

## DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON SISTEMA DE IRRIGACIÓN CONTINUA

*SYSTEM DESIGN OF CONTROL HYDROPONICS IRRIGATION WITH CONTINUOUS IRRIGATION SYSTEM*

RAÚL PADILLA SÁNCHEZ / JAVIER FRANCISCO MÁRQUEZ CAMARENA  
/ JAVIER ALFREDO HERRERA MORALES / JOHN FISHER NAVARRO  
DAVIRÁN



### RESUMEN

La investigación determinó el modelo dinámico del control de riego de cultivo hidropónico con sistema de irrigación continua con sus variables que interactúan para cambiar el estado mismo, al automatizar se manipulan las variables para modificar el estado del sistema como se desean. En el sistema de irrigación continua las plantas crecen manteniendo siempre su raíz dentro del agua. La solución nutritiva, que cómo su nombre lo indica aporta los nutrientes necesarios a la planta, circula continuamente dentro de unos tubos durante todo ciclo de vida de la planta, creando un ambiente en donde la planta se pueda desarrollar en óptimas condiciones sustituyendo el uso de suelo. Para modificar el estado de humedad en las raíces, se controlan los motores de las bombas. Con la modelación del funcionamiento del control de riego en el cultivo hidropónico con el sistema de irrigación continua, se permite automatizar la programación de la operación y racionalizar el uso del agua. La investigación consistió en simular un controlador para este sistema de riego. El control electrónico del riego, maneja el factor de humedad, leídas por el controlador y éste activará los respectivos actuadores. La humedad se muestrea con sensores de humedad, la señal muestreada será leída por el controlador, y la señal en el controlador verificará si la humedad ha disminuido, de darse el caso, activará los motores para así suplir la humedad necesaria. Como resultado se obtuvo el modelo dinámico de primer orden del cultivo hidropónico con sistema de irrigación continua y se reguló la variación con un modelo dinámico de controlador PID.

**Palabras Claves:** Sistema de irrigación continua, hidroponía, controlador PID, humedad, automatización, actuador, sensor.

### ABSTRACT

The investigation determined the dynamic model of control hydroponics irrigation with continuous irrigation system with variables that interact to change the state itself, to automate variables are manipulated to change the state of the system as desired. In the irrigation system continuously maintaining keeping plants grow its roots into the water. The nutrient solution, as the name implies provides necessary nutrients to the plant, circulates continuously in pipes throughout the cycle life of the plant, creating an environment where the plant can develop in top condition by replacing the use of ground. To change the state of moisture at the roots, pump motors are controlled. With the modeling of the functioning of control irrigation in hydroponics with continuous irrigation system is possible to automate the programming of the operation and rationalize the use of water. The research on consisted a controller for this irrigation system. The electronics control of irrigation, manages moisture factor, read by the controller and it will activate the respective actuators. Moisture is sampled the with humidity sensors, the sampled signal will be read by the such controller, and the signal at the controller checks whether the humidity has decreased, in such a case, it wills the motors to supply needed moisture. As a result the first-order dynamic model of hydroponics was obtained with continuous irrigation system and regulating the variation with a dynamic model of PID controller.

**Key words:** Continuous irrigation system, hydroponic, controller PID, humidity, automation, actuator, sensor.

## INTRODUCCIÓN

La hidroponía es parte de los sistemas de producción llamados cultivos sin suelo. En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, orgánico o inorgánico, inertes o no inertes es decir con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas. Podemos ir desde sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, a medios orgánicos realizados con mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árboles

picada, cáscara de arroz etc. que interfieren en la nutrición mineral de las planta.

La investigación comienza con el análisis de las ecuaciones de funcionamiento del modelo dinámico del sistema de control de humedad, luego se realiza la simulación del modelo utilizando la herramienta Simulink determinando la respuesta a perturbaciones tipo escalón con el fin de mejorar su desempeño dinámico y que las variables de interés alcancen los valores deseados. Es decir que la variable humedad, pueda regularse en valores deseados o variar en el tiempo siguiendo una trayectoria definida.

## PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Sistema Recirculante o NFT es un sistema de cultivo en agua, que consiste en la circulación de una solución nutritiva a través de unos canales donde desarrollan las raíces de las plantas. Es necesario un control de la concentración de nutrientes en la solución nutritiva y su disponibilidad en el desarrollo de las plantas. Esta práctica debe ser ejecutada diariamente. Los parámetros que se deben controlar son: La Conductividad Eléctrica (C.E.), pH, aireación, temperatura, luz, humedad.

¿Existe un sistema de control que pueda manejar de forma eficiente la humedad en la producción de cultivo hidropónico?

## OBJETIVOS

Analizar y diseñar un sistema de control para manejar eficientemente la humedad en la producción de cultivo hidropónico.

## HIPÓTESIS:

El sistema de control mejora el control de humedad en la producción de cultivo hidropónico.

## JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Los motivos que justifican el cambio tecnológico al cultivo sin suelo, se pueden explicar, por un lado, por la necesidad de tener mayores posibilidades de control del sistema de producción a través de un manejo preciso de los sistemas de la alimentación hídrica y mineral. Esto significa tener mayor capacidad para proteger al cultivo de situaciones de déficit hídrico y nutritivo que afectarían negativamente al rendimiento y a la calidad de los productos. También, por otro lado, por la búsqueda de seguridad ante el riesgo de enfermedades de las plantas. Este es un factor importante ante las limitaciones progresivas al uso de los fumigantes de desinfección del suelo y en general al de muchos otros productos usados contra las plagas y las enfermedades. Todo ello, finalmente, unido a la indudable ventaja de una gran sencillez de preparación de las plantaciones y la rápida entrada en producción de los cultivos, puede justificar el empleo de esta técnica como alternativa al cultivo en el suelo. Contribuye a ello la disponibilidad, de medios técnicos y materiales más baratos y fáciles de instalar, de automatismos fiables de coste bajo y de inyectores y sensores resistentes a sales, etc.

## ANTECEDENTES

Los nuevos sistemas de cultivo no sólo prescinden del suelo sino también de un sustrato material sólido para alimentar las raíces. Las plantas se alimentan de un sustrato líquido que circula entre las raíces.

En España, estos sistemas de producción se vienen utilizando aún a pequeña escala, pero tienen mucha proyección de cara al futuro, por las mejoras y ventajas que ofrecen al productor. Mejora su sistemática de trabajo y consigue un desarrollo más uniforme de las plantas.

El cultivo de lechuga batavia en invernadero es, desde hace bastante tiempo, uno de los pilares de la producción hortícola en los invernaderos de Navarra. Este cultivo tradicional se ha hecho sobre todo en la temporada invernal, normalmente dos cultivos seguidos, completando la alternativa anual con cultivos de verano.

También es bastante frecuente encontrar explotaciones dedicadas al cultivo de la lechuga durante todo el año, que realizan durante el mismo alrededor de cuatro o cinco cortes de lechuga.

Tanto en uno como en otro caso, el sistema es el tradicional: cultivo en suelo, con acolchado plástico negro y riego por aspersión.

En el ITGA nos ha parecido adecuado plantear unas nuevas líneas de experimentación, con la finalidad de modernizar el cultivo de la lechuga, adaptándolo a los tiempos y las necesidades actuales, en un intento por mejorar los resultados técnicos y económicos del cultivo.

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- a. TIPO DE INVESTIGACIÓN:** De acuerdo al propósito de la investigación, naturaleza de los problemas y objetivos formulados en el trabajo, el presente estudio reúne las condiciones suficientes para ser calificado como una investigación aplicada.
- b. NIVEL DE INVESTIGACIÓN:** El nivel de investigación es Explicativo, sustentado en los conocimientos de la Física, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, medio Ambiente.
- c. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:** En la presente investigación se empleará el método deductivo, el mismo que se complementará con el estadístico, análisis y deductivo.
- d. ÁMBITO DE ESTUDIO:** Centro de cómputo de la EAP Electrónica.

## RESULTADOS

Para obtener la función de transferencia de la humedad se tomó como referencia la curva de humedad relativa para modelado hecho en las Universidad Autónoma de Zacatecas en el que se diseñó un control, PI de humedad relativa utilizando PLC S7-200 Siemens, el cual obtuvo como respuesta la curva que se muestra en la figura 1. En el estudio nos muestra que la válvula es alimentada con un voltaje de 18 voltios cd, de manera que se deja un rango extra para lograr llevar al valor deseado la variable si es que se requiere de mayor voltaje. De manera inicial se bajó la humedad hasta un 0% de HR, a partir de la cual la electroválvula de solenoide comenzaría a aumentar la humedad, las lecturas se tomaron cada segundo durante 28 minutos. La respuesta temporal de  $F(s)$  ante una entrada escalón de amplitud 2.5 V se muestra en la figura 1.

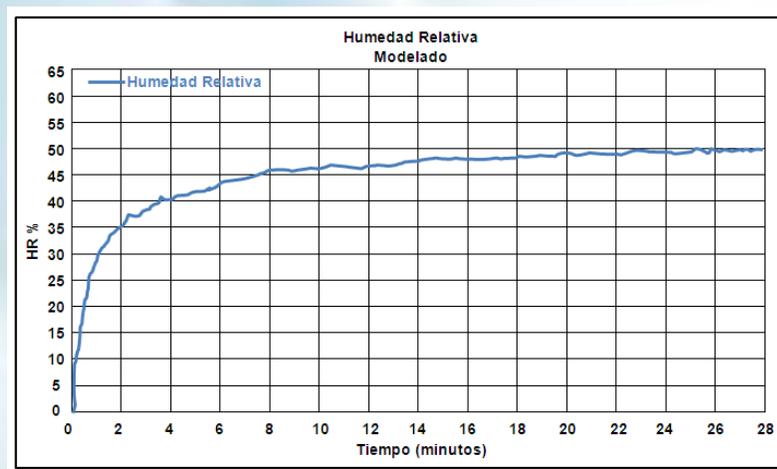


Figura 1: Curva de humedad relativa para modelado

Como se observa en la gráfica de la figura 1 la respuesta corresponde a un sistema de primer orden, de acuerdo a la curva de voltaje de salida típico versus humedad relativa, se puede observar que una humedad relativa de 50% equivale a un voltaje de 2.3 V, por lo que:

Señal de salida  $\Delta y = 2.3$

Señal de entrada  $\Delta u = 2.5$

Ganancia del sistema  $k = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{2.3}{2.5} = 0.92$

Para el cálculo de la constante de tiempo  $\tau$ , procedemos a calcular de la siguiente manera:

$63\% \cdot \Delta y = 63\% \cdot 50 = 31.5\%$ , en la curva de humedad relativa modelado, hacemos corresponder ese 31.5% de humedad relativa al tiempo en minutos, lo cual nos da como se observa en la línea roja.

$\tau = 1.2 \cdot 60 = 72$

La función de transferencia del sistema quedaría de la siguiente manera:

$$G(s) = \frac{k}{(1 + \tau s)}$$

$$G(s) = \frac{0.92}{(1 + 72s)} = \frac{0.013}{(s + 0.014)}$$

El método de Ziegler-Nichols consiste en encontrar la frecuencia de resonancia del proceso  $\omega_n$ , y en función de esta, determinar el periodo  $T_o$ , este método es válido para plantas estables a lazo abierto, el procedimiento es el siguiente:

La frecuencia del sistema está dado por:

$$T_o = \frac{2\pi}{\omega_n}$$

Y para encontrar la ganancia que proporcione un sistema resonante se aplica la fórmula:

$$K_o = \frac{1}{|G(j\omega_n)|}$$

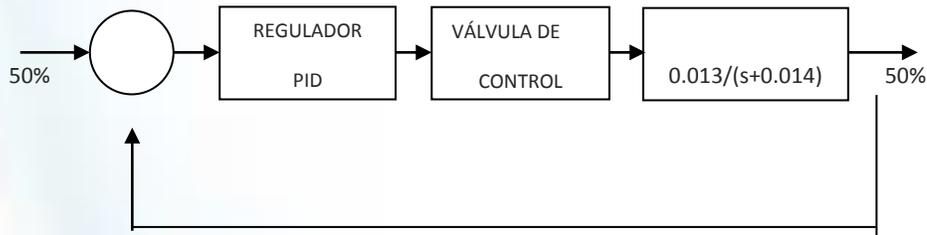
De acuerdo a las necesidades del sistema, con los valores de  $K_o$  y  $T_o$ , se ajusta el regulador según se indica la tabla:

**Tabla 1 Valores de los parámetros para los controladores**

Regulador	K	Ti	Td
P	$0.5 K_o$		
PI	$0.45 K_o$	$0.85 K_o$	
PID	$0.65 K_o$	$0.5 T_o$	$0.125 T_o$

Fuente: Dulhoste Jean F. Teoría de Control. Universidad de Los Andes – Mérida – Venezuela

El diagrama de bloques del control y la planta está representado por:



El modelo de la planta en función de la frecuencia está dado por:

$$G(j\omega) = \frac{0.92}{(1 + j72\omega)}$$

La amplitud y la fase en el campo de las frecuencias:

$$A(\omega) = |G(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (72\omega)^2}}$$

$$\phi(\omega) = \angle G(j\omega) = -\arctang(72\omega) - 2\omega * 180\pi$$

La frecuencia de resonancia se encuentra cuando la fase es igual a  $-180^\circ$ .

$$-180^\circ = -\arctang(72\omega_\pi) - 2\omega_\pi * 180\pi$$

$$\omega_\pi = 0.79415 \text{ rad/min}$$

El periodo de oscilación se determina mediante:

$$T_o = \frac{2\pi}{\omega_\pi} = \frac{2\pi}{0.79415} = 7.91 \text{ min}$$

La ganancia crítica del sistema está dado por

$$K_o = \frac{1}{|G(j\omega_\pi)|} = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{1 + (72\omega_\pi)^2}}} = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{1 + (72 * 0.79415)^2}}}$$

$$K_o = 72.0113$$

$$K = 0.6 * K_o = 0.6 * 72.0113 = 43.206$$

$$T_i = 0.5 * T_o = 0.5 * 7.91 = 3.955 \text{ min}$$

$$T_d = 0.125 * T_o = 0.125 * 7.91 = 0.98875 \text{ min}$$

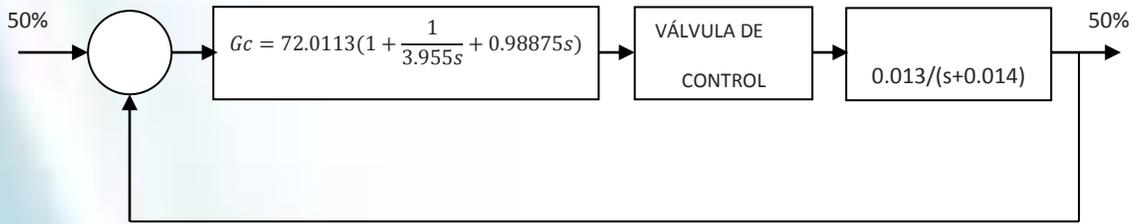
La ecuación del controlador PID implementado está dado por la siguiente ecuación:

$$G_c(s) = Kp \left( 1 + \frac{1}{sT_i} + sT_d \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$G_c(s) = Kp + \frac{K_i}{s} + K_d * s \dots\dots\dots (2)$$

Finalmente el controlador PID encontrado está dado por la expresión:

$$G_c = 72.0113 \left( 1 + \frac{1}{3.955s} + 0.98875s \right)$$



La función de transferencia de una válvula se lo modela como un sistema de primer orden que da como resultado la siguiente ecuación:

$$G_v(s) = \frac{K_v}{\tau_v s + 1} \dots\dots\dots 3)$$

Donde:

$\tau_v$  es la constante de tiempo

La constante de tiempo del actuador de la válvula se encuentra en el orden de los segundos y puede ser despreciada cuando las constantes de tiempo del proceso son del orden de los minutos, por lo que como se observa en las constantes encontradas del proceso está en el orden de los minutos por lo tanto la función de transferencia de la válvula quedaría reducida a la  $K_v$ , por lo que adoptamos para la simulación el valor de  $K_v=1$ .

Finalmente nuestro sistema tiene como diagrama del sistema la siguiente figura:

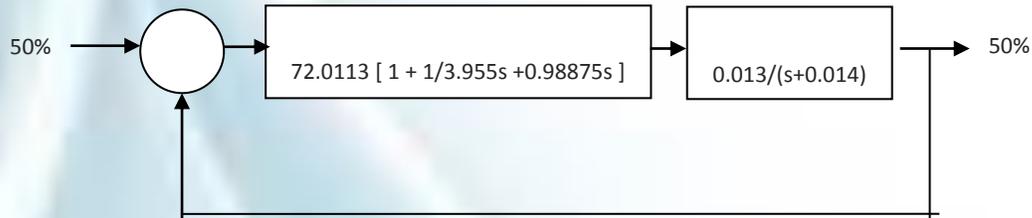


Figura 2. Modelo dinámico resultante del control con sistema de irrigación continua.

A continuación se muestra el diagrama de bloques construido en Simulink, del sistema completo.

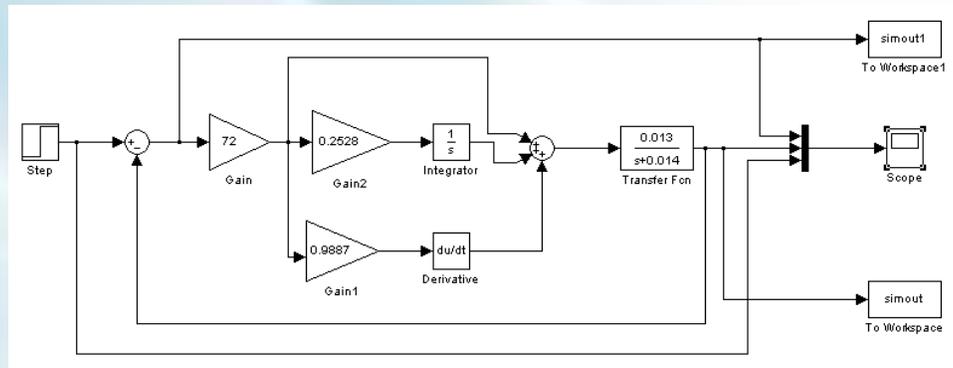


Figura 3: Diagrama de bloques del sistema completo



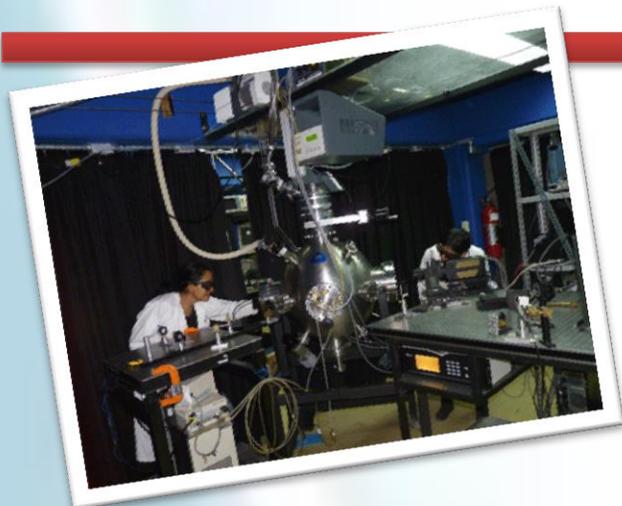
Figura 4: Curva de respuesta del sistema para una humedad relativa del 50%

## CONCLUSIONES

- Se pudo identificar cada uno de los componentes que interviene en el sistema de control, como la planta en lazo abierto y las constantes del controlador PID como son  $K_o$ ,  $K_p$  y  $K_i$ .
- Se obtuvo el modelo dinámico que explica con la simulación el funcionamiento aproximado del sistema de control.
- Se ha podido realizar el análisis dinámico del sistema de control, no en base a las ecuaciones que describen el proceso dinámico, en cambio se pudo utilizar una curva de repuesta hecha en un estudio similar al que se está investigando en este trabajo.
- El sistema de control logra estabilizarse a los 25 segundos aproximadamente de haberse iniciado el proceso.
- El sistema de control de riego es capaz de alcanzar la humedad deseada, en un tiempo aceptable.
- El software de control de Matlab y Simulink simuló el modelo dinámico obteniendo las respuestas adecuadas de la humedad óptima cuando existe cambios en el cultivo.

## BIBLIOGRAFÍA

N°	URL	FECHA
[URL1]	<a href="http://www.up.edu.pe/carrera/administracion/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/11lechugh.pdf">http://www.up.edu.pe/carrera/administracion/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/11lechugh.pdf</a>	Última visita: 5 de setiembre de 2013.
[URL2]	<a href="http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/24/4AM24.htm">http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/24/4AM24.htm</a>	Última visita: 15 de setiembre de 2013.
[URL3]	<a href="http://redprensarural.com/2008/12/11/hidroponia-cultivo-futuro-por-necesidad-ahorrar-agua/">http://redprensarural.com/2008/12/11/hidroponia-cultivo-futuro-por-necesidad-ahorrar-agua/</a>	Última visita: 19 de setiembre de 2013.
[URL4]	<a href="http://www.horticom.com/pd/article.php?sid=75561">http://www.horticom.com/pd/article.php?sid=75561</a>	Última visita: 11 de setiembre de 2013.
[URL5]	<a href="http://www.quiminet.com/articulos/que-es-la-automatizacion-27058.htm">http://www.quiminet.com/articulos/que-es-la-automatizacion-27058.htm</a>	Última visita: 19 de setiembre de 2013.
[URL6]	<a href="http://www.esi2.us.es/~fabio/TransASP.pdf">http://www.esi2.us.es/~fabio/TransASP.pdf</a>	Última visita: 20 de setiembre de 2013.
[URL7]	<a href="http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_509.pdf">http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_509.pdf</a>	Última visita: 20 de setiembre de 2013.



## DISEÑO DE UN SISTEMA DE ESPECTROSCOPIA FOTOACÚSTICA APLICADA AL ANÁLISIS DE PELÍCULAS DELGADAS

*SYSTEM DESIGN APPLIED SPECTROSCOPY ANALYSIS photoacoustic THIN FILMS*

JESÚS MANUEL RIVERA ESTEBAN / SEGUNDO FABRICIANO RODRÍGUEZ SANCHEZ / EVERTH MANUEL RAMOS LAPA / HIPOLITO CARBAJAL MORÁN.

La espectroscopia es el estudio de la interacción de la energía con la materia, y es uno de los medios más eficaces para el análisis de sustancias. Debido a su versatilidad y naturaleza no destructiva, esta

permanece como una herramienta importante para la investigación y análisis de sustancias.

Utilizando materiales mecánicos, ópticos, eléctricos y electrónicos se logró diseñar un sistema de Espectroscopia Fotoacústica que permita aplicar al análisis de películas delgadas.

Los circuitos tales como: la Etapa de Potencia, Paso a Paso, Control de velocidad, la Tarjeta de Amplificación y filtrado así como la tarjeta de interfaz, dentro de las limitaciones concuerdan con otros modelos que se encuentran en la literatura, también se presentan sugerencias para trabajos futuros.

**Palabras Claves:** Espectroscopia, Fotoacústica, interfaz.

### ABSTRACT

Spectroscopy is the study of the interaction between energy and matter and it is one of the most efficient ways to analyze substances. Due to its versatility and non destructive nature, it stays as an important tool for research and substance analysis.

Materials using mechanical, optical, electrical and electronic design achievement photoacoustic spectroscopy system to permit the application to the analysis of thin films.

Circuits such as Power Stage Blocks, cruise control, the amplification and filtering card and interface card, within the limitations are consistent with other models found in literature are also presented suggestions for future work.

Key words: Spectroscopy, photoacoustic, interface.

### INTRODUCCIÓN

La espectroscopia fotoacústica (EF) resurgió recientemente en los años 70 desde entonces se han desarrollado una gran variedad de técnicas fototérmicas que han sido propuestas para detectar la oscilación de la temperatura debida a irradiación periódica sobre un material.

El principio fundamental de la técnica fotoacústica es el calentamiento periódico producido sobre una muestra debido a la absorción de la radiación energética incidente pulsada o modulada.



El presente trabajo se desarrolló en los Laboratorios de Electrónica de la Escuela Académico Profesional de Electrónica de la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas de la UNH.

Los antecedentes nacionales los encontramos en diversas Universidades del País. Se logró diseñar un sistema de Espectroscopia Fotoacústica que es aplicable al análisis de películas delgadas, con dispositivos mecánicos, ópticos, eléctricos y electrónicos.

## PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La tecnología moderna requiere analizar las propiedades de las sustancias y para ello utiliza diversos modelos como la fotoacústica, optoacústica.

Por su carácter no destructivo y versatilidad planteamos el estudio de análisis de muestras utilizando la espectroscopia fotoacústica, las muestras que analizamos son las películas delgadas.

¿La espectroscopia fotoacústica, permitirá analizar las propiedades de las muestras de películas delgadas?

## OBJETIVOS

Diseñar un sistema de espectroscopia fotoacústica para el análisis de películas delgadas.

## HIPÓTESIS

La espectroscopia fotoacústica permite el análisis de las propiedades de las películas delgadas.

## JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La Justificación de este trabajo es que la EF es relativamente nueva y de enormes aplicaciones en diferentes ramas de la tecnología moderna. La investigación desarrollada contribuirá en el desarrollo local, regional y nacional, en el sentido que brinda una alternativa para analizar películas delgadas a través de la espectroscopia fotoacústico.

La Importancia del trabajo radica en que dentro de la carrera profesional de Ingeniería Electrónica, se requiere conocimientos relacionadas entre otras áreas de la óptica y telecomunicaciones, esto permite mejorar la calidad académica de los integrantes de EAPE.

## ANTECEDENTES

En la actualidad, los efectos fotoacústicos y fototérmicos, se están desarrollando en diferentes Universidades a través de su centro de investigación, también los institutos de investigación ha creído conveniente desarrollar estos efectos basados en principios mecánicos cuánticos, por tener carácter no destructivo sirven para caracterizar las propiedades de los materiales metálicos, polímeros e incluso tejidos humanos, la historia se remonta a una década atrás, cuando en la Universidad Nacional Autónoma de México, así como en Centro de Pesquisas Físicas del Instituto Balseiro de Brasil, hicieron los primeros esfuerzos para demostrar la tan ansiada teoría de Rosengwaig y Gerso, más tarde conocida como la teoría RG. En nuestro País, la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, fue el que impulso el desarrollo de esta teoría que en realidad tiene dos aspectos, la Técnica OPC con celda abierta y la técnica OPC con celda Cerrada, la primera sirve para caracterizar sólidos y la segunda para caracterizar gases e incluso tejidos orgánicos.

Actualmente el estudio de FOTONICA, se está estudiando en varios centros de enseñanza superior, como en el Centro Interamericano de Óptica (CIO) perteneciente a la Universidad Autónoma de México, Así mismo a través de Grupo de Óptica Cuántica, Departamento de Física de la Universidad del Valle de Santiago de Cali Colombia. En el Perú en Universidades como la UNI, San Marcos y La Nacional de Trujillo, realizan trabajos de investigación respecto a la FOTONICA.

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### e. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Por el tipo de estudio la presente investigación reúne las condiciones metodológicas de una investigación experimental.

### f. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es Explicativo, sustentado en los conocimientos de la Física, Ingeniería Electrónica y medio Ambiente.

### g. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación empleado es experimental e inductivo deductivo.

### h. ÁMBITO DE ESTUDIO

- Universidad Nacional de Huancavelica Departamento de Electrónica.
- Universidad Nacional de Ingeniería. Departamento de Óptica.
- Universidad Nacional de Trujillo. Grupo de Óptica y Láseres Departamento de Física.

## RESULTADOS

El diseño de un Sistema de Espectroscopia Fotoacústica Aplicada al Análisis de Películas Delgadas, presenta en esencia tres etapas, lo que se describen a continuación:

- a. Sistema Electrónico: Tarjeta de interfaz, etapa de potencia, sistema de amplificación y filtrado.
- b. Dispositivos Ópticos: Fuente de luz, monocromador, filtros y espejos.

Describiremos la fuente de luz Como fuente se utilizó una lámpara halógena OSRAM de 650W de potencia que funciona con 220V, Para hacer modular la luz se utilizó materiales de nuestro medio acondicionado de tal manera que estén de acuerdo a nuestra necesidad como es: un motor de una grabadora de 12 voltios que funciona con corriente continua, la cual en su eje se le acondiciona un perno fijo de rosca fina que permite asegurar la hélice y que giran todo en conjunto y permite modular un haz de luz. El monocromador el filtro y espejos se observan en la figura 3.

- c. Dispositivos mecánicos-eléctricos: Celda fotoacústica. Se muestra en figura 3. El sistema fotoacústico consiste básicamente en montar la muestra directamente sobre un micrófono de electroreto circular cilíndrico. El diseño típico del micrófono de electroreto consiste de un diafragma de electroreto metalizado y una placa de metal trasera, separadas por un intervalo de aire. Estas dos capas de aire están conectadas, a través de una resistencia  $R$  en donde se genera un voltaje  $V$ . La entrada del sonido al micrófono es por el agujero de 3mm de diámetro y una cámara frontal adyacente a la cara metalizada del diafragma de 7 y 1 mm de largo aproximadamente.

Como resultado del calentamiento periódico de la muestra, debido a la absorción de la luz modulada, la presión en la cámara frontal oscila a la frecuencia de modulación, causando deflexiones del diafragma, la cual genera un voltaje ( $V$ ) a través de la resistencia. Este voltaje es alimentado por un transistor preamplificador FET interno construido en el micrófono, observe la figura 4.2.

En función al cual presentamos el diagrama de bloques que nos permitió cumplir nuestro objeto de Investigación.

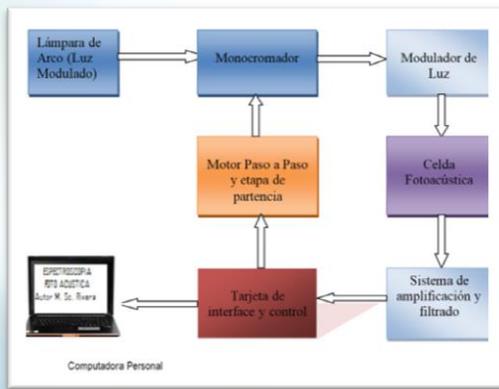


Figura. 4.1: Diagrama de bloques del Sistema

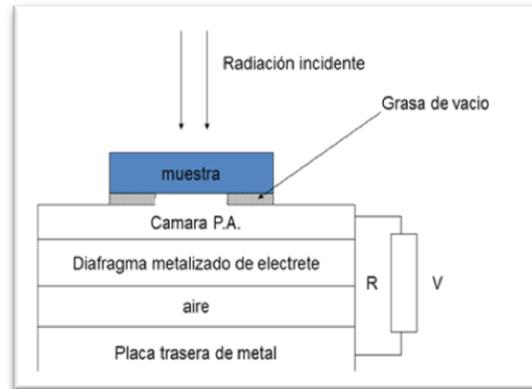


Figura. 4.2: Celda fotoacústica.

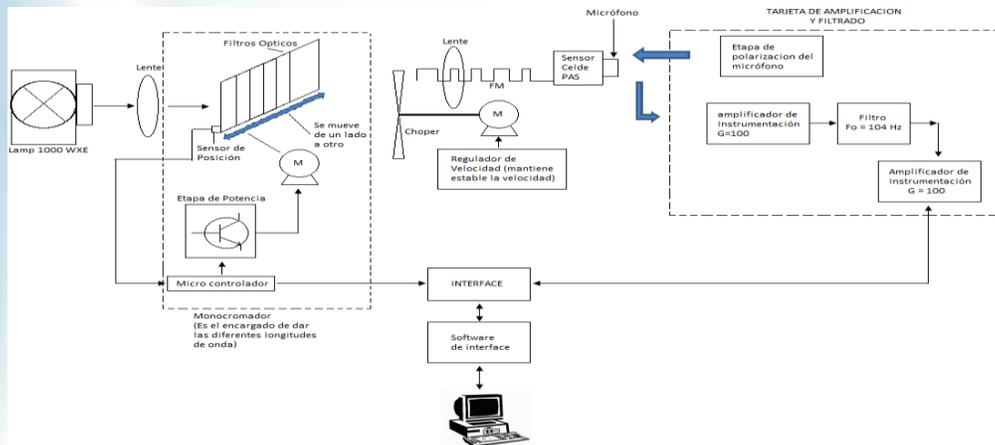


Figura. 3: Diagrama del diseño sistema

## CONCLUSIONES

- Con materiales existentes en nuestro medio y de bajo costo se puede diseñar un sistema de espectroscopia fotoacústica.
- La precisión y exactitud del sistema de fotoacústica, depende del tipo de aplicación obteniendo la mejor frecuencia de modulación, la cual es 104 Hz.
- Se encontró el mejor sensor de presión, para las ondas acústicas, el cual fue el micrófono electreto que respondió a la onda acústica causada por la modulación de la luz.
- Está constituido por 03 partes fundamentales: a) Sistema Electrónico: Tarjeta de interfaz, etapa de potencia, sistema de amplificación y filtrado. b) Dispositivos Ópticos: Concentradores de luz, monocromador, filtros y espejos y c) Materiales Mecánicos: Celda Fotoacústica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alberto Requena. José Zuñiga. Espectroscopia. PEARSON. Educación Prentice Hall. Madrid España. 2004.
2. K. Sakoda. "Optical Properties of Photonic Crystals, 2 da Ed. Springer Series, N.Y. 2005
3. S. Melin y J. W. Nibier, J. Chen. A nonlinear optical experiment: stimulated Raman scattering in benzene and deuterated benzene Educ. 80, 1187. 2003.
4. Steven G. Jonson and J. D. Joannopoulos "Photonic Crystals: The oad fran Theory to Practice", SringerVerlag, N. Y, 2002

## PROGRAMADOR DE RIEGO PARA EL CULTIVO DEL MAÍZ MORADO EN EL VALLE DEL RÍO UPAMAYO

### IRRIGATION SCHEDULER FOR PURPLE CORN GROWING IN THE RIVER VALLEY UPAMAYO

ESTEBAN EDGAR DE LA CRUZ VILCHEZ / JAVIER FRANCISCO MARQUEZ CAMARENA / HIPÓLITO CARBAJAL MORAN / EVERTH MANUEL RAMOS LAPA.



#### RESUMEN

Este sistema de riego busca la manera de obtener un buen crecimiento y desarrollo del cultivo, teniendo en cuenta los diferentes cambios climáticos (luz y temperatura) y la cantidad de humedad existente en el terreno cultivado; pero igual importancia tiene el uso racional del agua, ya que con este sistema no estaremos regando por largos períodos de tiempo, este sistema de riego por goteo automatizado consta de órganos ejecutivos para la automatización de la distribución del agua y una central de mando (microcontrolador 8031) desde la cual se envían las diferentes órdenes de riego. Los órganos ejecutivos de las señales recibidas serán electroválvulas con dos posiciones: apertura y cierre, permitiendo o impidiendo el paso del agua a los aspersores. La puesta en marcha o parada de los riegos se efectúa de forma individual, conectándose a cada manguera su correspondiente electroválvula, pudiendo regarse cada uno por separado. La duración de la activación del riego depende de las señales enviadas al microcontrolador por los sensores instalados en cada manguera de goteo. Así, por ejemplo es aconsejable no regar durante las horas centrales del día ya que, por la mayor insolación, la mayor temperatura y la menor humedad, aumentan las pérdidas por evaporación y disminuye la eficiencia del riego, lo que repercute en un mayor gasto de agua. Para cuidar estos aspectos climáticos es por lo que se utilizarán los sensores de temperatura, luz y humedad los cuales indicarán si es conveniente activar el sistema de riego

**Palabras claves:** Programador, Evapotranspiración, interfaz

#### ABSTRACT

This irrigation system looks for ways to get a good crop growth and development, taking into account the different climate changes (light and temperature) and the amount of moisture in the cultivated land, but equally important is the use of water, because with this system will not be watering for long periods of time, this drip irrigation system has automated automation executive bodies of water distribution and a control unit (microcontroller 8031) from which the different orders are sent irrigation. The executive bodies of the received signals will solenoid with two positions: open and close, allowing or preventing the passage of water to the sprinklers. The start-up or shutdown of irrigation is performed individually for each hose connecting the corresponding solenoid can be watered each one separately. The duration of activation of the irrigation depends on the signals sent to the microcontroller through the sensors installed in each drip hose. For example it is advisable not to water during the middle of the day because, for the most sunshine, the higher temperature and lower humidity, increased evaporation losses and reduces irrigation efficiency, which results in a higher cost of water. To take care of these aspects of climate is to be used at the temperature sensors, light and moisture which indicate whether to activate the irrigation system

**Keywords:** Developer, evapotranspiration, interface

#### PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- Escasez del recurso hídrico
- Proceso de erosión de los suelos
- Riego complejos significan altos costos

¿Cuáles son las variables que se debe considerar en un Programador de Riegos económico para mejorar la producción de un sembrío de Maíz Morado en el valle del río Upamayo?

## OBJETIVO

Encontrar los parámetros que pueda controlar un Programador de Riegos económico para incrementar la producción de Maíz Morado en el valle de río Upamayo.

## HIPÓTESIS

Se incrementa la producción de maíz morado en el valle del río Upamayo, al mejorar la eficiencia del riego con ayuda de un Programador de Riego económico y espaciando adecuadamente la ubicación de dichas plantas.

## JUSTIFICACIÓN

El valle del Río Upamayo es el único valle prácticamente plano de la región quechua en la provincia de Tayacaja, en dicho valle en épocas pasadas la familia Bazo Velarde, construyó un fundo agropecuario que produjo a nivel nacional e internacional productos lácteos, con mucha acogida, con la reforma agraria del General Juan Velasco Alvarado quedó truncado, en la actualidad sus hijos están reflotándolo.

Si las Unidades Productivas Agrarias (UPA) del valle del río Upamayo mejoran sus procesos productivos agrícolas, se podría generar una industria agropecuaria de importancia nacional, produciendo el incremento del nivel de vida de la población rural y también urbana de la provincia de Tayacaja. La escasez de agua para riego reduce las expectativas para una producción sostenida del Maíz Morado.

## ANTECEDENTES

“LOS PROYECTOS DE RIEGO POR ASPERSIÓN: CHIMPACALCA, UNURAQUI Y RACCHIAYLLU DEL VALLE DEL RÍO VILCANOTA”. Experiencia del Plan Meriss, presentada por el Ing. Walter Olarte Hurtado.

“EXPERIENCIA EN RIEGO POR ASPERSIÓN EN LA PROVINCIA DE QUISPICANCHI – CUSCO”. Experiencia del CCAIJO, presentada por el Téc. Agrop. Arístides Díaz Barrientos.

CULTIVO MAÍZ MORADO Convenio Sistema de Información Rural Arequipa-SADA – GTZ – IICA

## ALCANCES Y LIMITACIONES

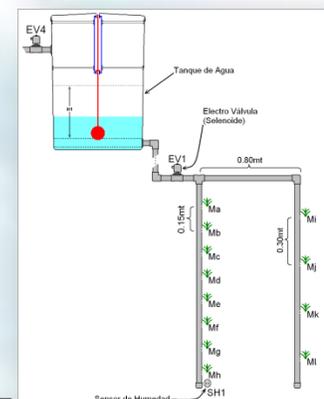
Aunque el presente trabajo se realizó para mejorar la producción de un sembrío de maíz morado en el valle interandino del río Upamayo, que pertenece a la región Quechua, ubicada en la provincia de Tayacaja y el departamento de Huancavelica; también servirá para cualquier otro grano o tubérculo andino.

El presente trabajo solo investiga la eficiencia del riego, para fomentar la disponibilidad de agua y aumentará la producción agrícola en el valle del río Upamayo siendo el fin supremo la mejora del nivel económico de los pobladores de todos los valles andinos por arriba de los 3000 metros sobre el nivel del mar.

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### TIPO DE INVESTIGACIÓN:

**Experimental**, debido a que se trabaja con muestreo y los elementos de la muestra ya están predeterminados en consecuencia su escogencia no ha sido totalmente al azar.



## NIVEL DE INVESTIGACIÓN

**Descriptiva**, porque se señala cómo se mejora la eficiencia en el uso del agua para riego de un sembrío de Maíz Morado y cómo se manifiesta dicha mejora y se especifica el volumen de agua por día, la frecuencia de riego y la separación entre plantas.

## SISTEMA DE RIEGO:

En cada uno de los terrenos denominados T1, T2, T3 y T4 había 24 agujeros en los tubos de PVC de media pulgada de diámetro, dos por cada una de las 12 plantas de maíz morado agrupados en dos filas (ver Gráfico 1).

**Gráfico 1.- Detalle general para el riego de cada uno de los terrenos T1, T2, T3 ó T4.**



En la primera fila hay ocho plantas espaciados 15 centímetros y en la segunda fila hay cuatro plantas espaciados 30 centímetros. La primera fila está separado 80 centímetros de la segunda fila.

**Fotografía 2.- Orificios para el goteo del agua.**

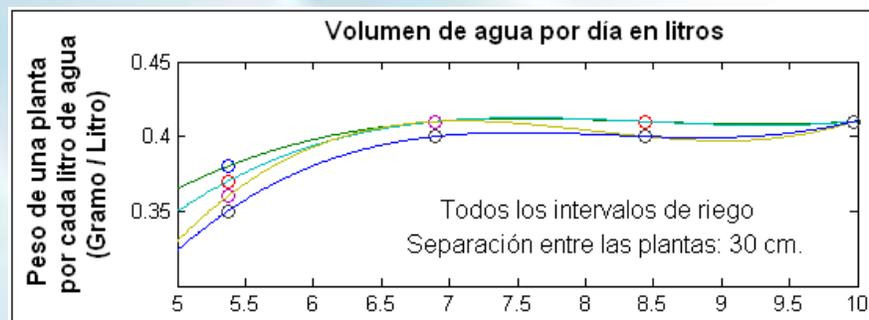
## ÁMBITO DE ESTUDIO

El ámbito de estudio son las unidades productivas con riego eficiente, de granos andinos como el maíz morado, en el valle del Río Upamayo uno de los valles más productivos de la Provincia de Tayacaja, en donde se encuentra la segunda mayor concentración poblacional de la región.

## RESULTADOS

En la Tabla Gráfico 2 se puede ver el resultado de los pesos promedios de las plantas Mj, Mj, Mk, y Ml; para separaciones de 30 centímetros, en uno de los cuatro terrenos cuya única diferencia entre ellos es la frecuencia del riego. Se puede observar que el volumen diario optimo es de 7.4 litros de agua, también se puede notar que las curvas, son levemente diferentes.

**Gráfico 2.- Peso Promedio y Volumen de agua en todos los intervalos.**



Sembrando en la forma tradicional, riego por gravedad, uno a la semana y 60 litros en cada riego; la cantidad de agua se calculó según indicaciones de un productor de maíz local, a esta forma de regar le denominamos T01 y T02. En ambos terrenos también se sembró doce plantas en dos filas el primero de ocho plantas y espaciados 15 centímetros; el segundo de cuatro plantas y espaciados 30 centímetros, como se puede ver en la Fotografía 3

### Fotografía 3.- Plantas de maíz al mes de vida.



Como se puede ver en la Tabla 1 se observará que la producción de masa vegetal no es tan mala, pero la producción de masa vegetal entre el agua consumida por el terreno es muy baja, es decir la eficiencia del consumo de agua es muy deficiente; prácticamente la mitad de lo obtenido con el Programador de Riego.

Tabla 1.- Riego por gravedad espaciados 30 centímetros.

Denominación del terreno:	T02
E = Agua por día equivalente (Litros/Día):	8,57
F = Mi+Mf+Mg+Mh	7,55
G = F/4 (Peso Promedio de cada planta):	1,89
H = G/E (Gramos/Litros)	0,22
Separación entre plantas: 30 cm.	

### DISCUSIÓN

El sensor de humedad no es de precisión porque se va deteriorando con el tiempo, pero es aproximadamente 500 veces menos costosa que los sensores de humedad.

El riego se inicia a las siete de la noche y se repite hasta que se acabe el agua almacenado en el tanque de agua. Las repeticiones dependen de la cantidad de agua disponible por día y el estado del sensor de humedad. Pero antes del medio día ya se termina el agua disponible por día, se deja de regar diariamente más de ocho horas, pudiendo causar stress por falta de agua, pero no sería notable considerando que actualmente en los terrenos que tienen riego se riega una vez por semana.

### CONCLUSIONES

1. La cantidad de agua diaria que se requiere considerando la producción de masa vegetal es de 7.55 litros.
2. El incremento de agua para riego no incrementa notablemente la producción de masa vegetal del maíz, por lo tanto no es conveniente incrementar más allá de los 7.55 litros.
3. El volumen diario de agua que se requiere considerando la producción de masa vegetal por cada litro de agua, para plantas espaciadas en 30 centímetros, es de 7.4 litros. Al aumentar la separación de 15 centímetros a 30 centímetros disminuye levemente la producción de masa vegetal (7.525 gramos/litros - 7.4gramos/litros = 0.125gramos/litros) en m3nos de un gramo (0.125gramos); es mejor la separación de 15 centímetros.

### BIBLIOGRAFÍA

1. IPROGA, Proyecto Intercambio de Experiencias de Riego por Aspersión, en Zonas de Sierra del Perú: "Viabilidad del Riego por Aspersión en la Sierra del Perú", Lima, marzo 2001.
2. Consejo Regional de Huancavelica, Plan Estratégico de Desarrollo Regional Concertado y Participativo de Huancavelica 2004-2015, Huancavelica: julio 2003.
3. cursos galeon.com, La papa, legado del Perú al mundo, setiembre de 2011.
4. Gobierno Regional de Huancavelica, Caracterización del Departamento de Huancavelica. 2009. Huancavelica-Caracterizacion.pdf



## ESTUDIO AUTOMATIZADO DE LA VARIABILIDAD TEMPORAL Y ESTACIONAL (2011-2012) DE LA POTENCIA ELÉCTRICA DE UN PANEL FOTOVOLTAICO EN EL DISTRITO DE HUANCAMELICA

*AUTOMATED STUDY OF TEMPORAL AND SEASONAL VARIABILITY (2011-2012) OF THE ELECTRICAL POWER OF A PHOTOVOLTAIC PANEL IN THE DISTRICT OF HUANCAMELICA*

WOHLER GONZALES SAENZ / JAVIER ALFREDO HERRERA MORALES / JAVIER CAMILO POMA PALACIOS / PAÚL JEAN ESQUIVIAS BARRAGÁN.

### OBJETIVOS:

La investigación fue para determinar la variabilidad temporal, estacional, valor máximo, mínimo y promedio de la potencia eléctrica de un panel fotovoltaico durante el periodo 2011-2012 instalado en el Distrito de Huancavelica y estudiada de manera automatizada.

### MÉTODOS

Se tomaron mediciones de voltajes y corrientes eléctricas de un panel fotovoltaico cuya potencia nominal según el fabricante es de 12 Watts; consolidar el marco teórico y construir el sistema automatizado de lectura de datos abarcó los meses de agosto a diciembre 2011. El experimento se hizo de enero a diciembre de 2012. El sistema automatizado se construyó con en el PIC 18F4550 para transmitir la información a un computador para su respectivo almacenamiento, el monitoreo se efectuó a través de un aplicativo desarrollado en el software LabVIEW. Para culminar la investigación se hizo el análisis y procesamiento de resultados.

### RESULTADOS

Durante el experimento se registraron 1824 datos de voltaje y corrientes de los 12 meses del año 2012; los resultados obtenidos fueron: Durante los meses de enero a marzo el promedio de la potencia del panel solar correspondió a 3,65 Watt representando al 30% de la potencia nominal; en los meses de abril a junio la potencia promedio obtenida fue de 6,49 Watt que representa al 54% de la potencia nominal; de julio a setiembre la potencia incrementó a 8,74 Watt que corresponde al 72,8% de la potencia nominal y finalmente en los meses de octubre a diciembre la potencia bajó a 6,63 Watt que es el 55% de la potencia nominal. Las potencias mínimas y máximas fueron de 2,71 Watt y 9,26 Watt en los meses de febrero y julio respectivamente.

### CONCLUSIONES

El estudio automatizado de la variabilidad temporal y estacional de la potencia eléctrica de un panel fotovoltaico,

permitió verificar que existe dicha variación entre el 30% y 71% con respecto a la potencia nominal.

**Palabras Claves:** Panel solar, sistemas fotovoltaicos, energías no convencionales, instrumento virtual, LabVIEW.

### ABSTRACT

**Objectives:** The study was to determine the temporal variability, seasonal, maximum, minimum and average electrical power from a photovoltaic panel installed during the period 2011-2012 in the District of Huancavelica and studied in an automated manner. **Methods:** Measurements of voltages and electric currents of a photovoltaic panel with a rated power were taken according to the manufacturer is 12 Watts; consolidate the theoretical framework and build the automated data reading covered the months of August to December 2011. The experiment was conducted from January to December 2012. The automated system was built with the PIC 18F4550 to transmit information to a computer for their respective storage, monitoring was conducted through an application developed in LabVIEW software. To complete the investigation and processing of analysis results was done. **Results:** During the 1824 experiment data of voltage and current of the 12 months of 2012 were recorded and the results obtained were: During the months of January to March the average solar panel output corresponded to 3.65 representing 30% of rated power, in the months of April to June the average power output was 6.49 Watt representing 54% of rated power, from July to September, the power increased to 8.74 which corresponds to 72.8% of the rated power and finally in the months of October to December fell to the power 6.63 Watt that is 55% of rated power. The minimum and maximum powers were 2.71 Watt and 9.26 Watt in the months of February and July respectively. **Conclusions:** The automated study of temporal and seasonal variability of the electrical output of a PV panel, verified that there is such a variation between 30% and 71% over the nominal power.

**Keywords:** Solar Panel, photovoltaic systems, non-conventional energy, virtual instrument LabVIEW.

## INTRODUCCIÓN

Antes de formular y desarrollar la investigación planteada, los miembros investigadores recurrimos a diferentes fuentes de información entre libros, revistas, etc., a fin de establecer el horizonte de nuestra investigación. Al respecto debemos manifestar que no se encontró trabajo alguno y/o similar sobre el tema planteado en el distrito de Huancavelica. Sin embargo, identificamos algunos estudios similares el Dr. Román Medina Eduardo (2007), UPNA, en su trabajo “Viabilidad de sistemas fotovoltaicos con múltiples seguidores del punto de máxima potencia” Los sistemas fotovoltaicos reales presentan pérdidas de potencia que en muchas ocasiones superan el 25% de la potencia total para ello propone un sistema seguidor solar capaz de minimizar estas pérdidas, también tenemos en la Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2007) el trabajo “Estimación horaria de la irradiancia solar total extraterrestre” en donde manifiesta que actualmente se dispone de una serie de propuestas metodológicas para estimar la TSI (Irradiación total solar) en forma diaria, sin embargo, existen lugares como la Antártida, donde la variabilidad sinóptica es muy alta, por lo tanto, se necesita adaptar o desarrollar una metodología que permita realizar un balance energético a una escala de tiempo menor, tenemos también el Proyecto para el ahorro de energía en puno.

La falta de información exacta de la variación temporal y estacional de la potencia eléctrica de un panel fotovoltaico en el distrito de Huancavelica imposibilita el impulso de instalación de sistemas fotovoltaicos, estudios de proyectos de electrificación urbana y rural con paneles fotovoltaicos en ésta zona geográfica y de ahí la necesidad de estudiar y determinar la variabilidad de potencia eléctrica de un panel fotovoltaico. Por estas razones existe la necesidad de responder a la siguiente pregunta ¿Cuál es la variabilidad temporal y estacional (2011-2012) de la potencia eléctrica de un panel fotovoltaico en el Distrito de Huancavelica estudiada de manera automatizada, por lo cual se plantea el objetivo general de determinar la variabilidad temporal, estacional, valores máximos y mínimos de la potencia eléctrica de un panel fotovoltaico durante el periodo 2011-2012; del mismo modo se propuso la hipótesis siguiente: la variabilidad temporal y estacional (2011-2012) de la potencia eléctrica de un panel fotovoltaico es del 30% anual con respecto a la potencia nominal, la cual se demostró con los resultados obtenidos, en el desarrollo del presente trabajo los investigadores nos encontramos con diferentes limitaciones como son las instrumentales, bibliográficas y de aplicaciones informáticas, infraestructura y de financiamiento. Para realizar las mediciones de las diferentes variables se tuvo que diseñar circuitos electrónicos con microcontroladores, en tal sentido los investigadores nos vimos en la necesidad de construir nuestro propio medidor de potencia del panel fotovoltaico con el uso de los diferentes dispositivos electrónicos.

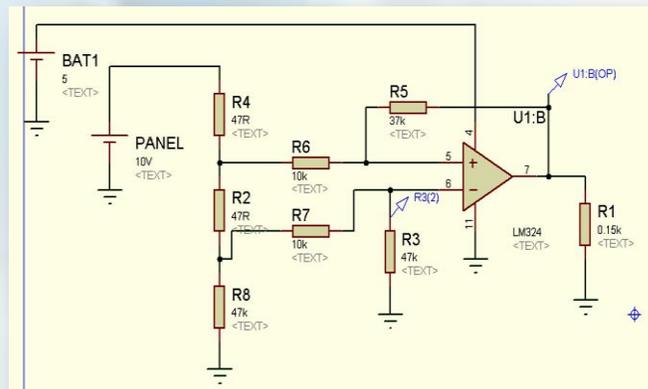
## MATERIAL Y MÉTODOS.

Para alcanzar el objetivo de la investigación y debido a la no disponibilidad de un equipo con las características requeridas, fue necesaria la construcción de un sistema electrónico con el PIC18F4550 para el control de un seguidor solar y para la adquisición de datos. La lectura de datos del panel fotovoltaico se efectuó mediante un divisor de tensiones a través de resistencias de 10 kilohmios; para la transferencia de voltajes se utilizó 02 amplificadores operacionales de tal forma que los voltajes se encuentren en el rango de 0-5V. La población de datos está constituida por las mediciones de voltajes y corrientes eléctricas de un panel fotovoltaico de 12 Watts. En cuanto al método, se empleó el experimental y para el procesamiento estadístico se tomaron como base los estadísticos de tendencia central que permitieron realizar el tratamiento de los datos y la obtención de resultados.

## RESULTADOS

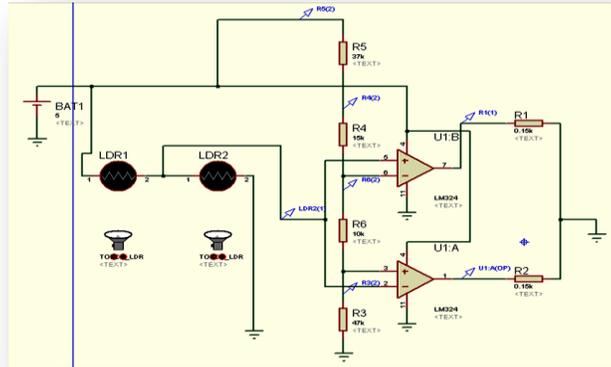
Para realizar la adquisición de datos en tiempo real se construyó un circuito medidor con divisor de voltaje para el panel fotovoltaico según se observa en la Figura 01; del mismo modo se construyó un seguidor solar conectado a un Instrumento Virtual con LabVIEW que regula y

**Figura 01: Circuito electrónico para medir el voltaje del panel fotovoltaico.**

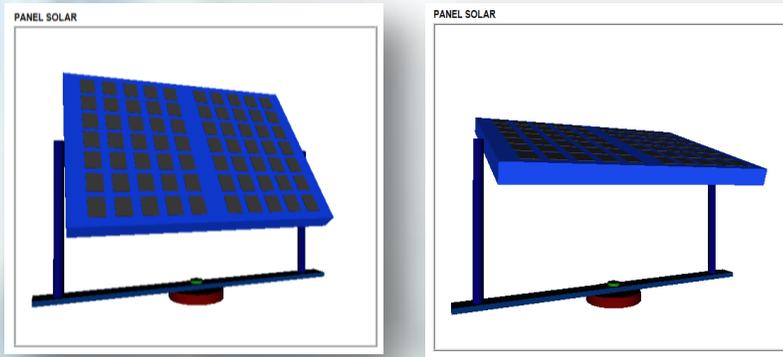


controla el posicionamiento espacial del panel fotovoltaico con la finalidad de seguir al sol en todos sus cambios espaciales y almacenar esta información en la base de datos. A continuación presento el circuito electrónico de sensamiento del movimiento azimutal y elevación (ver Figura 02).

**Figura 02. Circuito electrónico para el seguimiento y orientación espacial del panel fotovoltaico.**



El monitor de seguimiento (Figura 03) permiten visualizar e identificar cuáles son las variaciones del movimiento del sol según la intensidad y perpendicularidad de la irradiación solar sobre el actuador fotovoltaico perteneciente al instrumento virtual, los dispositivos descritos son autónomos del software de adquisición, es decir operan sin la necesidad de estar conectados al computador.



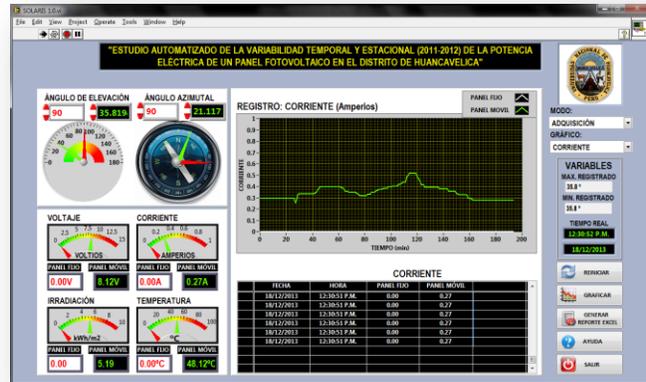
**Figura 03. Control del ángulo de elevación y azimutal de acuerdo al ángulo de incidencia solar**

El instrumento de adquisición de datos desarrollado en el software LabVIEW (Figura 04 y 05), cumple la función principal de visualizar la señal procedente de los sensores, almacena toda la información en una base de datos en Access, también analiza la señal registrando sus valores promedio, máximos y mínimos y muestra la posición espacial del panel en 3D.

**Figura 04. Panel frontal del instrumento virtual de adquisición de datos modo automatizado.**

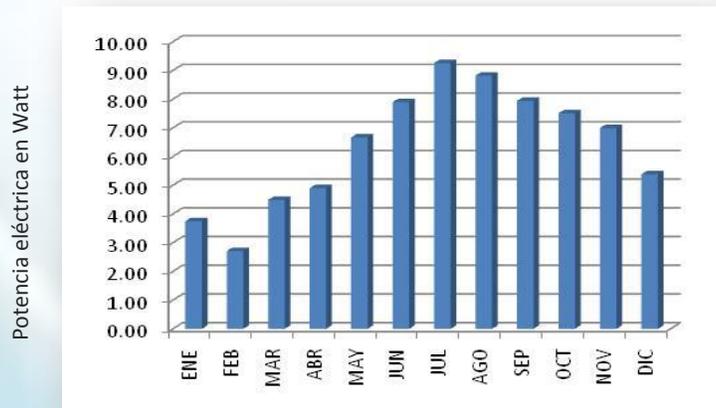


**Figura 05: Adquisición y almacenamiento de datos en tiempo real con el instrumento virtual**



De los datos obtenidos, se realizó el procesamiento estadístico y se obtuvo los siguientes resultados numéricos: La potencia eléctrica mínima obtenida en el panel fotovoltaico durante el periodo de estudio 2012 fue de 2,71Watt en el mes de febrero y la potencia máxima de 9,26Watt en el mes de julio de 2012. También, durante los meses de junio a octubre la generación de la potencia eléctrica promedio se encuentra entre 7 a 9 Watts lo que corresponde a un 66%, 77%, 74% y 68% respectivamente de ganancia energética con respecto a la potencia nominal del panel fotovoltaico de 12Watt. Los meses donde se obtiene menor potencia eléctrica corresponden a enero, febrero y marzo donde se obtiene entre 2,71 y 4,49 Watt que en promedio hacen un 30% de ganancia energética y finalmente encontramos periodos de ganancia moderada correspondientes a los meses de abril, noviembre y diciembre donde obtenemos potencias de entre 4,9Watt y 6,99Watt los mismos que hacen un promedio de 47% de ganancia energética. En conclusión podemos señalar que la variabilidad temporal de la potencia eléctrica de un panel fotovoltaico se encuentra entre 30% y 71% con respecto a la potencia nominal del panel fotovoltaico. A continuación presentamos el histograma de potencias eléctricas obtenidas durante el periodo enero a diciembre de 2012.

**Figura 06. Histogramas de frecuencias de potencia en el panel solar distribuido mensualmente.**



Del mismo modo, estacionalmente se encontró la variabilidad de potencias eléctricas cuyo resumen se presenta en la tabla 01 donde podemos observar que la potencia eléctrica tiene variabilidad estacional durante el invierno, primavera, verano y otoño.

ESTACIONES DEL AÑO 2012	MES1	MES2	MES3	PROMEDIO
INVIERNO BOREAL; VERANO AUSTRAL (E,F,M)	3,75	2,71	4,49	3,65
PRIMAVERA BOREAL;OTOÑO AUSTRAL (A,M,J)	4,90	6,67	7,90	6,49
VERANO BOREAL;INVIERNO AUSTRAL (J,A,S)	9,26	8,82	8,14	8,74
OTOÑO BOREAL; PRIMAVERA AUSTRAL (O,N,D)	7,51	6,99	5,38	6,63

**Tabla 01. Registro de resultados de potencias en el panel solar con distribución estacional**

## DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos se observa que en los meses de abril a junio la potencia eléctrica va en incremento alcanzando hasta un 54% de la potencia nominal; durante los meses de julio setiembre la incidencia fotoeléctrica en las celdas solares es mayor y por tanto existe mayor generación eléctrica en los paneles fotovoltaicos alrededor del 72%; finalmente en el caso de los meses de octubre a diciembre existe un descenso de la generación eléctrica a un 54%; por tanto queda como discusión comprender cuales serian los sistemas de captación eléctrica y su dimensionamiento a fin de aprovechar en lo máximo la radiación solar.

## CONCLUSIONES

- Para estudiar la variabilidad temporal y estacional de la potencia eléctrica de un panel fotovoltaico, es necesario tener un sistema automatizado de registro y adquisición de datos que desarrolle las acciones de lectura de datos dentro del periodo programado en reemplazo a los operadores humanos.
- La variabilidad temporal de la potencia eléctrica del panel fotovoltaico es de 2,71Watt en el mes de febrero y la potencia máxima de 9,26Watt en el mes de Julio de 2012.
- La variabilidad temporal de la potencia eléctrica de un panel fotovoltaico se encuentra entre 30% y 71% con respecto a la potencia nominal del panel fotovoltaico.
- De los resultados obtenidos afirmamos que la potencia eléctrica de un panel fotovoltaico en el distrito de Huancavelica, tiene una variabilidad estacional entre el invierno, primavera, verano y otoño donde en los meses de enero a marzo el promedio de la potencia del panel solar corresponde a 3,65 Watt, en los meses de abril a junio la potencia promedio obtenida fue de 6,49 Watt, de julio a setiembre la potencia incrementó a 8,74 Watt y finalmente en los meses de octubre a diciembre la potencia bajó a 6,63 Watt.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Edson Plasencia s., Lidio Matos c., Adolfo Posadas, Carlos Cabrera, Estimación horaria de la irradiancia solar total extraterrestre, revista del instituto de investigaciones - UNMSM, vol. 10, N° 19, 72-77 (2007).
2. Henry García Bustamante, Energía solar térmica y fotovoltaica en el Perú, Ministerio de energía y minas. Lima Perú-2004.
3. Manuel Gonzales, Alberto e Cohaila, Edith C. Paredes, Seguidores solares de un eje para el aprovechamiento de la energía solar. Revista ciencia y desarrollo. Perú 2006.
4. Shinsky F. G. "Sistemas de Control de Procesos, Aplicación, Diseño y Sintonización" Tomo I. Segunda Edición, McGraw Hill/Interamericana de México S. A. México 1996.
5. Julian Laimé E. y Valero C. "Automatización de Procesos Industriales Mediante LabVIEW" Primera Edición. Editorial Premier. ISBN: 978-612-00-0870-6, Perú-2012.
6. Smith C. y Corripio A. "Control Automático de Procesos, Teoría y Práctica" Primera Edición. Editorial Limusa S. A. México 1991.
7. Ogata K. "Ingeniería de Control Moderna". Tercera Edición. Prentice Hall Hispanoamericana S. A. México 1998.
8. Servicio nacional de meteorología e hidrología, Atlas de energía solar del Perú, Lima Perú 2003.
9. Alarcon Reynaldo, Diseños de la investigación del comportamiento, [texto de aprendizaje], Perú, Universidad Cayetano Heredia, lima 1991.
10. Carlos Barriga Hernández, investigación educacional 1, [texto autoinstructivo], Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Educación, Lima 2002
11. Millman, Jacob. "Dispositivos y circuitos electrónicos"; Editorial Marcombo, Madrid, 1979.
12. Ghausi, "Circuitos electrónicos discretos e integrados"; University of California at Davis 1990.
13. Geenfield, J. D. "Microcomputer basic design". La Habana 1988.
14. Nodarse Pantuso, Filiberto. "Mediciones de parámetros tecnológicos", editorial pueblo y educación, 281-290p, 1988



### CORREO ELECTRONICO:

[wohlergzw@hotmail.com](mailto:wohlergzw@hotmail.com)  
Wohler Gonzales Saenz

Campus Universitario de la Facultad de ingeniería de Electrónica – Sistemas, sede Pampas.