Carlos Ernesto, Sanchez-Gutierrez* / ORC ID: 0000-0002-9636-9018

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Ingrid Aranxa, Trinidad-Sulvaran* / ORC ID: 0000-0002-8222-4651

DOI: 10.35429/JOES.2019.19.6.6.13

Recibido: 11 de Abril, 2019; Aceptado 30 de Junio, 2019

#### Resumen

Este proyecto está relacionado con la tecnología en energías renovables, se describe el cálculo y el diseño de un aerogenerador de eje vertical tipo Savonius experimental. Se tiene como objetivo la adquisición de información necesaria para la construcción y modelado de un aerogenerador experimental. Con los resultados obtenidos, se podría llegar a tener datos como velocidad de viento e información para modificar la construcción del prototipo de acuerdo con estas características y cubrir así las necesidades energéticas con las que se cuenta. Se realizó un amplio estudio en donde se obtuvo el recurso eólico con el que se cuenta en la zona en la que se va a aplicar, debido a que el estudio de velocidad del viento proviene del lugar de instalación. Los cálculos realizados incluyen la generación de potencia eléctrica aprovechable a partir de la velocidad del viento y la velocidad a la que puede llegar a girar el dispositivo.

**Savonius, Aerogenerador, Energías Renovables**

#### Abstract

This project applies renewable energy technology, the calculation and design of an experimental Savonius vertical axis wind turbine is described. The objective is to acquire the necessary information for the construction and modeling of an experimental wind turbine. This prototype was constructed to use the movement of the air to generate electricity in a clean and non-contaminant way. The parts were assembled to make as much energy as its possible, those designs were calculated using the formulas of wind resource harnessing. Following this clean and non contaminant ideas, we recycled most of the materials used for the construction of this prototype. We calculated the rotative speed of the device according to the wind, we also calculated the electric energy that the device could generate with the wind. We studied the environment data such as wind speed, temperature for three weeks, where installed the experimental device it is going to be.

**Renewable Energies, Wind Turbine, Savonius**

**Citación:** SANCHEZ-CORTEZ, Jose Alfonso, CHAVEZ-CASTILLO, José Giovanni, SANCHEZ-GUTIERREZ, Carlos Ernesto y TRINIDAD-SULVARAN, Ingrid Aranxa. Diseño experimental de Aerogenerador tipo Savonius. Revista de Sistemas Experimentales. 2019. 6-19: 6-13

\* Correspondencia del Autor (jsanchez@utaltamira.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El Diseño Experimental de Aerogenerador Tipo Savonius, es un prototipo modelado a escala por los alumnos de ingeniería del 8vo cuatrimestre en Energías Renovables de la Universidad Tecnológica de Altamira. Este proyecto es desarrollado con la finalidad de presentar una alternativa al estudio de la energía eólica durante el periodo de educación de alumnos de nivel medio superior y superior, el cual consta de un modelo a escala de un generador eólico tipo Savonius.

El prototipo, constara con un sistema de medición de velocidad del viento, rotaciones por minuto (RPM) y generación de energía, para que, con estos datos generados por medio de un sensor de Efecto Hall conectado a un Arduino, llevar a cabo prácticas con mayor valor interactivo hacia los estudiantes y de este modo comparar con mayor facilidad los datos recaudados del prototipo con los datos generados en el aula durante clase.

## Antecedentes

Un molino es una máquina que transforma el viento en energía aprovechable, que proviene de la acción de la fuerza del viento sobre unas aspas oblicuas unidas a un eje común. El eje giratorio puede conectarse a varios tipos de maquinaria para moler grano, bombear agua o generar electricidad. Cuando el eje se conecta a una carga, como una bomba, recibe el nombre de molino de viento. Si se usa para producir electricidad se le denomina generador de turbina de viento. Los molinos tienen un origen remoto. (Voneschen, 2017)

La referencia más antigua que se tiene es un molino de viento que fue usado para hacer funcionar un órgano musical en el siglo I era común. Los primeros molinos de uso práctico fueron construidos en Sistan, Afganistán, en el siglo VII. Estos fueron molinos de eje vertical con hojas rectangulares (Voneschen, 2017). Aparatos hechos de 6 a 8 velas de molino cubiertos con telas fueron usados para moler cereales o extraer agua.

## Siglo I D.C.

Herón de Alejandría inventa el primer molino de viento y se gana un lugar en la historia. Herón, aprovechó el poder del viento para accionar un órgano musical.

Las aspas del molino, estaban unidas a un eje que impulsaba unos pistones hacia arriba y hacia abajo para producir sonidos con el órgano.

## Siglo IX D.C.

Los persas construyen un molino de viento que posiblemente era utilizado para bombear agua o moler maíz. Las velas verticales con las que se accionaba el molino, eran probablemente hechas de caña y madera. Las velas se encontraban al interior de una construcción amurallada con una puerta abierta en el frente, que guiaba el viento a través de la máquina.

## Siglo XII D.C.

En este siglo ya se construyen molinos de viento en Europa. Este tipo de molino de viento se fabricaba sobre un poste vertical, con un sistema rotacional de manera que el molino pudiera moverse con la dirección del viento. Estos molinos verticales eran comúnmente utilizados para moler maíz o bombear agua.

## Siglo XIII D.C.

Los molinos de torre, fueron el diseño más novedoso en el oeste de Europa durante este siglo. Estos molinos se construían en grandes torres de piedra, tenían aspas y un rotor montado en el techo de la torre. Se colocaba también una veleta detrás de las aspas, para guiarlas en la dirección del viento.

## Siglo XIX D.C.

En 1887, el inventor estadounidense Charles Brush, construyó la primera turbina eólica automática. Se le llamó "turbina eólica" por primera vez y no "molino de viento" ya que se utilizaba para generar electricidad. La turbina eólica pesaba 4 toneladas y alimentaba a un generador de 12 kW de potencia.

## 1922

La turbina eólica Savonius, es una turbina de ejes verticales inventada por el ingeniero finlandés Sigurd Johannes Savonius. La turbina Savonius es un dispositivo de arrastre, es decir que la energía rotacional se genera por el empuje del viento y no por sustentación aerodinámica, como la mayoría de las turbinas modernas.

**1927**

La turbina eólica Giromill, es una turbina de eje vertical con diseño Darrieus. La turbina Giromill utiliza sustentación en vez de arrastre y es habitualmente fabricada con dos o tres aspas que rotan alrededor de un eje central. La turbina Giromill es una turbina de baja eficiencia ya que necesita de vientos de alta velocidad para comenzar a rotar.

**1931**

La turbina eólica Darrieus es también conocida como la turbina “batidora de huevos”. Inventada por el ingeniero francés Georges Jean Marie Darrieus. El diseño de esta turbina usualmente consta de dos aspas que giran en torno a una torre de eje vertical, con un generador eléctrico cerca de la base de la máquina.

**1941**

En 1941 la turbina eólica Smith-Putnam, fue la primera turbina eólica de tamaño megawatt. Era una turbina con dos aspas de 53 metros de diámetro y construida sobre una torre de celosía de 36 metros de alto. Sólo operó por 1100 horas, hasta que una de las aspas falló.

**Turbina eólica moderna**

La turbina eólica moderna, es el resultado de años de desarrollo e investigación científica. Hoy en día, la mayoría de las turbinas modernas provienen de la familia de las turbinas con ejes horizontales y tienen 3 aspas. Las aspas o palas de las turbinas eólicas, tienen un diseño similar a las alas de los aviones y utilizan el sustento aerodinámico del viento para rotar. (Eolicos, 2018)

Las turbinas modernas fueron desarrolladas a comienzos de 1980, si bien, los diseños continúan en desarrollo. La industria de la energía eólica en tiempos modernos comenzó en 1979 con la producción en serie de turbinas de viento por los fabricantes Kuriant, Vestas, Nordtank, y Bonus. Aquellas turbinas eran pequeñas para los estándares actuales, con capacidades de 20 a 30 kW cada una. Desde entonces, la talla de las turbinas ha crecido enormemente, y la producción se ha expandido a muchos países. (Voneschen, 2017).

**Objetivo****Objetivo General**

Diseñar un prototipo a escala de un aerogenerador Tipo Savonius que sirva de herramienta didáctica para ser utilizado por alumnos de educación media superior y superior, así como realizar la toma de datos cuantificables, como lo son la velocidad del viento, velocidad de rotación del prototipo y generación eléctrica estimada entre otros, mostrando así la importancia de la captura de datos para la instalación de un equipo a grande escala.

**Objetivos Particulares.**

- Diseño y construcción de un modelo a escala de un aerogenerador tipo Savonius, para utilizarlo con fines didácticos en un ambiente medio superior y superior.
- Promover la práctica de las estimaciones y cálculo de generación eléctrica para explotar la fuerza del viento y sus efectos en el aerogenerador dentro de los ambientes educativos, evitando así la instalación innecesaria o desaprovechamiento del recurso eólico.

**Justificación**

Proveer a el alumnado de educación media y superior, de un equipo didáctico capaz de enseñar de una manera más fácil y eficiente, el funcionamiento de un aerogenerador de eje vertical tipo Savonius, explicando desde la construcción de mismo hasta su funcionamiento interno, para la medición de datos.

**Marco teórico**

Los aerogeneradores producen electricidad aprovechando la energía natural del viento para impulsar un generador. El viento es una fuente de energía limpia, sostenible que nunca se agota, y la transformación de su energía cinética en energía eléctrica no produce emisiones. (Sanchez, 2017). A finales del siglo XIX aparecen las primeras turbinas eólicas para generar electricidad. Pero no fue hasta después de la II Guerra Mundial, cuando una compañía danesa empezó a fabricar las primeras turbinas de corriente alterna.

Sin embargo, el gran interés por esta energía renovable, vino con la primera crisis del petróleo (1973), y en los años 80, surgió el *boom* industrial y tecnológico para los generadores modernos.

Elementos básicos de un aerogenerador de 3 palas:

**Góndola:** Contiene los componentes clave del aerogenerador, incluyendo el multiplicador y el generador eléctrico. El personal de servicio puede entrar en la góndola desde la torre de la turbina. A la izquierda de la góndola se en el rotor del aerogenerador, es decir las palas y el buje. (Sanchez, 2017)

**Palas del rotor:** Capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. En un aerogenerador moderno de 600 kW, cada pala mide alrededor de 20 metros de longitud y su diseño es muy parecido al del ala de un avión. (Sanchez, 2017)

**Buje:** El buje del rotor está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador. (Sanchez, 2017)

**Eje de baja velocidad:** Conecta el buje del rotor al multiplicador. En un aerogenerador moderno de 600 kW el rotor gira muy lento, aproximadamente de 19 a 30 revoluciones por minuto (r.p.m.) El eje contiene conductos del sistema hidráulico para permitir el funcionamiento de los frenos aerodinámicos. (Sanchez, 2017)

**Multiplicador:** Tiene a su izquierda el eje de baja velocidad. Permite que el eje de alta velocidad que está a su derecha gire 50 veces más rápido que el eje de baja velocidad. (Sanchez, 2017)

**Eje de alta velocidad:** Gira aproximadamente a 1.500 r.p.m. lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina. (Sánchez, 2017)

**Generador eléctrico:** Suele ser un generador asíncrono o de inducción. En los aerogeneradores modernos la potencia máxima suele estar entre 500 y 1.500 kW. (Sanchez, 2017)

**Controlador electrónico:** Es un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción (por ejemplo, un sobrecalentamiento en el multiplicador o en el generador), automáticamente para el aerogenerador y llama al ordenador del operario encargado de la turbina a través de un enlace telefónico mediante un modem. (Sanchez, 2017)

**Unidad de refrigeración:** Contiene un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico. Además, contiene una unidad refrigerante por aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores refrigerados por agua. (Sánchez, 2017)

**Torre:** Soporta la góndola y el rotor. Generalmente es una ventaja disponer de una torre alta, dado que la velocidad del viento aumenta conforme nos alejamos del nivel del suelo. Una turbina moderna de 600 kW tendrá una torre de 40 a 60 metros (la altura de un edificio de 13 a 20 plantas). (Leiva, 2017)

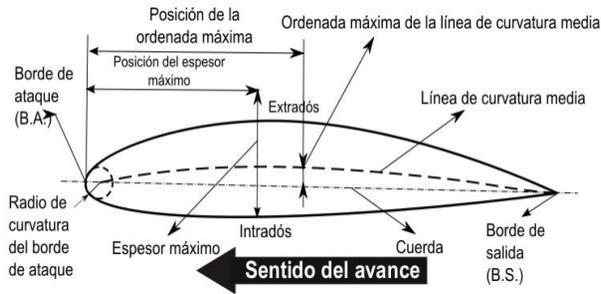
Las torres pueden ser bien torres tubulares o torres de celosía. Las torres tubulares son más seguras para el personal de mantenimiento de las turbinas ya que pueden usar una escalera interior para acceder a la parte superior de la turbina. La principal ventaja de las torres de celosía es que son más baratas. (Leiva, 2017)

**Mecanismo de orientación:** Está activado por el controlador electrónico, que vigila la dirección del viento utilizando la veleta. (Sanchez, 2017)

### Principio de sustentación

Para entender el funcionamiento de un aerogenerador, se tiene que comprender este principio, ya que la correcta operación de una turbina eólica es dependiente de dicho principio. (Pablo Bejerano, 2016)

Este principio viene implicado en los alerones o alas de un avión. Esto quiere decir que un ala está hecha en dos partes, la superior y la inferior, donde la velocidad del viento se comporta de manera diferente. En la siguiente imagen se muestran las partes anteriormente mencionadas:



**Figura 1** Ala bajo el principio de sustentación

Como se observa en la imagen, tanto el ala de un avión está hecha bajo principios físicos, de la misma manera, las aspas de un aerogenerador. Se pueden derivar las siguientes partes del ala mostrada en la imagen:

- Extradós: Es la parte superior del ala (La parte que mira al cielo). Esa parte está más curvada (se menciona la razón más adelante).
- Intradós: Parte inferior del plano (La que mira al suelo). Esta parte tiene menos curvatura.
- Borde de ataque: La parte delantera del plano. Donde primero impactan las partículas de aire.
- Borde de salida o de fuga: Parte trasera del plano.
- Cuerda: Línea imaginaria que se forma al unir el borde de ataque con el borde de salida.

Como se aprecia en la imagen, la parte superior e inferior tienen diferente curvatura, lo que hace que el viento se tenga que mover más rápido al cruzar la parte superior por la mayor distancia, y por abajo tendría que ir más lento, por la menor distancia. (Pablo Begerano, 2016) Una vez que se tiene este principio claro, se continúa con el teorema de Bernoulli, que estipula lo siguiente:

Al aumentar la velocidad de las partículas de aire, su presión disminuye y de manera viceversa. De lo que se obtiene:

- Más velocidad en el aire = Menos presión.
- Menos velocidad en el aire = Más presión.

En base a lo anterior se puede concluir que en el extradós (parte superior) el aire va más rápido, por lo que hay menos presión y en el intradós (parte inferior) va más lento, por lo que hay más presión, esto crea una fuerza que empuja al ala hacia arriba. (Pablo Begerano, 2016).

Entendiendo este principio, se comprende que de esta misma manera funciona un aerogenerador, las aspas están hechas de la misma forma, utilizando principios físicos que le permiten girar con facilidad, aún con poca velocidad del viento. (Pablo Begerano, 2016)

### Aerogeneradores de Eje Vertical

Como su nombre lo indica, este tipo de aerogeneradores tienen la característica de que sus palas rotan en torno a un eje vertical, lo que presenta tres ventajas fundamentales con respecto a los aerogeneradores de eje horizontal:

- La sujeción de las palas es de fácil diseño y ejecución.
- No precisan sistema de orientación para captar la energía del viento.
- Fácil ubicación del tren de potencia, generador y transformador, a nivel del suelo.

Como se mencionó anteriormente, este tipo de aerogeneradores no necesitan mecanismo de orientación, a pesar de esto su producción energética es menor y dependiendo del tipo de aerogenerador puede necesitar un motor para romper la inercia y se le pueda poner en marcha. De los aerogeneradores verticales se derivan tres tipos:

#### Savonius:

Se caracteriza por tener dos semicírculos desplazados horizontalmente a una determinada distancia, a través de la cual el aire es desplazado, por lo que tiene una pequeña producción energética. (Structuralia, 2018).

#### Darrius:

Este tipo de aerogenerador está compuesto por dos o más palas biconvexas que se unen al eje vertical tanto por la parte superior e inferior, lo que permite el aprovechamiento de una alta gama de velocidades del viento, pero para poder girar necesitan un tipo de rotor Savonius. (Structuralia, 2018).

### Giromill:

Tiene un conjunto de palas verticales unidas con dos barras en el eje vertical y ofrece un rango de suministro energético de 10 a 20 kW. (Structuralia, 2018).

En palabras generales se concluye que el rendimiento de los aerogeneradores de eje vertical se encuentra por debajo de la mitad que el de su competencia directa, que son los de eje horizontal, hecho que ha empujado a las industrias a enfocar su atención a los del segundo caso (eje horizontal). (Sanchez, 2017)

### Desarrollo

#### Cálculos involucrados en el diseño

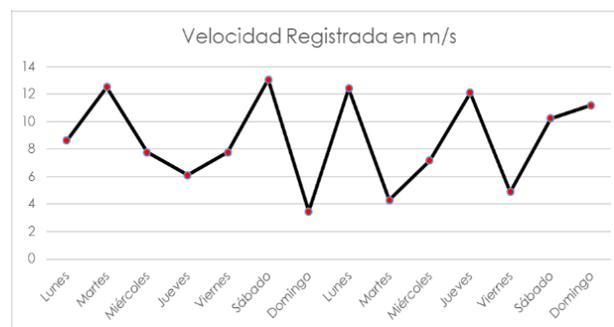
En primer lugar, se tiene que considerar el cálculo del viento y estimación aproximada de posible potencia en función del viento. Esto se hace con un anemómetro, que es un dispositivo capaz de registrar velocidades del viento, dependiendo del modelo también puede medir temperatura, presión, entre otros parámetros necesarios que se deben considerar para la colocación de un aerogenerador. (Roman, 2018)

#### Estudio del viento

En el estudio llevado a cabo en la Universidad Tecnológica de Altamira, registramos los siguientes valores de velocidad media por día del viento por 14 días.

Día	Velocidad Registrada en m/s
Lunes	8.61
Martes	12.5
Miércoles	7.77
Jueves	6.11
Viernes	7.77
Sábado	13.05
Domingo	3.47
Lunes	12.4
Martes	4.3
Miércoles	7.16
Jueves	12.1
Viernes	4.9
Sábado	10.23

De la tabla anterior, se obtuvo la conclusión que generalmente se tiene un buen recurso eólico que no se aprovecha. Se muestra en la siguiente gráfica el comportamiento del viento obtenido.



#### Cálculo de potencia

Una vez obtenidos los valores anteriores se procede en obtener el cálculo aproximado obtenido del límite de Betz (en el que explica la obtención de la potencia estimada a partir de la velocidad del viento y del diámetro del aerogenerador). La fórmula dice que en condiciones ideales se puede obtener la siguiente potencia:

$$P = (0.29)(D^2)(V^3)$$

Donde:

(0.29): Es una constante.

D: Es el diámetro del aerogenerador.

V: Es la velocidad del viento.

Pero como sabemos, las condiciones ideales no existen, como se dio cuenta el científico alemán Betz, por lo que desarrolló una fórmula restando el posible desaprovechamiento completo del viento, la resistencia al aire de las aspas y que los rodamientos no giran a la máxima velocidad aprovechable.

$$P = (0.15)(D^2)(V^3)$$

Para obtener el valor del viento, obtuvimos la media de los datos colectados por los 14 días, dando un valor de **8.68 m/s**. Sustituyendo en la fórmula, se obtiene que obtendríamos un valor aproximado de **0.1363 W**. De lo que concluimos es una buena cantidad de potencia. (Roman, 2018)

#### Cálculo de velocidad de giro de una eólica

Este cálculo es para aproximar a cuánta velocidad en rpm giraría la turbina eólica. La fórmula estipula lo siguiente:

$$n = \frac{(60)(\lambda)(v)}{(\pi)(D)}$$

Donde:

$N$  = es el número de revoluciones por minuto [rpm].

$\lambda$  = se llama velocidad específica y se denomina (TSR). Este factor depende del tipo de eólica (rápida o lenta). Puede tener un valor comprendido entre aprox. 0.80 y 10. (Se le asigna un valor de 0.9).

$v$  = es la velocidad del viento en metros por segundo [m/s].

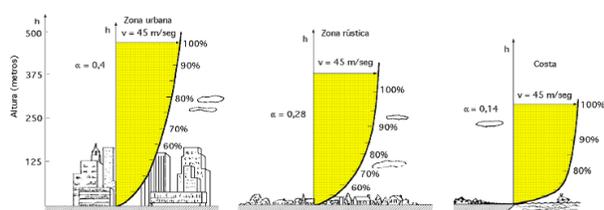
$D$  = es el diámetro de la eólica en metros [m].

$\pi$  = es pi (3,1415926).

La fórmula se muestra con nuestros datos:

$$n = \frac{(60)(0.9)(8.68 \text{ m/s})}{(\pi)(0.260 \text{ m})} = 573.83 \text{ RPM}$$

Lo que dice que a una velocidad promedio giraría bastante rápido considerando las características del aerogenerador. Se tiene en cuenta que la velocidad del viento varía conforme a la altura como se aprecia en la siguiente imagen.



**Figura 3** Se muestran las variaciones del viento con respecto a la altura (Quintana, 2015)

### Curva de potencia

La curva de potencia se calculó en base a los datos obtenidos de la velocidad del viento, como se muestra en la siguiente tabla:

Potencia en watts	Velocidad del viento en m/s
0.0157	1
0.0314	2
0.0471	3
0.0628	4
0.0785	5
0.0942	6
0.1099	7
0.1256	8
0.1413	9
0.1570	10
0.1727	11
0.1884	12
0.2041	13
0.2198	14
0.2355	15
0.2512	16
0.2669	17
0.2826	18
0.2984	19
0.3141	20

Con su respectiva gráfica:



(Navarra, 2015)

### Diseño de palas

Se sabe que para un aerogenerador con 3 aspas se debe tener un espacio de  $120^\circ$  entre cada pala, pero a pesar de esto, se tiene que calcular el diseño de las mismas, por su perfil aerodinámico, para su mejor aprovechamiento del viento. Para esto se buscan fórmulas de diseño aerodinámico, debido a su diseño no plano, si no helicoidal (esto quiere decir curvado como se muestra en la siguiente imagen).

Se escogió este tipo de aerogenerador debido a la sencillez y eficiencia en base a su diseño, en la siguiente imagen se aprecian los rendimientos de cada tipo de aerogenerador:

Para empezar, se debe asignar un coeficiente de solidez, para definir el control de la máquina a velocidades de viento, se considera que este valor debe encontrarse entre 0.20 – 0.40 debido a que para valores menores existe un mayor punto de descontrol, lo que dificulta el arranque y desplaza el coeficiente de potencia a valores de TSR (Tip Speed Ratio) más elevados.

El BAR (aspecto de álabe) es un parámetro importante que define la longitud de la cuerda ( $c$ ) y la longitud del álabe ( $l$ ). Cabe mencionar que los efectos de flujo tridimensional sobre cada sección del perfil aerodinámico tienden a despreciarse. Esto se calcula de la siguiente manera:

$$BAR = \frac{(L)}{(c)}$$

Donde:

C= Cuerda del perfil (m)

L= Longitud de los álabes (m)

Con estos datos podemos calcular el número de Reynolds, de esto depende la fineza de un ala. Este número es una medida de la calidad de circulación del aire, alrededor de la misma y que se define de la siguiente manera:

$$Re = \frac{(v)(t)}{(v)}$$

Donde:

t= Anchura del ala (Longitud de la cuerda del perfil. m)

v= Velocidad del aire que la barre (m<sup>2</sup>/s)

v= Viscosidad cinemática del aire bajo condiciones normales=  $15 \times 10^{-6}$  (m<sup>2</sup>/s)

Pero toda ala tiene su número de Reynolds crítico ( $Re_{crit}$ ). Si la medida de circulación del aire alrededor del ala es inferior a este valor crítico, el coeficiente de sustentación disminuirá, lo que resultaría en un aumento en la resistencia. En la siguiente imagen se muestra la relación de lo anteriormente estipulado:

La solidez, representa la relación de áreas entre la comprendida por los álabes del rotor, respecto del área total de barrido. Calculado de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{(N)(c)(L)}{(A)} = \frac{(N)(c)}{(D)} \sigma = \frac{(N)(c)}{(D)}$$

Donde:

$\sigma$  = Solidez

N= Número e álabes

C= Cuerda del perfil (m)

D= Diámetro del rotor (m)

L= Longitud de los álabes (m)

A= Área barrida total (m<sup>2</sup>)

(Berdugo, 2016)

### Agradecimiento

Un gran agradecimiento a la Universidad Tecnológica de Altamira por el apoyo brindado, para la realización de este proyecto, ya que sin su apoyo mucho de esto no sería posible.

### Conclusiones

El diseño de un prototipo a escala de un aerogenerador tipo savonius puede representar la importancia de la captura de datos cuantificables en el caso de un proyecto de gran magnitud como lo es un parque eólico de equipos con las mismas características.

El diseño de este proyecto puede brindar fácilmente un mejor entendimiento sobre el funcionamiento tanto interno como externo de un aerogenerador tipo savonius, siendo el mismo, un prototipo de bajo costo, que podría estar al alcance de cualquier institución educativa.

El equipo realizado fue hecho a partir de materiales reciclados como tuberías de PVC, estructuras metálicas como soportes, sensor tipo hall, activado por un imán, de esta manera se contabiliza la cantidad de rotaciones que se hacen.

### Referencias

Berdugo, O. I. (2016). Diseño y construcción de un prototipo de turbina eólica de eje vertical para generación a baja potencia.

Caíta, C. E. (2014). Diseño y construcción de mini aerogenerador de eje vertical.

Eólicos, G. (2018). Evolución de las turbinas eólicas. Obtenido de Venta de generadores eólicos.

Leiva, M. A. (2017). Diseño de una turbina eólica de eje vertical con rotor mixto.

Navarra, D. (2015). Diseño de un aerogenerador de eje vertical Tipo Savonius. Buenos Aires, Argentina.

Quintana, D. M. (2015). Diseño y cálculo de un aerogenerador de eje vertical.

Román, R. G. (2018). Diseño y calculo preliminar de la torre de un aerogenerador. Madrid, España.

Sánchez, S. d. (2017). Diseño de un aerogenerador tipo H-Dairreus. Valladolid, España.

Voneschen, M. F. (2017). Como construir un generador eolico.

SANCHEZ-CORTEZ, Jose Alfonso, CHAVEZ-CASTILLO, José Giovanni, SANCHEZ-GUTIERREZ, Carlos Ernesto y TRINIDAD-SULVARAN, Ingrid Aranxa. Diseño experimental de Aerogenerador tipo Savonius. Revista de Sistemas Experimentales. 2019

## Estudio de corrientes y velocidades de aire, para la implementación de generadores eólicos

### Study of currents and air velocities, for the implementation of wind generators

ZAMORA-CASTRO, Sergio Aurelio\*†, MOLINA-NAVARRO, Antonio, DIAZ-VEGA, María Eugenia Alicia y SANTAMARIA-LOPEZ, Jesús

*Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Habitat*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Sergio Aurelio, Zamora-Castro / ORC ID: 0000-0002-5237-6320, CVU CONACYT ID: 104980

ID 1<sup>er</sup> Autor: Antonio, Molina-Navarro / ORC ID: 0000-0001-7949-8371, CVU CONACYT ID: 8011437

ID 2<sup>do</sup> Autor: María Eugenia Alicia, Diaz-Vega / ORC ID: 0000-0002-7582-6267, CVU CONACYT ID: 351110

ID 3<sup>er</sup> Autor: Jesús, Santamaria-Lopez / ORC ID: 0000-0003-2236-8984, CVU CONACYT ID: 404664

DOI: 10.35429/JOES.2019.19.6.14.18

Recibido 09 Abril, 2019; Aceptado 30 de Junio, 2019

#### Resumen

La demanda de energía eléctrica y los costos de producción cada vez más elevados, aunados con la necesidad de favorecer las energías renovables, obligan a proponer soluciones alternativas, que además de disminuir los costos de consumo, sean soluciones sostenibles y de muy bajo impacto ambiental. Si bien una solución se ha dado con el uso de celdas solares, éstas todavía pueden ser costosas o requerir de un mantenimiento adicional en los sistemas de fijación y soporte cuando estos se encuentran en zonas de altas concentraciones de salitre. Por lo regular estas zonas al ser costeras tienen la ventaja de recibir viento de diferentes velocidades durante prolongados espacios de tiempo durante el día, lo que puede facilitar la colocación de generadores eléctricos mediante molinos eólicos. Se realizó un estudio sobre las velocidades y direcciones del viento durante un período de tiempo, con la finalidad de establecer las condiciones y factibilidad de la colocación de estos generadores, considerando la topografía y tipología del lugar se midieron las velocidades y direcciones sobre unos de los edificios del complejo. Se obtuvo un registro que permite calcular la producción de energía y la conveniencia de explotar esta solución de energía limpia y sustentable.

**Generación de energía, Sustentabilidad, Ecología**

#### Abstract

Demand for electrical energy and rising production costs, coupled with the need to favor renewable energies, mean that alternative solutions must be proposed which, in addition to reducing consumption costs, are sustainable solutions with very low environmental impact. Although a solution has been given with the use of solar cells, these can still be expensive or require additional maintenance in the fixation and support systems when they are in zones of high nitrate concentrations. As a rule these coastal areas have the advantage of receiving wind of different speeds during prolonged periods of time during the day, which can facilitate the placement of electric generators by windmills. In the Faculty of Engineering, a zoned study was carried out on wind speeds and directions over a long period of time, in order to establish the conditions and feasibility of the placement of these generators, considering the topography and typology of the place measured speeds and directions on one of the complex buildings. Thus, a register was obtained that allows calculating the energy production and the convenience of exploiting this clean and sustainable energy solution.

**Generation of energy, Sustainability, Ecology**

**Citación:** ZAMORA-CASTRO, Sergio Aurelio, MOLINA-NAVARRO, Antonio, DIAZ-VEGA, María Eugenia Alicia y SANTAMARIA-LOPEZ, Jesús. Estudio de corrientes y velocidades de aire, para la implementación de generadores eólicos. Revista de Sistemas Experimentales. 2019. 6-19: 14-18

\* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: szamora@uv.mx)

† Investigador contribuyendo como primer Autor

## Introducción

El cuidado del ambiente es una actividad primordial en nuestros días, aunado a esto la demanda en el consumo de energía cada vez es mayor y las fuentes de donde se obtuvieron regularmente generan un impacto negativo en el ambiente. Por tal motivo, se ha incursionado en los últimos años en el uso de fuentes de energía que no produzcan residuos contaminantes, o que sea mínima la producción de estos. Hoy la mayoría de la energía eléctrica que consumimos proviene de la quema de combustibles fósiles o de las presas que forman vasos que inundan grandes extensiones de lo que otrora eran variados ecosistemas.

Una alternativa más es el uso de las corrientes de aire que surcan ciertas regiones del territorio, hoy se tienen localizadas algunas zonas o corredores donde se han construido "parques eólicos", estos se conforman por una serie de molinos de grandes aspas que utilizan la fuerza que generan las corrientes de viento para mover grandes generadores eléctricos y proveer cierta zona de energía.

Sin embargo, su localización dista de las poblaciones que serán beneficiadas con la energía producida, teniéndose que construir redes de transmisión que terminan generando también cierto impacto en los ecosistemas adyacentes.

Así como en la actualidad otro medio de energía limpia como la solar, se ha podido colocar en las azoteas de las casas, el siguiente estudio pretendió analizar las corrientes del viento en una zona específica de la Ciudad de Boca del Río Ver, para determinar la factibilidad de usar generadores eléctricos cuyos molinos se muevan por el efecto de la circulación de aire a sus alrededores.

En esta investigación se realizaron los estudios y análisis a base de la observación y censo diario pertinentes para la elaboración de un Mapa de Corrientes de Aire en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río, empleando el equipo disponible en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana (FIUV), además de datos proporcionados por el Centro de Previsión del Golfo perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

## Objetivo

Determinar mediante la obtención y análisis de los datos de las velocidades y direcciones del viento en la zona de estudio, la posibilidad de instalar generadores eléctricos a base de molinos eólicos, cuyas dimensiones sean seguras para la zona urbana y que produzcan la energía considerable para minimizar en lo posible el consumo de energía creada con combustibles fósiles y cuya inversión de operatividad sea recuperable en el corto a mediano plazo.

## Metodología

La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde. Sin embargo, el principal inconveniente es su intermitencia.

El uso de la energía eólica, parte de tres argumentos fundamentales:

- El viento es limpio
- No se agota, sino que permanentemente se renueva.
- Es gratuito.

Para poder aprovechar la energía eólica es importante hacer un estudio profuso del lugar o área designada para el montaje de todo el equipo que ha de brindar el servicio de generación de energía, es importante conocer las variaciones diurnas, nocturnas y estacionales de los vientos, la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el suelo, la cantidad de las ráfagas en espacios de tiempo breves, y valores máximos ocurridos en series históricas de datos con una duración mínima de 20 años. (Arratia Patricio, Chocala, & Rodríguez, 2017) Es también importante conocer la velocidad máxima del viento.

Para poder utilizar la energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima que depende del aerogenerador que se vaya a utilizar pero que suele empezar entre los 3 m/s (10 km/h) y los 4 m/s (14,4 km/h), velocidad llamada "*cut-in speed*", y que no supere los 25 m/s (90 km/h), velocidad llamada "*cut-out speed*". (Arratia Patricio, Chocala, & Rodríguez, 2017)

En la actualidad México se encuentra entre los primeros lugares en generación de energía eléctrica por medio de “aerogeneradores” (Asociación Latinoamericana de Energía Eólica, 2018) por lo que es factible obtener energía y satisfacer parte de la demanda doméstica con el uso combinado de “generadores eólicos” y de “celdas solares”. Específicamente refiriéndonos a la zona de estudio, la Ciudad de Boca del Río Veracruz, la posibilidad de desarrollo es indiscutible y óptima puesto que al ser una ciudad costera y rodeada de montañas da lugar a que al bajar las masas de aire éstas proporcionen un impulso a la fuerza de velocidad de los vientos, además, la superficie del mar no posee fricción contra el viento, por ende el aprovechamiento de la energía eólica generada por molinos de viento comunes, sería de excelente rendimiento energético.

Para la recolección de datos en sitio, se procedió con la selección del lugar tomando como referencia la azotea del edificio I del complejo de edificios de la Facultad de Ingeniería ubicada en Boca del Río Ver. En cuanto a la estación instalada pertenece a las series automáticas DAVIS, el modelo es Vantage Pro2, esta puede emplearse de manera cableada o inalámbrica. Cuenta con la certificación ISO 9000. Este modelo fue elegido al presentarse la disposición para ubicarlo dentro de una oficina o lugar operativo -en este caso el laboratorio de hidráulica de la FIUV- para dejar en el interior la consola de la estación con su conexión a PC fija o portátil.

La primera fase del proyecto está encaminada a la elaboración de un mapa de corrientes mediante una base de datos de viento, esta ha de ser obtenida mediante el registro diario de la estación meteorológica DAVIS y de los datos proporcionados por el Centro Meteorológico del Golfo, perteneciente a la Comisión Nacional del Agua CONAGUA.

Para el registro del Centro Meteorológico del Golfo ha sido necesario la utilización de cámara fotográfica para la toma de datos puesto que ahí los registros se toman de manera manual y los periodos son de cada 15 minutos, por ello el ir vaciando los datos dentro de esas instalaciones no era factible, después esos datos se han ido vaciando en la tabla de Excel previamente diseñada para cumplir con lo que se está requiriendo.

En cuanto a la información de la estación de la Facultad de ingeniería, el procedimiento fue más simplificado, las operaciones a realizar constaron en descargar la información al programa y éste se encargaba de ir generando los gráficos correspondientes mismas que explican de manera rápida las fluctuaciones de las diversas corrientes que se han presentado, si bien existe la opción de generar gráficos con la información que uno requiere, los registros de todos los sensores van almacenándose para un uso futuro; el formato en el que se presentan los datos es sencillo así pues, se procedió a homogeneizar mediante el traspaso de la información a las tablas ya diseñadas en Excel.

## Conclusiones

Es necesario tomar muestras que representen el comportamiento del fenómeno que se estudia, en la investigación se tomaron los meses críticos y óptimos de acuerdo a las tablas anteriores de cada año, esto para tener una media de la cantidad de días que un aerogenerador puede funcionar en las distintas temporadas, esto despejará la duda de la continuidad de esta investigación encaminado a la instalación de un aerogenerador.

De las mediciones realizadas durante ese año, se encontró que el mes más crítico fue el de abril, ya que se registraron muchos días con velocidades del viento por debajo de la mínima necesaria para el funcionamiento de un aerogenerador. Para este mes el análisis de los resultados arroja que solo el 27.12 % (Gráfica 1) del tiempo el aire sopla cuando menos con el mismo de velocidad necesaria para que un equipo pueda generar energía eléctrica



**Gráfica 1** Registro de duración de vientos mensuales



**Grafica 2** Evaluación de días con velocidades a partir de 10km/h ó 3m/s mes crítico abril

En una revisión más minuciosa, se concluyó que solo siete días de ese mes eran adecuados para la generación de energía eléctrica. Sin embargo, aun cuando los días de viento útil en marzo fueron menores, solo 6 días; las velocidades fueron mucho mayores con un promedio de 35.79%, por lo que la producción de energía eléctrica es mayor.



**Grafica 3** Evaluación de días con velocidades a partir de 10km/h ó 3m/s mes optimo marzo

Si bien el aerogenerador deberá de adaptarse a las velocidades medias registradas, es un hecho que la continuidad de este proyecto dará los resultados esperados. Con respecto a las velocidades analizadas se determina que se mantiene una constante de 6.6 m/s, siendo que la mínima con la que un aerogenerador comercial funciona requiere de 3 m/s o 10 km/h. Al hacer la suma de los vientos registrados por mes se ve reflejado que los meses con un registro menor de incidencia del viento ocurren en la temporada de verano, generalmente junio, julio y septiembre; por el contrario los meses de mayor incremento de registro de viento se dan en febrero, marzo, noviembre y diciembre.



**Grafica 3** Registro de duración de vientos mensuales marzo

**Referencias**

(Arratia Patricio , Chocala, & Rodriguez , 2017) (Asociación Latinoamericana de Energía Eólica, 2018)

[http://www.educaplus.org/climatic/01\\_atm\\_compo.html](http://www.educaplus.org/climatic/01_atm_compo.html)

[http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/san\\_juan/676/eolica\\_y\\_molinos/capitulo\\_1/cap\\_1\\_1.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/san_juan/676/eolica_y_molinos/capitulo_1/cap_1_1.htm)

[http://amdee.wsiefusion.net/amdee/que\\_es\\_la\\_amdee.htm](http://amdee.wsiefusion.net/amdee/que_es_la_amdee.htm)

<http://www.economiadelaenergia.com/energia-eolica/>

[http://es.wikipedia.org/wiki/energ%C3%ada\\_e%C3%B3lica](http://es.wikipedia.org/wiki/energ%C3%ada_e%C3%B3lica)

<http://web.ing.puc.cl/~power/alumno03/alternativa.htm>

<http://www.dforceblog.com/2012/02/27/conferencia-anual-de-energia-eolica-wind-power-mexico-2012/>

<http://www.noticiasmvs.com/noticias/internacionales/gobierno-federal-presenta-la-estrategia-nacional-de-energia-2012-2026-553.html>

[http://www.sener.gob.mx/res/pe\\_y\\_dt/pub/2012/ene\\_2012\\_2026.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/pe_y_dt/pub/2012/ene_2012_2026.pdf)

[http://www.milenio.com/topicos/milenio/energia\\_eolica.aspx?o=35](http://www.milenio.com/topicos/milenio/energia_eolica.aspx?o=35)

<http://www.milenio.com/cdb/doc/impreso/8714185>

[http://es.wikipedia.org/wiki/energ%C3%ada\\_e%C3%B3lica#energ.c3.ada\\_e.c3.b3lica\\_en\\_latinoam.c3.a9rica](http://es.wikipedia.org/wiki/energ%C3%ada_e%C3%B3lica#energ.c3.ada_e.c3.b3lica_en_latinoam.c3.a9rica)

[http://www.investigacionaccion.com.ar/cate dragalan/trabajos/1b6efdf06b35d8f62300eeab2cb45ea2\\_energia\\_eolica\\_-\\_informe+\\_laminas\\_a.pdf](http://www.investigacionaccion.com.ar/cate dragalan/trabajos/1b6efdf06b35d8f62300eeab2cb45ea2_energia_eolica_-_informe+_laminas_a.pdf)

<http://es.wikipedia.org/wiki/viento>

[http://es.wikipedia.org/wiki/energ%C3%ada\\_e%C3%B3lica](http://es.wikipedia.org/wiki/energ%C3%ada_e%C3%B3lica)

<http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2011/02/04/energia-eolica-en-mexico-2/>

<http://www.informador.com.mx/economia/2011/306628/6/invertiran-400-mdd-en-parques-de-energia-eolica-en-veracruz.htm>

<http://es.wikipedia.org/wiki/brisa>

[http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/page/cginicio/contraloria/planveracruzano/pemex\\_2008\\_01\\_1.pdf](http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/page/cginicio/contraloria/planveracruzano/pemex_2008_01_1.pdf)

<http://www.sener.gob.mx/res/0/programa%20energias%20renovables.pdf>

[http://www.energia.gob.mx/res/acerca\\_de/pr og%20esp%20aer.pdf](http://www.energia.gob.mx/res/acerca_de/pr og%20esp%20aer.pdf)

[http://www.energia.gob.mx/res/pe\\_y\\_dt/pe/mexico%20gef%20lsr dp%20pad%207%20june%2020061.pdf](http://www.energia.gob.mx/res/pe_y_dt/pe/mexico%20gef%20lsr dp%20pad%207%20june%2020061.pdf)

<http://www.mercobras.com.ar/mb1lr-vantage.htm>

<http://www.msmcomunicaciones.com/index14.htm>

<http://www.antaexclusivas.com/ant aexclusivas/dm/estaciones-meteorologicas-davis-vantage-pro-2.asp?nombre=2646&cod=2646&sesion=1>

[http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&tl=es&u=http%3a%2f%2fwww.davisnet.com%2fproduct\\_documents%2fweather%2f spec\\_sheets%2f6150\\_spec\\_rev\\_c.pdf](http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&tl=es&u=http%3a%2f%2fwww.davisnet.com%2fproduct_documents%2fweather%2f spec_sheets%2f6150_spec_rev_c.pdf)

<http://www.portalciencia.net/meteovie.html>

## Deshidratación de plátano (*Musa paradisiaca*) por medio de radiación solar en un secador directo

## Dehydration of banana (*Musa paradisiaca*) by means of solar radiation in a direct dryer

CARRILLO-CARRILLO, Manuela†\*, CASTORENA-ALEMÁN, Juan Daniel, GARCÍA-JIMENÉZ, Fátima de los Ángeles y GARCÍA-GONZÁLEZ, Juan Manuel

Universidad Autónoma de Zacatecas

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Manuela, Carrillo-Carrillo* / ORC ID: 0000-0002-6196-0561

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Juan Daniel, Castorena-Alemán* / ORC ID: 0000-0002-7925-8279

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Fátima de los Ángeles, García-Jiménez* / ORC ID: 0000-0002-2755-5458

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Juan Manuel, García-González* / ORC ID: 0000-0001-7259-5021, CVU CONACYT ID: 346241

DOI: 10.35429/JOES.2019.19.6.19.23

Recibido 09 Abril, 2019; Aceptado 28 Junio, 2019

### Resumen

El objetivo es deshidratar plátano (*Musa paradisiaca*) empleando dos secadores solares directos. La finalidad de deshidratar el plátano, es darle un valor agregado. La fruta se descáscara, y se corta en rodajas de 1.75 cm de radio con un espesor de 0.525 cm. Se coloca en dos charolas de malla polimérica con dimensiones de 24 cm por 34.2 cm. Se le determina la humedad inicial, y se pesan. Posteriormente se introducen a los secadores solares. Para ambos secadores se determina la humedad y la temperatura del medio cada 15 min, y cada hora se determina el color. Por último, se determina el porcentaje de humedad del producto final. Cada prueba realizada se hace en triplicado. El porcentaje de humedad disminuye desde un 57.23 % hasta un 20.87 % en convección natural y 20.80 % en convección forzada. El tiempo de secado es de 8 horas y la temperatura promedio de operación es de 38.7 °C para la convección natural y 34.68 °C para la convección forzada. En la deshidratación el porcentaje de humedad disminuye un 36.36% en promedio en las dos formas de operación. En convección forzada el producto se oscurece menos.

### Deshidratado, Plátano, Secado

### Abstract

The objective is to dehydrate banana (*Musa paradisiaca*) using two direct solar dryers. The purpose of dehydrating the banana, is to give an added value. The fruit is remove the peel, and cut into slices of 1.75 cm radius with a thickness of 0.525 cm. It is placed in two polymer mesh trays with dimensions of 24 cm by 34.2 cm. The initial moisture is determined, and weighed. Later they are introduced to solar dryers. For both dryers the humidity and the temperature of the medium are determined every 15 min, and the color is determined every hour. Finally, the moisture content of the final product is determined. Each test is done in triplicate. The percentage of humidity decreases from 57.23% to 20.87% in natural convection and 20.80% in forced convection. The drying time is 8 hours and the average operating temperature is 38.7 °C for natural convection and 34.68 °C for forced convection. In dehydration the percentage of humidity decreases 36.36% on average in the two forms of operation. In forced convection the product darkens less.

### Dehydrated, Banana, Dried

**Citación:** CARRILLO-CARRILLO, Manuela, CASTORENA-ALEMÁN, Juan Daniel, GARCÍA-JIMENÉZ, Fátima de los Ángeles y GARCÍA-GONZÁLEZ, Juan Manuel. Deshidratación de plátano (*Musa paradisiaca*) por medio de radiación solar en un secador directo. Revista de Sistemas Experimentales. 2019. 6-19: 19-23

\* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: jmgarcia@uaz.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer Autor

## Introducción

Las frutas son el grupo de alimentos indispensables para la salud y el bienestar humano. Su aporte en fibra, vitaminas, minerales y antioxidantes, son necesarios para la vida del hombre. Desde años atrás se ha observado el interés sobre los beneficios de los productos vegetales en la reducción de diferentes enfermedades, el problema se presenta cuando son productos con una estacionalidad marcada y con muy alto contenido en agua. Además, los hábitos de las personas han cambiado con el tiempo, actualmente se nota ante la demanda de alimentos que sean duraderos. Por esta parte es importante por el alto contenido de agua con el cual cuenta la mayoría de las frutas, se hace necesaria la deshidratación para reducir el ataque microbiano.

Actualmente la fruta deshidratada se ha comercializado como un postre y en la repostería. Se emplea en la elaboración de alimentos, por ejemplo para deportistas. El secado o deshidratación es una técnica para conservar los alimentos donde el objetivo principal es retirar la mayor parte de agua de los mismos donde a partir de un flujo de aire calentado con radiación solar pasa a través del alimento. Durante este proceso puede haber pérdida de nutrientes esto dependerá de las condiciones que se presenten (humedad del medio ambiente, temperatura, velocidad del viento, etc.). Existen varias formas en la deshidratación de alimentos como lo son la forma natural al sol (convección natural) o de forma mecánica (convección forzada).

El objetivo de este trabajo es la deshidratación del plátano, mediante el uso de secadores solares directos de caseta en operación por convección natural (CN) y convección forzada (CF), con el fin de dar una aplicación de snack, dando un mayor valor agregado y de mayor tiempo de anaquel. El plátano es el cuarto cultivo a nivel mundial después del trigo, arroz y maíz, Nativo del sudeste asiático (entre la India y el este de la península de Malaya), que llegó a América a través del misionero católico Tomás Berlanga a República Dominicana en 1516 (Paiva Purizaca, 2019). Es un fruto comestible de grandes plantas herbáceas del género *Musa*, tiene cualidades variables en tamaño, color y firmeza, alargado, generalmente curvado y carnoso.

Un árbol de plátano puede contener de 5 a 20 cabezas o piñas que cuelgan de la parte superior de la planta y cada una de esta de 2 a 20 frutos (Dejo, 2018). Es rico en almidón cubierto con una cáscara que puede ser verde, amarilla o marrón dependiendo de su madurez, la cual puede ser empleada para la elaboración de harina para galletas aprovechando su alto contenido en fibra (Dejo, 2018).

El plátano por su contenido de hidratos de carbono proporciona un valor calórico elevado, los nutrientes más representativos del plátano son el potasio, vitamina C, fósforo, el magnesio, el ácido fólico y sustancias de acción astringente; sin despreciar su elevado aporte de fibra, del tipo fruto-oligosacáridos, es rico en dopamina, de efecto vasoconstrictor, y serotonina, que regula la secreción gástrica y estimula la acción intestinal (Dejo, 2018). En la Tabla 1 se presenta los principales nutrientes del plátano, así como su concentración por cada 100g.

	Por 100 g de porción comestible	Por ración (160 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
Energía (Kcal)	94	99	3.000	2.300
Proteínas (g)	1.2	1.3	54	41
Lípidos totales (g)	0.3	0.3	100-117	77-89
AG saturados (g)	0.11	0.12	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	0.04	0.04	67	51
AG poliinsaturados (g)	0.09	0.10	17	13
ω-3 (g)*	0.052	0.055	3.3-6.6	2.6-5.1
C18:2 Linoleico (ω-6) (g)	0.039	0.041	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	20	21.1	375-413	288-316
Fibra (g)	3.4	3.6	>35	>25
Agua (g)	75.1	79.3	2.500	2.000
Calcio (mg)	9	9.5	1.000	1.000
Hierro (mg)	0.6	0.6	10	18
Yodo (µg)	2	2.1	140	110
Magnesio (mg)	38	40.1	350	330
Zinc (mg)	0.23	0.2	15	15
Sodio (mg)	1	1.1	<2.000	<2.000
Potasio (mg)	350	370	3.500	3.500
Fósforo (mg)	28	29.6	700	700
Selenio (µg)	1	1.1	70	55
Tiamina (mg)	0.06	0.06	1.2	0.9
Riboflavina (mg)	0.07	0.07	1.8	1.4
Equivalentes niacina (mg)	0.8	0.8	20	15
Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	0.51	0.54	1.8	1.6
Folatos (µg)	22	23.2	400	400
Vitamina B <sub>12</sub> (µg)	0	0	2	2
Vitamina C (mg)	10	10.6	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	18	19.0	1.000	800
Vitamina D (µg)	0	0	15	15
Vitamina E (mg)	0.2	0.2	12	12

Tablas de Composición de Alimentos. Moreiras y col., 2013. (PLÁTANO). Recomendaciones: I: Ingestas Recomendadas/día para hombres y mujeres de 20 a 39 años con una actividad física moderada. Recomendaciones: II: Objetivos nutricionales/día. Comisión de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, 2011. Recomendaciones: III: Ingestas Dietéticas de Referencia (EFA, 2010). 0: Virtualmente ausente en el alimento. \* Datos incompletos.

**Tabla 1** Valor nutricional del plátano por cada 100g, (Valero, 2018)

Durante el proceso de secado se produce transferencia de calor entre los alrededores y la superficie del plátano, así como, transferencia de masa del agua contenida en el plátano, provocando el paso al transporte de esta al aire empleado en el secado.

Ya que el secado se realiza utilizando la radiación solar, se debe considerar las hora sol y la cantidad de irradiancia presente durante la experimentación.

Dentro de la literatura se encontraron algunos trabajos similares al estudio realizado en el presente. Carranza *et al* (2002) usaron un horno secador que operaba en convección forzada para deshidratar y posteriormente obtener harinas de plátano, en su estudio determinaron las condiciones óptimas de secado (Carranza J., 2002). Ángel (2015) evaluó el proceso de secado de pulpa de plátano empleando un deshidratador solar, encontrando que entre más desecado está el fruto la cantidad de azúcares del producto se incrementa (Ángel Nolasco, 2015).

Figueredo y González (2016), deshidrataron plátano utilizando secado directo con flujo axial de aire, lo realizaron desde temperatura ambiente hasta 96 °C, alcanzando una humedad final de 6.3% (Figueredo Rondón M.C., 2016). De la Vega (2017), diseñó y construyó un equipo deshidratador solar, el cual deshidrató hasta un 12.7 % de humedad final en el plátano (De la Vega, 2017). Hernández *et al* (2017) secaron frutas y verduras con energía solar, reduciendo el costo de producción por los gastos de energía eléctrica (Hernández, 2017).

## Materiales y métodos

Para este trabajo se empleó plátano (*Musa paradisiaca*) fresco con una maduración similar. Primeramente, se lavaron y se descascaron, luego se cortó en rodajas con un diámetro de  $3.50 \pm 0.1$  cm y un espesor de  $0.5 \pm 0.025$  cm. Se prosiguió a colocar las rodajas en charolas de malla polimérica con dimensiones de 0.24 m por 0.342 m. Las charolas se enumeraron, se pesaron antes y después de colocar las rodajas de plátano. Una propiedad organoléptica muy importante en el proceso de frutas es su color.

Al momento de que un producto se introduce al mercado las personas se fijan en el aspecto físico, de ahí de que el color es algo importante. Para determinar el cambio en el color se utilizó un colorímetro TPM, se tomaron tres muestras al inicio del proceso para tal fin y posteriormente se determinó cada hora durante el proceso de deshidratación, hasta el término de este. Además, se utilizó el sistema CIElab para realizar la evaluación del color del plátano. Este sistema trabaja en coordenadas tridimensionales, donde L es el eje, a y b son los ejes horizontales como se muestra en la figura 1.

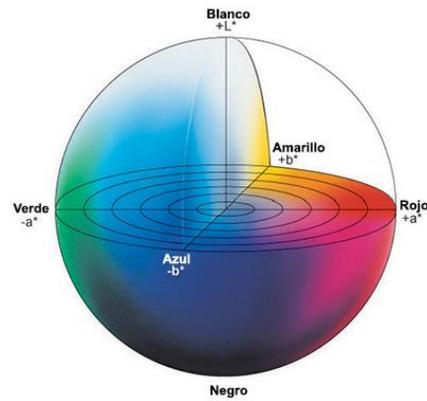


Figura 1 Diagrama del sistema CIElab, (Minolta, 2014)

Los valores que se obtuvieron con el colorímetro, fueron utilizados para el cambio de color total, donde se hizo uso de la Ec. 1, donde  $\Delta L$  es la diferencia de luminosidad,  $\Delta a$  es la diferencia entre rojo-verde y  $\Delta b$  la diferencia entre amarillo-azul; el sentido de la desviación se indica con el valor y por el signo de las deltas individuales.

$$\Delta E = \Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2 \quad (1)$$

Las charolas con las rodajas de plátano se introdujeron dentro de un secador solar directo de acrílico con dimensiones de 0.74 m por 0.80 m de base y una altura frontal de 0.13 m y posterior de 0.40 m; el cual cuenta con perforaciones circulares pequeñas para así permitir la entrada y salida del aire. Para la operación en convección forzada, en la parte trasera de la caseta se colocó un ventilador para suministrar el aire necesario en la deshidratación, así como, para desplazar el que ya estaba humidificado.

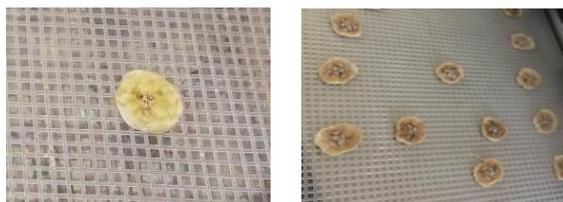
La parte frontal de la caseta se instaló con una orientación al sur. Durante la primera hora de experimentación se pesan las charolas cada 15 minutos, posteriormente se tasan cada 30 minutos y se registra el peso, de igual manera se registra la temperatura interna de las casetas, empleando dos termómetros Checktemp. Se midió la humedad al inicio y al final de las pruebas con una termobalanza OHAUS MB45. La irradiancia global se determinó mediante un piranómetro CMP 22 de Kipp & Zone, la irradiancia directa se midió mediante un piraheliómetro Eppley, para medir la velocidad y dirección del viento se utilizó un anemómetro y veleta RM-Young, para la temperatura y la humedad en el medio ambiente se empleó un termohigrómetro Vaisala.

Instrumentos ubicados en la Estación Solarimétrica Zacatecas\_04 del Sistema Solarimétrico Mexicano que se encuentra instalada en el edificio 6 perteneciente al Programa de Ingeniería Química en el Campus UAZ Siglo XXI en Zacatecas, Zac.

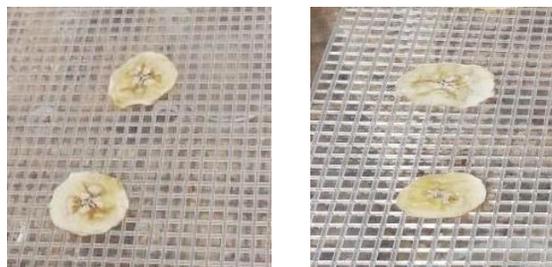
## Resultados y discusión

Los datos recuperados de la Estación Zacatecas\_04 promedio durante la operación de secado del plátano son: La irradiancia solar global fue de 540 W/m<sup>2</sup>, la irradiancia solar directa fue de 560 W/m<sup>2</sup>, la presión barométrica de 770.2 mbar, la velocidad del viento de 4.25 m/s y dirección del viento 200° SO, la temperatura de 25°C y la humedad relativa de 18.3 %.

Para la determinación del color se obtuvo en la convección natural (figura 2) el plátano adquirió un color oscuro conforme se incrementó el tiempo en el secador, mientras que en la operación por convección forzada (figura 3) se observó que el plátano mantenía su color natural sin ser afectado, como en la convección natural.



**Figura 2** Cambio de color del plátano en la operación por convección natural



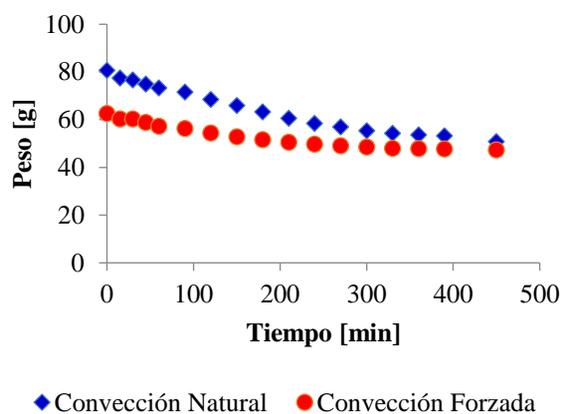
**Figura 3** Cambio de color del plátano mediante el proceso de convección forzada

En la tabla 2 se muestran los resultados que se obtuvieron en la deshidratación del plátano en los secadores directos por convección natural y forzada. Para obtener esta comparación de ambos regímenes de operación, se consideró un tiempo de secado de 8 h.

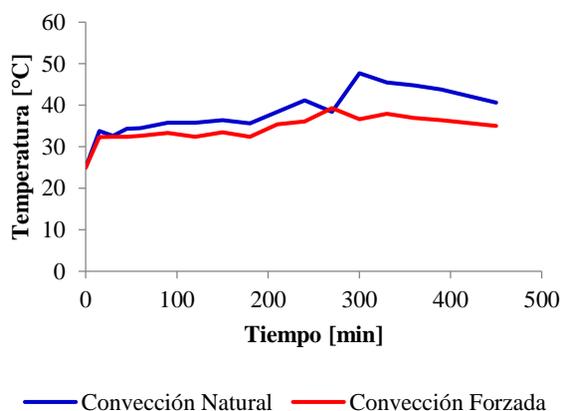
Convección	T <sub>prom</sub> (°C)	% H <sub>final</sub>
Natural	38.89 ± 5.63	20.87
Forzada	34.11 ± 3.24	20.80

**Tabla 2** Resultados de la deshidratación de plátano empleando convección natural y forzada

En el gráficos 1 se observa como es la pérdida de peso en el tiempo de deshidratación en convección natural y convección forzada. La curva característica de secado que se obtuvo en la convección forzada, fue debido a la influencia del flujo de aire suministrado, ya que, removía y retiraba el aire que se encontraba dentro del secador modificando la temperatura interna del secador. En el gráfico 2 se observa como la radiación solar durante el proceso de secado tiene más influencia en la convección natural ya que alcanza mayor temperatura que la forzada.



**Gráfico 1** Pérdida de peso con respecto al tiempo de secado



**Gráfico 2** Perfil de temperatura dentro de los secadores solares durante la operación de secado

La velocidad del aire en el secador solar que operó en convección forzada fue de 3 m/s, proporcionando un caudal de  $5.3 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/s, el cual se alimentó a temperatura del medio ambiente ( $25 \pm 3$  °C).

De acuerdo a lo observado se pierde  $1.72 \pm 0.27 \text{ g}_{\text{agua}}/\text{°C}$  en el deshidratado del plátano utilizando secadores solares directos.

De acuerdo a Bianchi *et al* (2011), mediante la deshidratación parcial o con aire caliente no es microbiológicamente estable, y además es más susceptible al deterioro químico, por lo cual se requiere un procesamiento posterior para incrementar la vida de anaquel (Bianchi, 2011).

La contribución con este estudio es que el deshidratado se realizó mediante aire a temperatura ambiente, suministrado a la caseta de secado solar directo, lo cual le permite conservar un color más atractivo del producto, así como, la calidad del producto.

### Conclusiones

La mejor opción de secado en cuanto a economía es la natural ya que no requiere de algún aparato que le auxilie. Como se observó en los resultados fue muy poco la diferencia que tiene el porcentaje de humedad final en ambos regímenes de operación, por lo cual en este punto se puede decir que ambas son buenas y útiles para el secado, pero teniendo en cuenta el mercado con el que se trabaja en la actualidad se debe tomar en cuenta el color que se obtiene al final del secado y por este tema se tiene que la mejor operación es mediante convección forzada ya que preserva su color natural.

### Referencias

Ángel Nolasco, S. A. (2015). “Desecado de la pulpa de plátano (*Musa paradisiaca* L.) utilizando un deshidratador solar con cristal transparente, bajo las condiciones climáticas de la comarca lagunera. Torreón, Coah.

Bianchi, M. G. (2011). DEHIDROCONGELACIÓN DE FRUTAS: ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD. *INVENIO 14* (26), 117-132.

Carranza J., S. M. (2002). Cinética de secado de *Musa paradisiaca* L. “plátano” y *Manihot esculenta* Grantz “yuca”. *Revista Amazónica de Investigación. Vol. 2, No. 3*, 15-25.

De la Vega, S. F. (2017). *Diseño y construcción de un deshidratador de plátano mediante el aprovechamiento de energía solar pasiva para los laboratorios de la facultad ingeniería civil y mecánica*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato (tesis).

Dejo, F. T. (2018). *Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)*. Lambayeque, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

Figueredo Rondón M.C., G. G. (2016). *Evaluación del secado de la Musa Paradisiaca (plátano) utilizando el aparato de laboratorio SBAN*. El Tigre, Anzoátegui, Venezuela: Universidad Politécnica Territorial José Antonio Anzoátegui .

Hernández, G. V. (2017). Secado de frutas y verduras con energía solar. *Revista de Sistemas Experimentales, Vol. 4, No. 11.*, 22-33.

Minolta, K. (09 de 2014). *Entendiendo El Espacio de Color CIE L\*A\*B\**. Recuperado el 29 de 09 de 2019, de <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>

Paiva Purizaca, E. D. (2019). *Colección, montaje e identificación de thrips de la mancha roja*. Piura, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA, FACULTAD DE AGRONOMÍA, ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA .

Valero, G. T. (2018). *La alimentación española características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones.

# Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

---

## [Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2<sup>do</sup> Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3<sup>er</sup> Coautor

*Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)*

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1<sup>er</sup> Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2<sup>do</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2<sup>do</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

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

---

### Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)**

### Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)**

---

**Citación:** Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Sistemas Experimentales. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

---

---

\* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## 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

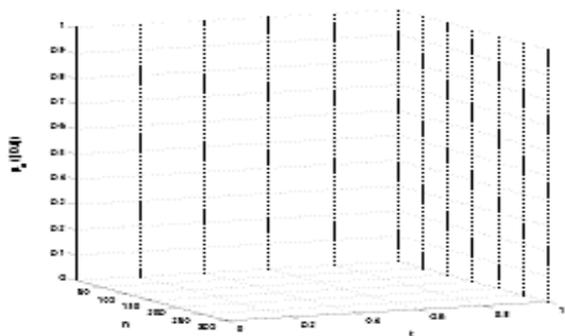
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

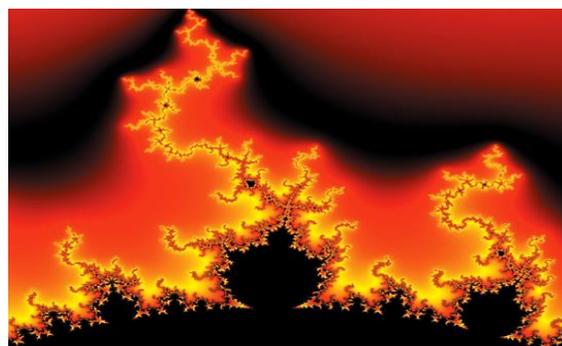
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[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.

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

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

(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.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

## 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

Referencias

## Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

## **Reserva a la Política Editorial**

Revista de Sistemas Experimentales se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

## **Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales**

### **Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución**

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Sistemas Experimentales emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Bolivia considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

## Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding Bolivia para su Revista de Sistemas Experimentales, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

## Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

### Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

### Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

### Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

### **Responsabilidades de los Autores**

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

### **Servicios de Información**

#### **Indización - Bases y Repositorios**

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

DULCINEA (Revistas científicas españolas)

UNIVERSIA (Biblioteca Universitaria-Madrid)

SHERPA (Universidad de Nottingham- Inglaterra)

#### **Servicios Editoriales**

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

#### **Política Editorial y Administración**

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre – Bolivia. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org) [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**ECORFAN®**

**Editor en Jefe**

BARRERO-ROSALES, José Luis. PhD

**Directora Ejecutiva**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

**Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

**Diseñador Web**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

**Diagramador Web**

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

**Asistente Editorial**

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

**Traductor**

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

**Filóloga**

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

**Publicidad y Patrocinio**

(ECORFAN® Bolivia), [sponsorships@ecorfan.org](mailto:sponsorships@ecorfan.org)

**Licencias del Sitio**

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. [financingprograms@ecorfan.org](mailto:financingprograms@ecorfan.org)

**Oficinas de Gestión**

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre – Bolivia.

# Revista de Sistemas Experimentales

“Estudio de la eficiencia instantánea térmica de un campo de colectores cilíndrico parabólico”

**FRANCO-MARTÍNEZ, David & RAMÍREZ-SILVA, Pablo**

*Centro Tecnológico, Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM*

“Diseño experimental de Aerogenerador tipo Savonius”

**SANCHEZ-CORTEZ, Jose Alfonso, CHAVEZ-CASTILLO, José Giovann, SANCHEZ-GUTIERREZ, Carlos Ernesto y TRINIDAD-SULVARAN, Ingrid Aranza**

*Universidad Tecnológica de Altamira*

“Estudio de corrientes y velocidades de aire, para la implementación de generadores eólicos”

**ZAMORA-CASTRO, Sergio Aurelio, MOLINA-NAVARRO, Antonio, DIAZ-VEGA, María Eugenia Alicia y SANTAMARIA-LOPEZ, Jesús**

*Universidad Veracruzana*

“Deshidratación de plátano (*Musa paradisiaca*) por medio de radiación solar en un secador directo”

**CARRILLO-CARRILLO, Manuela, CASTORENA-ALEMÁN, Juan Daniel, GARCÍA-JIMENÉZ, Fátima de los Ángeles y GARCÍA-GONZÁLEZ, Juan Manuel**

*Universidad Autónoma de Zacatecas*

