

Volumen 3, Número 8 — Julio — Septiembre -2016

ISSN 2410-3454

Revista de  
Aplicaciones de la  
Ingeniería

**ECORFAN<sup>®</sup>**



**ECORFAN-Bolivia**

## **Indización**

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

RENIECYT

## **ECORFAN-Bolivia**

### **Directorio**

#### **Principal**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

#### **Director Regional**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. BsC

#### **Director de la Revista**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

#### **Edición de Logística**

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD

#### **Diseñador de Edición**

TREJO-RAMOS, Ivan. BsC

Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, Volumen 3, Número 8, de Julio a Septiembre -2016, es una revista editada mensualmente por ECORFAN-Bolivia. Loa 1179, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia. WEB: [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD, Co-Editor: IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. ISSN-En línea: 2410-3454 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 Septiembre 2016.

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

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Servicio Nacional de Propiedad Intelectual.

## **Consejo Editorial**

GALICIA-PALACIOS Alexander. PhD  
*Instituto Politécnico Nacional- México*

NAVARRO-FRÓMETA Enrique. PhD  
*Instituto Azerbaidzhan de Petróleo y Química Azizbekov-Rusia*

BARDEY, David. PhD  
*University of Besançon-Francia*

IBARRA-ZAVALA, Darío. PhD  
*New School for Social Research-U.S.*

COBOS-CAMPOS, Amalia. PhD  
*Universidad de Salamanca-España*

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco. PhD  
*University José Matías Delgado-El Salvador*

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD  
*Universidad de Concepción-Chile*

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD  
*Universidad Industrial de Santander- Colombia-Colombia*

ROCHA-RANGEL, Enrique. PhD  
*Oak Ridge National Laboratory-U.S.*

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD  
*University of Iowa-U.S.*

TUTOR-SÁNCHEZ, Joaquín. PhD  
*Universidad de la Habana-Cuba*

VERDEGAY-GALDEANO, José. PhD  
*Universidad de Granada-España*

SOLIS-SOTO, María. PhD  
*Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca-Bolivia*

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD  
*Universidad de Santiago de Compostela-España*

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD  
*Université Paris Diderot-Pari- Francia*

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD  
*Universita Degli Studi Di Napoli Federico II-Italia*

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD  
*Universidad de Guayaquil-Ecuador*

FRANZONI-VELAZQUEZ, Ana. PhD  
*Instituto Tecnológico Autónomo de México-México*

OROZCO-GUILLÉN, Eber. PhD  
*Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica-México*

QUIROZ-MUÑOZ, Enriqueta. PhD  
*El Colegio de México-México*

SALAMANCA-COTS, María. PhD  
*Universidad Anáhuac-México*

## **Consejo Arbitral**

MTT, PhD

*Universidad de Granada-España*

AH, PhD

*Simon Fraser University-Canadá*

AG, PhD

*Economic Research Institute – UNAM-México.*

MKJC MSc

*Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca-Bolivia*

MRCY, PhD

*Universidad de Guadalajara-México*

MEC, PhD

*Universidad Anáhuac-México*

AAB, PhD

*Universidad Autónoma de Sinaloa-México*

EDC, MSc

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey-México*

JRB, PhD

*Universidad Panamericana-México*

AGB, PhD

*Instituto de Biotecnología UNAM-México*

ACR, PhD

*Universidad Nacional Autónoma de México- México*

ETT, PhD

*CICATA-Instituto Politécnico Nacional-México*

FVP, PhD

GHC, PhD

JTG, PhD

MMG, PhD

*Instituto Politécnico Nacional-Escuela Superior de Economía-México*

FNU, PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana-México*

GLP, PhD

*Centro Universitario de Tijuana-México*

GVO, PhD

*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo- México*

IAA, MsC

*Universidad de Guanajuato-México.*

IGG, MsC

*Centro Panamericano de Estudios Superiores-México*

TCD, PhD

*Universidad Autónoma de Tlaxcala-México*

JCCH, MsC

*Universidad Politécnica de Pénjamo-México*

JPM, PhD

*Universidad de Guadalajara-México*

JGR, PhD

*Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla-México*

JML, PhD

*El Colegio de Tlaxcala-México*

JSC, PhD

*Universidad Juárez del Estado de Durango-México*

LCL Ureta, PhD

*Universidad de Guadalajara-México*

MVT, PhD

*Instituto Politécnico Nacional-México*

MLC, PhD

*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada-México*

MSN, PhD

*Escuela Normal de Sinaloa-México*

MACR, PhD

*Universidad de Occidente-México*

MAN, MsC

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato-México*

MTC, PhD

*Instituto Politécnico Nacional –UPIICSA-México*

MZL, MsC

*Universidad del Valle de México-México*

MEC, PhD

*Universidad Autónoma de San Luis Potosí-México*

NGD, PhD

*UDLA Puebla-México*

NAL, MsC

*Universidad Politécnica del Centro- México*

OSA, PhD

*Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos-México*

OGG, PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana-México*

PVS, PhD

*Universidad Politécnica de Tecámac-México*

MJRH, PhD

*Universidad Veracruzana-México*

SCE, PhD

*Universidad Latina-México*

SMR, PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana-México*

VIR, PhD

*Instituto Mexicano del Transporte-México*

WVA, PhD

*Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo-México*

YCD, PhD

*Centro Eleia-México*

ZCN, MsC

*Universidad Politécnica de Altamira-México*



## Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en las áreas de: Aplicaciones de la Ingeniería.

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

Como primer artículo está *Prototipo de un Sistema Fotovoltaico Autónomo* por MOLINA-GARCÍA, Moisés y MELCHOR-HERNANDEZ, César, como siguiente artículo está *Control de un proceso de acondicionamiento de aire mediante Plc y pantalla HMI* por MIRANDA, Francisco, ROCHA, Elpidio y FERNÁNDEZ, Tomás, como siguiente artículo está *Reconstrucción Robusta de Imágenes Multiespectrales de Percepción Remota en GPUs* por RAMÍREZ-ZAPATA, Rodrigo, CASTILLO-ATOCHE, Alejandro, MORENO-SABIDO, Mario, BLANCO-VALDEZ, Magnolia, como siguiente artículo está *Tablero para prácticas de Termografía Infrarroja* por ESTRADA, Francisco y FERNANDEZ, Luis.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Prototipo de un Sistema Fotovoltaico Autónomo</b> MOLINA-GARCÍA, Moisés y MELCHOR-HERNÁNDEZ, César	9-18
<b>Control de un proceso de acondicionamiento de aire mediante Plc y pantalla HMI</b> MIRANDA, Francisco, ROCHA, Elpidio y FERNÁNDEZ, Tomás	28-34
<b>Reconstrucción Robusta de Imágenes Multiespectrales de Percepción Remota en GPUs</b> RAMÍREZ-ZAPATA, Rodrigo, CASTILLO-ATOCHE, Alejandro, MORENO-SABIDO, Mario, BLANCO-VALDEZ, Magnolia	35-43
<b>Tablero para prácticas de Termografía Infrarroja</b> ESTRADA, Francisco y FERNÁNDEZ, Luis	44-50
<i>Instrucciones para Autor</i>	
<i>Formato de Originalidad</i>	
<i>Formato de Autorización</i>	

## Prototipo de un Sistema Fotovoltaico Autónomo

MOLINA-GARCÍA, Moisés†\* y MELCHOR-HERNÁNDEZ, César.

Recibido Julio 8, 2016; Aceptado Septiembre 14, 2016

### Resumen

La energía solar está constituida por la fracción de luz que emite el sol y que es interceptada por la tierra en su superficie, dentro de los tipos de forma de energía se encuentra la solar fotovoltaica, la cual se considera energía limpia. En el presente artículo se muestra la construcción de un prototipo de un sistema fotovoltaico autónomo para la generación de energía eléctrica, el cual consta de una estructura soporte para el panel solar con un ángulo de inclinación para que pueda recibir de mejor manera los rayos del sol, un controlador de carga el cual tiene como función principal de prevenir descargas y sobrecargas de la batería, además de tener diferentes funciones para el control de horas de encendido de algún aparato eléctrico; en este caso lámparas de iluminación, una batería recargable de 12 Volts que permite almacenar la energía que se genera por medio de los rayos del sol a través del panel solar, y por último un inversor de corriente el cual se encarga de adecuar las características de la energía demandada a corriente alterna para diferentes aplicaciones.

**Energías Renovables, Energía Solar, Panel Solar, Sistema Fotovoltaico, Sistema de Iluminación, Prototipo**

### Abstract

Solar energy is made by the fraction of light that sun emits and that is intercepted by the earth's surface, among the types of energy it is found the solar photovoltaic, which is considered clean energy. In this article it is shown the construction of a prototype of an autonomous photovoltaic system for the production of electric energy, which consists of a support structure for the solar panel with an inclination angle so it can better receive sun rays, a charge controller which works mainly to prevent discharges and overcharges from the battery, besides having different functions for lighting control, a rechargeable 12 volts battery that allows to save the energy that is generated by sun rays through the solar panel, and a power inverter that is responsible of adapting the characteristics of the requested energy for different applications.

**Renewable Energy, Solar Energy, Solar Panel, Photovoltaic System, Lighting System, Prototype**

**Citación:** MOLINA-GARCÍA, Moisés y MELCHOR-HERNÁNDEZ, César. Prototipo de un Sistema Fotovoltaico Autónomo. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2016, 3-8: 9-18

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: monchi\_moga@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La energía solar está constituida por la fracción de luz que emite el sol y que es interceptada en su superficie, por lo que se encuentra condicionada por factores de tipo astronómico y geográfico (posición relativa sol – tierra y lugar donde este ubicado el sistema) así como de tipo climatológico.

La denominada energía solar fotovoltaica en la cual se centra esta investigación y que consiste en el aprovechamiento de la radiación solar incidente sobre celdas fotovoltaicas, capaces de convertir la luz solar recibida en energía eléctrica, es una alternativa viable al uso de combustibles fosiles para la producción de electricidad debido a que no generan ningún tipo de residuo contaminante.

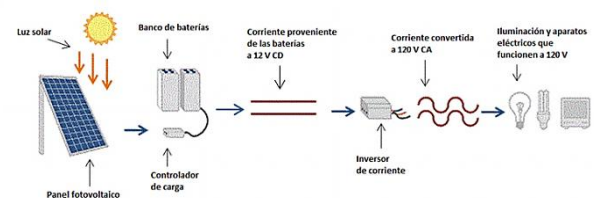
Los sistemas fotovoltaicos son accesibles para todo tipo de público, son de fácil instalación, sencillos de manejar y requieren de muy poco mantenimiento, con una vida útil de aproximadamente 15 años. A diferencia de otro tipo de energías renovables, como por ejemplo, la energía hidráulica o eólica, donde es necesario que haya ciertas características en el medio ambiente como son cuerpos de agua o corrientes de aire, la energía solar se encuentra en todas partes y en cualquier época del año.

Con los sistemas fotovoltaicos siempre se tiene energía debido a los rayos del sol, al menos que exista una falla del equipo, la energía puede ser utilizada sin pagar alguna cuota; en cambio con los sistemas interconectados a la red en ocasiones se carece de energía por las inclemencias del tiempo o por fallas técnicas y se debe pagar a una empresa generadora por utilizar la energía

## Efecto fotovoltaico

Las celdas solares convierten directamente la luz solar en electricidad, debido al efecto fotovoltaico. La luz está compuesta de fotones con diferentes energías, cuando un fotón con energía suficiente choca con un átomo de algún material, por ejemplo el silicio, el átomo absorbe la energía del fotón y un electrón del material queda en un estado excitado por la energía absorbida, lo que permite en algunos casos, que se mueva libremente. Si en lugar de uno son varios los electrones que circulan libremente, puede producirse una corriente eléctrica bajo ciertas condiciones y por lo tanto, generarse electricidad a partir de energía solar.

## Sistema fotovoltaico



**Figura 1** Diagrama eléctrico de sistema fotovoltaico.

En el sistema el panel fotovoltaico recibe la luz solar, la cual mediante el efecto fotovoltaico convierte en energía eléctrica. El controlador de carga, alimentado por el panel, regula el voltaje de carga en las baterías protegiéndolas de sobrecargas o sobredescargas y así su tiempo de vida es mayor; además de controlar los tiempos de consumo. Las baterías, a su vez, alimentan al inversor, el cual convierte el voltaje de 12 volts de corriente directa (CD) proporcionado por las baterías a 127 volts de corriente alterna (CA).

## Desarrollo

En el ITSH se están desarrollando proyectos de ahorro de energía, debido a que se cuenta con la norma del sistema de gestión ambiental ISO 14001:2004, en el área de sistemas fotovoltaicos, se está trabajando para poder ser instalados en algunas áreas del plantel. Se están desarrollando prototipos con el fin de realizar análisis para poder conocer como se comportan y poder tener un conocimiento para poder ser instalados a escala mayor.

## Componentes del sistema fotovoltaico

### 1. Celda fotovoltaica.

El componente principal para cualquier sistema fotovoltaico es el generador, que recibe el nombre de celda fotovoltaica. Esta se caracteriza por convertir directamente en energía eléctrica los fotones provenientes de la luz solar. Su funcionamiento se basa en el “efecto fotovoltaico”.

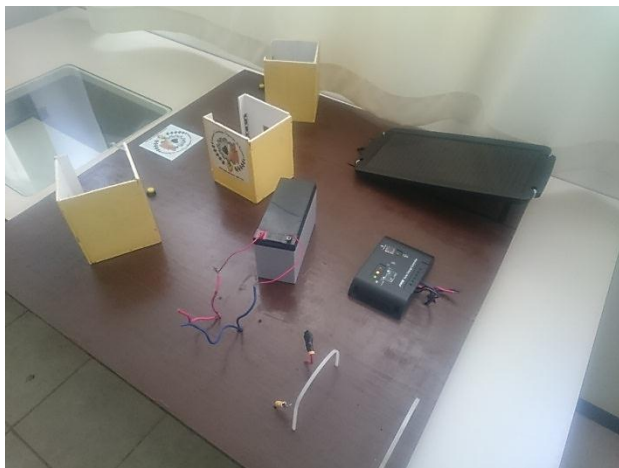


Figura 2 Partes que conforman el prototipo fotovoltaico.

Una celda fotovoltaica se comporta como un diodo; la parte expuesta a la radiación solar es la terminal N, y la parte situada en la zona sombría es la terminal P. Las terminales de conexión de la célula se hallan sobre cada una de estas partes del diodo; la cara correspondiente a la zona P se encuentra completamente cubierta (no debe recibir rayos solares), mientras que en la zona N el metalizado tiene forma de peine, a fin de que la radiación solar llegue al semiconductor.

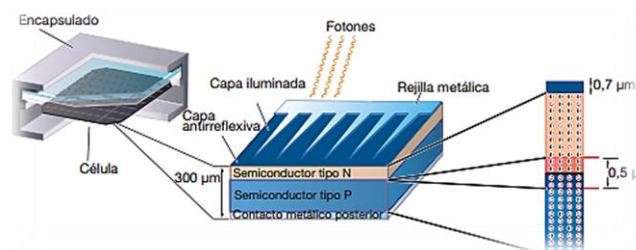


Figura 3 Estructura de una celda fotovoltaica. [1]

## Cálculo del ángulo de inclinación de la celda fotovoltaica

La inclinación de la superficie óptima ( $\beta_{opt}$ ) de un panel fotovoltaico se relaciona con la altitud ( $\Phi$ ) del sitio donde pretende ser ubicado.

La ecuación es la siguiente:

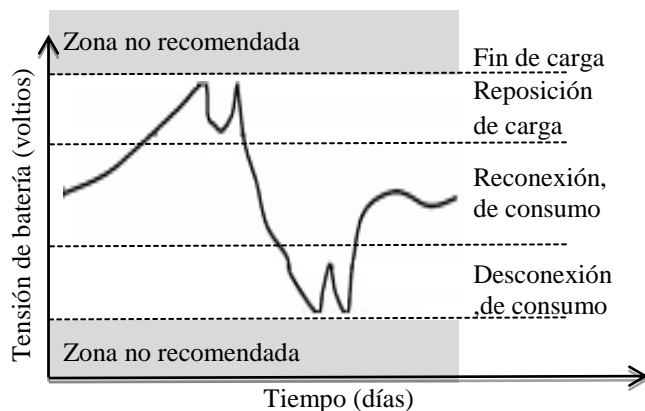
$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69\Phi \quad (1)$$

Resultando de esta ecuación la inclinación ideal para el panel fotovoltaico según el lugar donde piense ser instalado.

## Control de carga

La función básica de este dispositivo es prevenir descargas y sobrecargas de la batería. Se emplea además para proteger las cargas en condiciones extremas de operación y brindar información al usuario. La función de regulación de carga idealmente debe depender directamente del estado de carga en la batería.

El controlador empleado atiende el voltaje de la batería



**Figura 4** Variación del voltaje de una batería con un controlador de carga. [2]

Las características esenciales del controlador de carga son:

1. El voltaje de desconexión de las cargas de consumos. Corresponde al valor de carga de la batería por debajo del cual se interrumpe el suministro de electricidad a los consumos. En este caso 11.1V.

El voltaje final de carga. Es el valor de la tensión de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el panel fotovoltaico y la batería o se reduce gradualmente la corriente media entregada por el panel fotovoltaico. En este caso 12.6V. El panel frontal del controlador que se utiliza cuenta con 3 LED que indican su funcionamiento, un display LED de 7 segmentos y los tornillos para hacer las conexiones de los cables.



**Figura 5** Vista frontal del controlador de carga.

Los 3 LED indican cómo se encuentra funcionando el controlador. De izquierda a derecha se muestran el estado del panel fotovoltaico, el estado de la batería y el estado de la carga conectada.

Sistema	Acción
Panel fotovoltaico	Verde encendido, cuando el panel carga las baterías. Verde parpadeando, cuando el sistema tiene un sobre voltaje.
Batería	Verde encendido, cuando el nivel de la batería es el correcto. Verde parpadeando lento, cuando la batería está llena. Amarillo encendido, cuando el nivel de la batería es bajo. Rojo encendido, cuando la batería se desconecta.
Cargas	Verde encendido, cuando la salida está conectada. Rojo parpadeando lento, cuando está sobrecargada. Rojo parpadeando, cuando la carga está cortocircuitado.

**Tabla 1** Indicador LED del controlador de carga. [3]





**Figura 6** Vista frontal del controlador de carga.

En la figura 6 se aprecian los LED del panel fotovoltaico y la batería encendidos.



**Figura 7** Vista frontal del controlador de carga.

En la figura 7, se aprecian los LED de la batería y las cargas, encendidos.

El display LED muestra las opciones de control de luz del controlador de carga.

Número	Modo	Opción
Número 0	Número 0	Día y noche, luz siempre encendida
Número 1	Número 1	Luz encendida por la noche durante 1 horas
Número 2	Número 2	Luz encendida por la noche durante 2 horas
Número 3	Número 3	Luz encendida por la noche durante 3 horas
Número 4	Número 4	Luz encendida por la noche durante 4 horas
Número 5	Número 5	Luz encendida por la noche durante 5 horas
Número 6	Número 6	Luz encendida por la noche durante 6 horas
Número 7	Número 7	Luz encendida por la noche durante 7 horas
Número 8	Número 8	Luz encendida por la noche durante 8 horas
Número 9	Número 9	Luz encendida por la noche durante 9 horas
Número 10	Número 0	Luz encendida por la noche durante 10 horas
Número 11	Número 1	Luz encendida por la noche durante 11 horas
Número 12	Número 2	Luz encendida por la noche durante 12 horas
Número 13	Número 3	Luz encendida por la noche durante 13 horas
Número 14	Número 4	Luz encendida por la noche durante 14 horas
Número 15	Número 5	Luz encendida por la noche durante 15 horas
Número 16	Número 6	Luz apagada
Número 17	Número 7	Modo de prueba. Luz encendida cuando no se detecta luz. Luz apagada cuando se detecta luz

**Tabla 2** Opciones de control de luz. [3]

### 3. Sistema de almacenamiento.

Está formado por un conjunto de baterías, generalmente de plomo-ácido. Estos son dispositivos capaces de transformar la energía química en energía eléctrica. Almacenan la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación.

Una de las características más importante de un batería en una instalación fotovoltaica es el ciclado. El ciclado diario se refiere a que la batería se carga en el día y se descarga en la noche. Superpuesto a este ciclo diario está el ciclo estacional que se asocia a periodos de reducida incidencia de radiación. Estos ciclos conjuntamente con otros parámetros de operación como temperatura ambiente, corriente, inciden sobre la vida útil de la batería y sus requisitos de mantenimiento.

Los principales parámetros que definen el funcionamiento de una batería en un sistema fotovoltaico son:

1. El máximo valor de corriente que puede entregar a una carga fija, en forma continua, durante un número específico de horas de descarga.
2. Capacidad de almacenamiento de energía.
3. Profundidad de descarga máxima
4. La vida útil.

Los parámetros utilizados en la prueba son corriente y tiempo, la capacidad de la batería se define en Amperes-hora (Ah). A partir de este valor puede determinarse la corriente máxima para un determinado régimen de descarga.

La batería utilizada en el proyecto es de la marca RITAR® modelo RT1270, cuyas características principales son:

Celdas por unidad	6
Voltaje por unidad	12 V
Capacidad	7Ah
Peso	Aprox. 2.0 Kg
Corriente máxima de descarga	70 A (5 seg)
Resistencia interna	Aprox. 30mΩ
Rango normal de temperatura	25°C ±5°C
Voltaje en fase de carga	13.7-13.9 VDC a 25°C
Corriente máxima recomendada de carga	2.1 A
Autodescarga	>3% por mes a 25°C
Terminal	Faston Tab 187 (F1)/ Faston Tab 250 (F2)
Material del contenedor	A.B.S. (UL94-HB), Resistencia UL94-V2

**Tabla 3** Características de la batería RT1270.

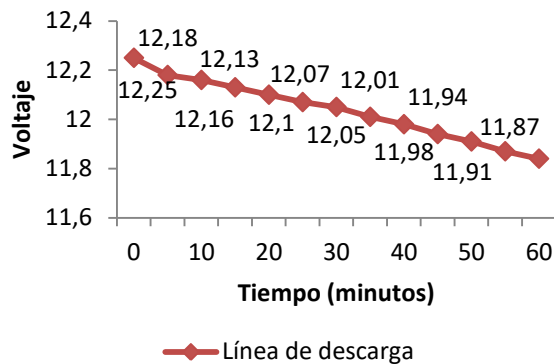


**Figura 8** Batería RITAR modelo RT1270.

Con una potencia consumida de 30 Watts, se puede apreciar la siguiente gráfica de descarga de la batería en un lapso de 60 minutos. Se utilizó un multímetro marca Truper modelo MUT-33, que midiendo tensión en corriente directa tiene una precisión de ±0.8%,



y la medición de voltaje era realizada cada 5 minutos.



**Gráfico 1** Rendimiento de la carga en la batería.

Se puede apreciar que la descarga de la batería se realiza de forma lineal si la potencia requerida es constante.

#### 4. Inversor de corriente

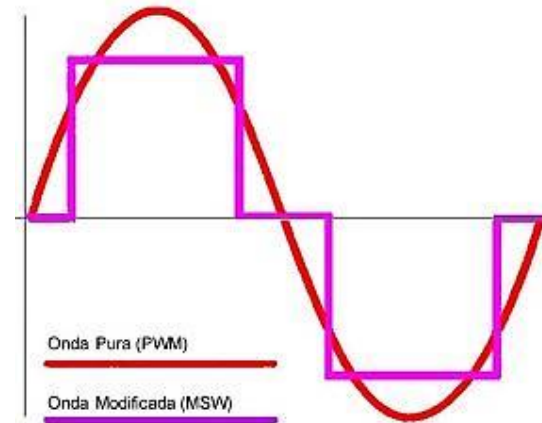
Su función es adecuar las características de la energía generada a las demandadas por las aplicaciones de la instalación. Un sistema de conmutación electrónico, llamado inversor, transforma la corriente continua de las baterías (12V) en corriente alterna que es utilizada en los hogares (120V-60Hz)

Las principales características que deben considerarse para la selección del inversor son:

1. La tensión de entrada.
2. Máxima potencia que puede manejar.
3. Margen de sobrecarga permisible.
4. Potencia, tensión y forma de la onda de la salida
5. Frecuencia de trabajo y máximo error de frecuencia.

6. Eficiencia de transformación (generalmente cercana al 85%).

Para seleccionar el inversor, es necesario saber que en el mercado se pueden encontrar inversores de onda sinusoidal pura (PWM) y de onda sinusoidal modificada (MSW).



**Figura 9** Diferencia entre una onda sinusoidal pura y onda sinusoidal modificada.

Los inversores de onda sinusoidal modificada (MSW) pueden alimentar a la mayoría de electrodomésticos actuales, sin embargo, pueden ocasionar problemas a aparatos con cargas inductivas, como son los motores. Los inversores de onda sinusoidal pura (PWM), imitan la forma de onda que provee la red eléctrica y en consecuencia es la mejor opción al alimentar los equipos eléctricos y electrónicos actuales.

El inversor utilizado es un Xtron® PI-200 de onda sinusoidal modificada (MSW) de 200W de potencia continua. Se decidió implementar este por a su reducido costo, tamaño y debido a que sus características eléctricas son las indicadas para el sistema.



Figura 10 Inversor Xtron® PI-200. [4]

Cantidad de contactos 120 VCA	2
Tensión de entrada	12 VDC (11 VDC~15VDC)
Tensión de salida	115-120 VCA
Potencia continua	200 W
Pico de potencia	400 W
Frecuencia de salida	50 Hz-60 Hz +/-3 Hz
Corriente en espera	<0.5 A
Eficacia	>85%
Fusible	25 A (tipo clavija)

Tabla 4 Características eléctricas de inversor PI-200. [4]

Marca	Xtron
Modelo	PI-200
Conector de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plug encendedor</li> <li>• Jack encendedor (caimanes rojo y negro)</li> </ul>
Material	Metálico
Color	Negro
Dimensiones	12.8 cm x 13.2 cm x 5.2 cm

Tabla 5 Características físicas de inversor PI-200. [4]

Algunas de las ventajas de los sistemas fotovoltaicos son: bajos costos operacionales, se requiere poco mantenimiento, beneficios ambientales al no quemar combustibles, modularidad se puede cambiar de lugar o agrandar, se puede programar a las características del usuario y bajos costos de construcción en cuanto a cableado y en lugares lejanos no se necesita de contratos con empresas generadoras de energía.

Metodología

Diseño del prototipo

Se realiza una maqueta simulando la iluminación interna de 3 hogares por medio de leds conectados en un arreglo con apagador individual alimentados directamente del control de carga.



Figura 11 Vista frontal de los hogares que se simulan.



Figura 12 Vista superior de uno de los hogares que se simulan.

Para la batería y el inversor se utiliza cable calibre 14, que tiene una ampacidad de 25 A. Para el cableado de los led es utilizado cable calibre 22 con una ampacidad de 5 A.

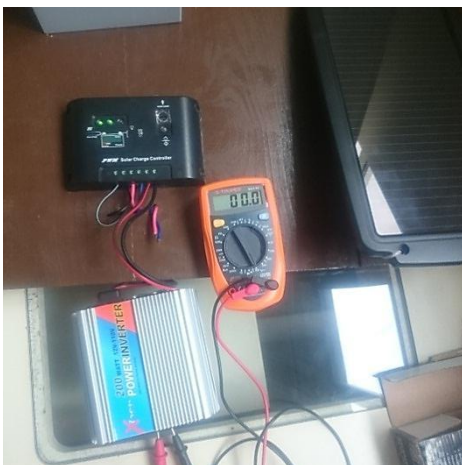


**Figura 13** Vista frontal del prototipo.

## Resultados

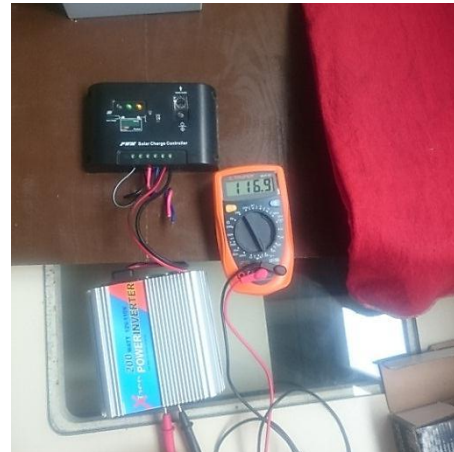
Las pruebas fueron realizadas a las 14:20 horas.

El controlador de carga está en un modo de operación en el cual cuando detecta luz solar desconecta las cargas, lo que quiere decir que desconecta el inversor y el voltaje de salida es cero. Mientras que cuando se corta el suministro de luz solar, de inmediato vuelve a encender al inversor y este trabaja proporcionando 127 VCA.



**Figura 2** Incidencia de luz sobre la celda.

En la Figura 14 se observa que al incidir luz solar sobre la celda, el inversor se encuentra desconectado; no se registra ningún voltaje.



**Figura 3** Generación de voltaje.

Con los datos obtenidos se demuestra que el sistema si entra en función. En el momento que el controlador detecta que no hay luz solar (en la noche), alimenta al inversor; en la figura 15 se aprecian 120V de corriente alterna. Una vez programado con el controlador se tendrá la iluminación necesaria por parte de los leds en el tiempo requerido.

## Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Huatusco por prestar sus instalaciones y el material necesario para la realización del prototipo. Al Ing. Francisco Javier Fuentes Ramos encargado de laboratorio. Al Ing. Axel Pípper Ríos, por apoyar en la redacción. Al Ing. Omar Bello Cruz y el Ing. Jesús Arturo Vázquez Trujillo por la donación del equipo.

## Conclusiones

Se puede apreciar que con la potencia utilizada de 30 Watts que es la generada por el panel el tiempo de descarga del sistema es adecuado, considerando que un foco tipo LED consume comunmente 9 Watts de potencia, aproximadamente se pueden conectar 3 focos y tienen un rendimiento de más de una hora con la carga completa de la batería.

El sistema puede ser mejorado si se utiliza una batería de mayor capacidad de almacenaje, lo cual prolongaría el tiempo útil de los leds. Así también incrementar la potencia del inversor que se desea utilizar para que de esta forma se pueda alimentar más leds a la vez.

### **Referencias**

Díaz, T., & Carmona, G. (s.f.). *Técnico en Instalaciones Eléctricas y Automáticas*. Mc Graw-Hill.

*Soluciones Energéticas S.A.* (05 de 01 de 2002).  
Obtenido de <http://www.solener.com/>.

PWM. (02 de 01 de 2015). Instruction Manual.  
*Solar Charge Controller*, pág. 4.

**Control de un proceso de acondicionamiento de aire mediante Plc y pantalla HMI**

MIRANDA, Francisco†\*, ROCHA, Elpidio y FERNÁNDEZ, Tomás.

Recibido Julio 26 2016; Aceptado Agosto 31, 2016

**Resumen**

Hoy en día los PLC son más pequeños, y se programan por el lenguaje escalera, y el lenguaje de compuertas lógicas ha quedado atrás ya que el lenguaje escalera da más facilidad de programar y da herramientas que facilita la programación. En este trabajo se presenta la programación de este PLC y de la pantalla táctil, se lleva a cabo mediante un software en lenguaje escalera y en diseño de imágenes este se transfiere mediante la interfaz de la PC al PLC mediante un cable de comunicación de tipo USB. Se puede entrelazar el lenguaje escalera con el diseño que se lleva a cabo y se observa en la pantalla táctil para realizar la simulación utilizando iconos con movimiento e imágenes representativas de cada elemento físico.

**Plc's, Display, Interfaz****Abstract**

Now a days the plc are smaller, now most plc are programmable by ladder code and the logic gate language can't keep up because ladder programming gives easier programming and tools to ease programming. The plc and touchscreen's programming is done by software build with the ladder language and the image design gets transferred through the pc's interface to the plc with an usb communication cable. The ladder programming language can be interconnected with the design shown in the touchscreen to perform the simulation icons with movement and representative images of each physical element.

**Plc's, Display, Interface**

**Citación:** MIRANDA, Francisco, ROCHA, Elpidio y FERNÁNDEZ, Tomás. Control de un proceso de acondicionamiento de aire mediante Plc y pantalla HMI. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2016, 3-8: 28-34

\*Correspondencia al Autor:(Correo Electrónico:fernandez\_gt@yahoo.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Actualmente las empresas en su búsqueda de mayor producción y calidad en sus productos, optan por automatizar, implementando la utilización de un software y hardware (PLC), el cual solo necesita ser programado con las características de la instrumentación, instalada en su proceso, para mantener la operación de la maquinaria sin necesidad de intervención humana. Por lo cual, como estudiantes de una carrera de ingeniería, necesitamos conocimientos básicos de manejo y programación de un PLC.

En ocasiones dentro de una institución no se cuenta con dichos equipos, pero si se llegase a contar con alguno suelen ser modelos que ya no son utilizados a nivel industrial, por lo cual si se quisiera aprender sobre estos equipos se debe buscar externamente, es decir, mediante la contratación de cursos a empresas ajenas a la institución.

En esta ocasión el Instituto Tecnológico Nacional de México cuenta con un prototipo de entrenamiento en el cual están instalados un PLC y una pantalla táctil WEINTEK, los cuales son modelos actuales, por lo cual mediante este proyecto se busca aprender el manejo adecuado y programación de dichos equipos, mediante la simulación de control de un sistema de ventilación.

**Controlador lógico programable (plc)**

Es un equipo que utiliza un software, con lenguaje escalera, para programar el control de operación de un equipo y/o proceso para que trabaje de manera autónoma. Esto se puede realizar apoyándose en instrumentos de medición, ya sean analógicos o digitales, dependiendo de las condiciones de trabajo de dicho equipo y/o proceso.

El PLC cuenta con una capacidad de almacenaje de datos, con los cuales se pueden llevar a cabo operaciones dentro del plc, los cuales si se desea pueden ser mostrados en la pantalla WEINTEK.

**Pantalla táctil Weintek.**

Es un equipo que utiliza un software, mediante el cual se puede diseñar un programa utilizando imágenes e iconos, con los cuales se pueden representar los cuerpos físicos de algún equipo o proceso, además estas imágenes e iconos se pueden entrelazar con el programa del PLC para simular el funcionamiento del programa en lenguaje escalera.

La simulación es posible ya que los programas son cargados en un PLC y pantalla WEINTEK, que se encuentran instalados en un prototipo de entrenamiento, el cual cuenta con ranuras de conexión que nos permiten la utilización de equipos de medición, ya sean analógicos o digitales, además de las ranuras este prototipo cuenta con botones pulsadores, de simple y doble efecto, y cuenta con potenciómetros los cuales pueden simular la entrada de datos, por si no se contara con instrumentos de medición. La ventaja de utilizar estos equipos es que, tanto el software del PLC como de la pantalla táctil WEINTEK son gratuitos, es decir, que no se necesita pagar por códigos de activación de los softwares ya que solo hay que descargarlos en las páginas correspondientes de los equipos.

**Equipo a controlar**

El PLC y la pantalla WEINTEK serán empleados para controlar una unidad de ventilación, ya que actualmente opera mediante el accionamiento manual, por ello al emplear estos equipos se busca una operación autónoma.



Para llevar a cabo el control de paro y arranque se utilizar un sensor térmico, con el cual se identificara la temperatura a la que se encuentra el área, para que mediante este podamos establecer los parámetros de control y así mantener el are a una temperatura de confort.

**Diseño del programa de para y arranque del sistema de ventilación en el lenguaje escalera**

Al usar un equipo de medición ya sea analógico o digital, se debe declarar el tipo de voltaje con el que estos trabajan para que el PLC pueda identificar estos equipos, y así poder operar entre estos rangos.

Para ello se utilizan los siguientes diagramas de referencia.[5]

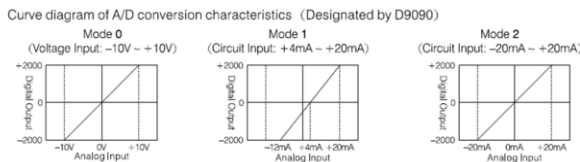


Figura 1 Curva del diagrama para utilización D9090.

En base a estos diagramas se lleva a cabo la declaración de energía que recibirá el PLC mediante el lenguaje escalera, esto se hace tanto para las entradas como para las salidas. La dirección o referencia D9090 cambiara de acuerdo al tipo de voltaje que utilizaran las entradas y salidas.[5]

Register #	Special data registers list for analog functions. They are not latched registers.
D9090	To organize the input modes of AIN1 ~ AIN4
D9091	Averaged input value from AIN1
D9092	Averaged input value from AIN2
D9093	Averaged input value from AIN3
D9094	Averaged input value from AIN4
D9095	To organize the output modes of AO1 and AO2
D9096	Digital value for AO1 output
D9097	Digital value for AO2 output

- AIN1 = 0 : Voltage output (-10 V ~ +10 V)
- AIN2 = 1 : Current output (+4 mA ~ +20 mA)
- AIN3 = 2 : Current output (-20 mA ~ +20 mA)
- AIN4 = 3 : Disabled.

Tabla1 Registro de datos especiales para funciones analógicas.

Siguiendo la tabla anterior podemos utilizar la dirección adecuada para el voltaje con el cual se trabajara.

Además para poder observar los valores de operación de modo entendible en la pantalla, se debe llevar acabo un a parametrizacion y darle una dirección correspondiente para dicha operación además de la dirección de almacenaje, tal como se muestra a continuación.[1]

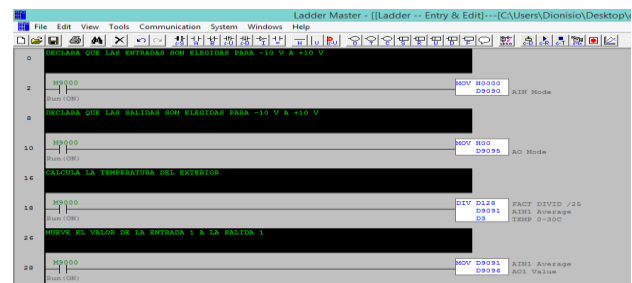


Figura 2 Parametrizacion y declaración de entradas.

Una vez hecha la parametrizacion se debe establecer los rangos de paro y arranque del sistema de ventilación. Para ello se pueden utilizar los signos de relación (>= y <=), esta comparación se lleva a cabo mediante el direccionamiento que se le asigna a cada dato, por ejemplo en la función de la parametrizacion las direcciones que contienen la letra D son direcciones de registro de datos, por lo tanto utilizaremos D3 que es el registro donde se guarda el resultado de la división y será comparado con una nueva dirección que será, D130 para la temperatura de paro de la unidad de ventilación y D131 para la temperatura de arranque de la unidad de ventilación. Las direcciones deben respetar un orden para poder indicar el paro y arranque de la unidad de ventilación. [1]

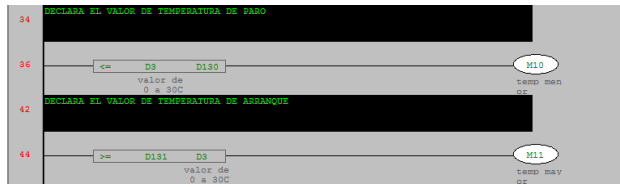


Figura 3 Rasgos de para y arranque de la unidad de ventilación

Como salidas fueron nombradas M10 y M11 ya que dentro del lenguaje de programación para este PLC entiende estas direcciones, por lo cual al nombrar las salidas podemos realizar el condicionamiento de para y arranque de la unidad de ventilación.

Ahora bien para poner en funcionamiento la unidad de ventilación debe ser activado el ventilador, que se encarga de introducir el aire del medio ambiente, enseguida de ser activada la bomba de recirculación de agua, esta agua es la encargada de proporcionar el área de intercambio de calor tanto del refrigerante como del aire, y por último será activado el compresor, que es el encargado de poner en funcionamiento el ciclo de refrigeración de la unidad enfriadora.

Primero se realiza la condición de paro y arranque del ventilador, para ello se coloca un contacto normalmente abierto con enlace de activación con M10 y un contacto normalmente cerrado con M11, y una salida nombrada Y0 que será la que activara el ventilador. Por último se colocara un enclavamiento para que el ventilador no se desenergize hasta que se abra el contacto normalmente cerrado, debido al cumplimiento de la comparación.[1]



Figura 4 Control de para y arranque del ventilador.

Posteriormente de la activación de la ventilación se debe activar la bomba, para ello se colocara un contacto normalmente abierto con enlace a Y0 para que se active al mismo tiempo, como salida se nombrara Y1 para que active la bomba. [1]



Figura 5 Activación de la bomba.

Debido que el compresor se debe activar junto con el ventilador y la bomba, se coloca un contacto normalmente abierto enlazado a Y1 para que se active al mismo tiempo y se coloca una salida nombrada Y2 para activar el compresor.[1]



Figura 6 Activación del compresor

Si se desea observar la temperatura del agua que circula del evaporador a la unidad manejadora de aire se debe llevar a cabo otra parametrización y la activación de otra entrada de datos.[1]



Figura 7 Termómetro para la temperatura del agua.

### Pantalla táctil Weintek

Primero se debe seleccionar el modelo de la pantalla que se ocupara, el modelo de la pantalla que se ocupo fue una MT8000.[6]



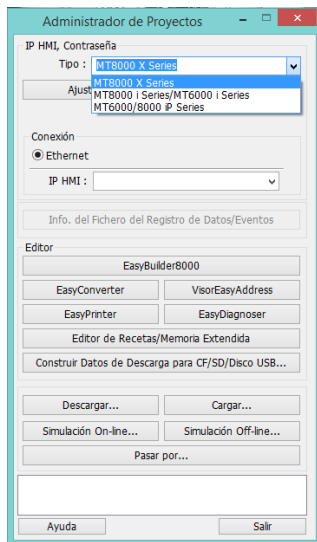


Figura 8 Ventana de administración de proyectos.

Después de haber seleccionado EasyBuilder8000 se procederá a crear un nuevo proyecto y seleccionar el tamaño de la pantalla y el modo vista.[6]

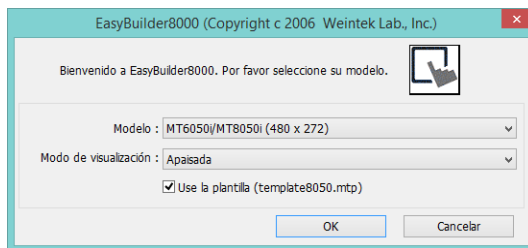


Figura 9 Ventana de configuración de tamaño de pantalla.

Posteriormente se debe configurar el tipo de PLC con el que estará trabajando. [6]

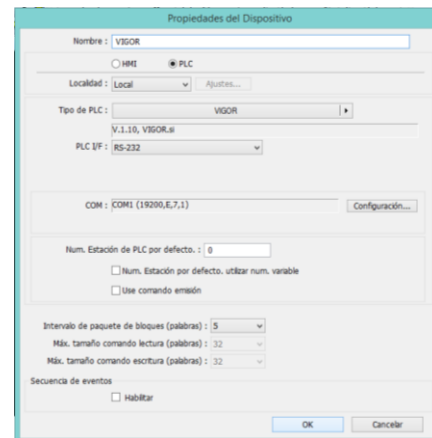


Figura 10 Ventana de propiedades del dispositivo.

Una vez seleccionada la casilla OK se abra agregado el tipo de PLC.[6]

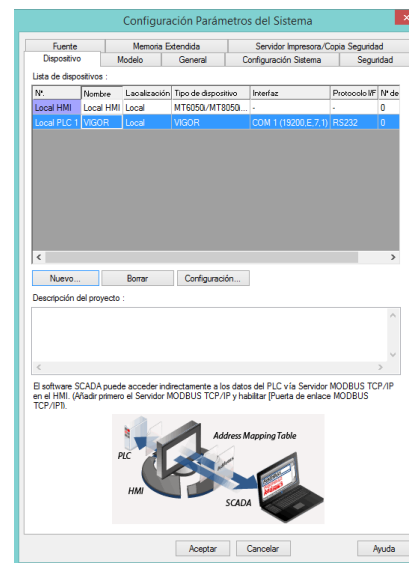


Figura 11 Ventana de configuración del tipo de PLC.

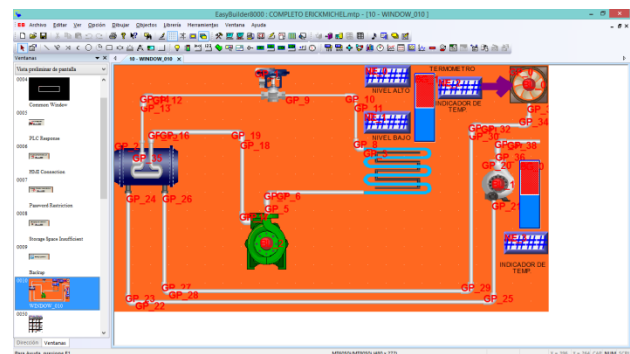


Figura 12 Programa diseñado en EasyBuilder8000.

En la imagen que se observa arriba está representado el funcionamiento de la unidad de ventilación, por lo cual las únicas imágenes que se mueven son las barras, los círculos rojos colocados al centro del ventilador, bomba y compresor, además de los indicadores numéricos.

En las figuras siguientes se muestra el PLC que se utilizó, así como la pantalla HMI (táctil), los equipos mencionados anteriormente fueron utilizados en la aplicación real de este trabajo



**Figura 13.** PLC y pantalla táctil



**Figura 14** Sistema de acondicionamiento de aire

### Aportación

Los elementos están entrelazados al lenguaje escalera para poder visualizar el funcionamiento del programa, por ejemplo los círculos rojos cambian a color verde cuando son activados y regresan al rojo cuando se desactivan esto simula el paro y arranque de cada elemento, los indicadores numéricos a la izquierda de la barra superior están configuradas para poder introducir el valor de temperatura de paro y arranque, mientras que los otros dos muestran la temperatura enviada por el sensor térmico y el termómetro.

Las aportaciones de este trabajo son las formas de explicar paso a paso la programación en lenguaje escalera, así como la manera de desarrollar el proceso del sistema en la pantalla táctil, que se asemeja a lo que ocurre prácticamente en la realidad, así como la sencillez para manejar este tipo de equipos, de esta manera los alumnos obtendrán nuevos conocimientos en las aplicaciones con este PLC y la pantalla HMI (Human Machine Interface).

Se considera una idea original la de este trabajo ya que es difícil encontrar este equipo en alguna otra institución de educación superior, quizá en el ámbito industrial sea aplicable, ya que este es un PLC y así como su pantalla táctil actualizados.

Se considera como principal fortaleza de este artículo las prácticas que se puedan realizar en el laboratorio que servirán para obtener experiencias prácticas y reales de los alumnos que participan en ellas, así como, aprenderán la programación del PLC y de la pantalla táctil, de igual manera aprenderán a simular los procesos reales similares a las prácticas industriales.

## Conclusiones

Al realizar un trabajo de esta manera como estudiantes se puede aprender de manera adecuada la programación y manejo de un PLC ya que gracias al prototipo de entrenamiento se puede interactuar de manera real con un PLC y debido al diseño del mismo los programas que se realizan son funcionales a nivel industrial, ya que estos pueden ser cargados en un proceso real.

## Referencias

- [1] Hardware Manual for VH Series PLC
- [2] High Speed Processing Instructions
- [3] Introduction to M, VB and VH Series PLC
- [4] PLC Connection Guide
- [5] C. VH-20AR Unit User Manual
- [6] Easy Builder Installation and Startup Guide.

## Reconstrucción Robusta de Imágenes Multiespectrales de Percepción Remota en GPUs

RAMÍREZ-ZAPATA, Rodrigo<sup>†\*</sup>, CASTILLO-ATOCHE, Alejandro, MORENO-SABIDO, Mario, BLANCO-VALDEZ, Magnolia.

Recibido Julio 25, 2016; Aceptado Septiembre 12, 2016

### Resumen

En este artículo se propone la utilización de técnicas de regularización determinísticas para la reconstrucción robusta de imágenes multiespectrales de percepción remota (RS) en tiempo real. Debido a la alta resolución espacial y espectral de las imágenes RS multiespectrales, en este estudio se propone desarrollar una arquitectura basada en técnicas de cómputo en paralelo para implementar el algoritmo iterativo mínimos cuadrados restringidos ponderados (WCLS) y obtener una óptima reconstrucción de las imágenes de percepción remota en Unidades de Procesamiento de Gráficos (GPUs). Este procesamiento en paralelo se realiza utilizando múltiples núcleos CUDA en conjunto de subrutinas de álgebra lineal optimizadas (cuBLAS) para acelerar el tiempo de procesamiento. La principal contribución de este trabajo consiste en la reconstrucción robusta WCLS adaptada para imágenes multiespectrales en una arquitectura paralela optimizada. Los resultados experimentales muestran el rendimiento del procesamiento alcanzado en el GPU, y se comparan con otras plataformas digitales de alto desempeño.

### Percepción Remota, Cómputo Paralelo, GPUs

### Abstract

This article propose the use of regularization techniques for remote sensing multispectral imagery in real time. Due to high spatial and spectral resolution of remote sensing imagery, this article proposes develop an architecture base on parallel computing to implement the Weighted Constrained Least Squares (WCLS) and improve the quality of remote sensing imagery using Graphical Processing Units (GPUs). This parallel processing is performed using multiple cores CUDA optimized set of linear algebra subroutines (cuBLAS) to speed up the processing time. The main contribution of this work is the reconstruction robust WCLS adapted to multispectral images in a parallel architecture. Experimental results show processing performance achieved in the GPU, and compared with other high performance digital platforms.

### Remote Sensing, Parallel Computing, GPUs

**Citación:** RAMÍREZ-ZAPATA, Rodrigo, CASTILLO-ATOCHE, Alejandro, MORENO-SABIDO, Mario, BLANCO-VALDEZ, Magnolia Reconstrucción Robusta de Imágenes Multiespectrales de Percepción Remota en GPUs. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2016, 3-8: 35-43

\*Correspondencia al Autor:(Correo Electrónico: roid85@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Percepción remota (PR) es una técnica que ha evolucionado permitiendo que su aplicación sea cada vez más evidente en las diferentes áreas de conocimiento. Los arreglos de sensores multi-escala en satélites que orbitan alrededor del planeta permiten la adquisición de imágenes multispectrales de la superficie terrestre para su posterior análisis y tratamiento. Esta técnica obtiene información a distancia de objetos ubicados en la superficie terrestre, mediante la adquisición de las imágenes para su interpretación y aplicación en los diferentes campos del conocimiento (INEGI, 2006; Trinder, 2014; Shaw & Hsiao-hua K. Burke, 2003). Con la aparición de los nuevos sensores multi-escala, los cuales son capaces de generar imágenes multispectrales de super-resolución y cubrir áreas geográficas de 680,000 Km<sup>2</sup> por día (Digitalglobe, 2016), es necesario plantear una nueva estrategia para acelerar el procesamiento del gran volumen de datos proveniente de dichos sensores.

Adicionalmente, la complejidad computacional y el tiempo de procesamiento de las técnicas de regularización para el mejoramiento de imágenes multispectrales de alta resolución han sido empleadas en diferentes estudios en tiempo real (Shaw & Hsiao-hua K. Burke, 2003; Hangye Liu , Yonghong Fan, Xueqing Deng, & Song Ji, Parallel Processing Architecture of Remotely Sensed Image Processing System Based on Cluster, 2009), permitiendo mejoras de las imágenes en ambientes de incertidumbre.

Para realizar el procesamiento en tiempo real, existen diferentes plataformas que realizan el procesamiento, por ejemplo, los Procesadores Digitales de Señales (DSPs) (Qi Chang , Sun Fuxiong, & Huang Tianshu, 2005), computadoras personales de alto desempeño (PCs) o arreglos de computadoras también conocidos como clústers (Hangye Liu , Yonghong Fan, Xueqing Deng, & Song Ji, Parallel Processing Architecture of Remotely Sensed Image Processing System Based on Cluster, 2009), son los más utilizados al momento de procesar grandes volúmenes de datos.

Los clústers de PCs permiten distribuir el procesamiento en un arreglo de computadoras y de esta manera obtener un procesamiento distribuido logrando procesar grandes volúmenes de datos y disminuir el tiempo de procesamiento (Hangye Liu , Yonghong Fan, Xueqing Deng, & Song Ji, Parallel Processing Architecture of Remotely Sensed Image Processing System Based on Cluster, 2009). Sin embargo, el principal inconveniente de los clusters de computadoras es su costo, ya que requieren de hardware especializado para su implementación, requiriendo configuraciones para que las PCs puedan trabajar de manera conjunta. Otra alternativa son los Arreglos de Compuertas Programables en el Campo (FPGAs, por sus siglas en inglés) ya que son dispositivos de bajo consumo, utilizados para paralelizar el procesamiento de manera eficiente. Sin embargo, su puesta en marcha puede representar un reto debido al tiempo requerido para realizar co-diseños hardware/software (Bernabe, Lopez, Plaza, Sarmiento, & Garcia Rodriguez, 2011), (Castillo et al., 2009) para su implementación.

Por otra parte, las Unidades de Procesamiento de Gráficos (GPUs, por sus siglas en inglés) han logrado incrementar el poder de procesamiento computacional permitiendo sobrepasar a los esquemas tradicionales con CPUs al realizar el procesamiento en paralelo. El GPU NVIDIA G200 con arquitectura Fermi, cuenta con 256 núcleos CUDA permitiendo llegar a picos de 300 Gigaflops de operaciones de punto flotante por segundo, representando un 30% de mejora en comparación del procesamiento con CPUs. NVIDIA proporciona la plataforma CUDA que permite desarrollar aplicaciones que aprovechan el poder de cómputo en paralelo de los GPUs de NVIDIA. CUDA es una extensión del lenguaje de C que interactúa con el GPU desde un lenguaje de alto nivel, acelerando el desarrollo de las aplicaciones (Cook, 2012).

En este artículo se propone la implementación robusta del algoritmo determinístico mínimos cuadrados restringidos ponderados (WCLS, por sus siglas en inglés) para la reconstrucción de imágenes multiespectrales obtenidas por el satélite Landsat 7. La implementación propuesta utiliza subrutinas de OpenCV para la carga de las bandas de la imagen multiespectral, y adicionalmente subrutinas de algebra lineal cBLAS y cuBLAS para realizar operaciones matriciales en el CPU y el GPU. La ejecución de las implementaciones se realizaron en dos estaciones de trabajo, la primera, con un CPU Intel Xeon E5-2403 de cuatro núcleos con una frecuencia de reloj de 1.8 GHz, 8 GB de memoria RAM y un GPU NVIDIA Quadro 2000, con 192 núcleos CUDA y 1 GB de memoria global. La segunda estación de trabajo cuenta un procesador Intel Xenon E603 con cuatro procesadores con una frecuencia de reloj de 1.6 GHz con 24 GB de memoria RAM y un GPU de alto desempeño NVIDIA Tesla C2075, con 448 núcleos CUDA, con 6 GB de memoria global.

Finalmente, se presentan los resultados experimentales realizando un análisis comparativo del nivel de reconstrucción de las imágenes multiespectrales y, del tiempo de procesamiento demostrando el procesamiento en tiempo real.

### Técnicas de regularización

En esta sección se describe el modelo de un sistema de percepción remota para la técnica de regularización WCLS. Cada banda de la imagen multiespectral de percepción remota se puede modelar como:  $\mathbf{u}(y) = \mathbf{S}(y) + \mathbf{n}(y)$ , donde  $\mathbf{S}$  es el modelo del canal y  $\mathbf{n}$  es el ruido, dentro del dominio del espacio temporal  $\mathbf{Y} = \mathbf{T} \times \mathbf{P}$ , donde  $\mathbf{y} = (\mathbf{t}, \mathbf{p})^T$  define los puntos tiempo( $t$ )-espacio( $p$ ) en  $\mathbf{Y}$ ;  $\mathbf{t} \in \mathbf{T}$ ,  $\mathbf{p} \in \mathbf{P}$ ;  $\mathbf{y} \in \mathbf{Y}$ . Los datos  $\mathbf{u}$  definen la ecuación de observación estocástica, que en su forma discreta vectorial se puede escribir como sigue:

$$\mathbf{u} = \mathbf{S}\mathbf{v} + \mathbf{n}. \quad (1)$$

En este trabajo la función  $\mathbf{S}$  representa una matriz de dispersión (PSF, por sus siglas en inglés) con un planteamiento no-paramétrico y, la solución del problema inverso consiste en obtener un operador  $\mathbf{W}$  que se aplique al vector de datos  $\mathbf{u}$ , produciendo como resultado la estimación de la señal/imagen de interés, esto es:

$$\hat{\mathbf{v}} = \mathbf{W}\mathbf{u} = \mathbf{W}(\mathbf{S}\mathbf{v} + \mathbf{n}). \quad (2)$$

### Algoritmo de mínimos cuadrados restringidos (CLS)

Considerando media cero con ruido aditivo blanco Gaussiano al momento de la adquisición de los datos de observación, los parámetros de regularización se ajustan como la inversa de la relación señal-ruido, y  $\mathbf{W}$  es considerado como el operador solución que permite la reconstrucción robusta de la señal de entrada

$$W_{cls} = (S^T S + \alpha I)^{-1} S^T \quad (3)$$

Donde  $\alpha$  es igual a  $N_o/b_o$ , siendo  $b_o$  el nivel de la escala de grises anterior al patrón del espectro espacial, y  $N_o$  es la intensidad del ruido aditivo.

### Algoritmo de mínimos cuadrados restringido ponderado (WCLS)

En WCLS, se considera nuevamente una media cero para el ruido aditivo y el manejo de matrices de ponderación  $\mathbf{M}_v$  y  $\mathbf{M}_u$ , las cuales tienen la función de suavizado permitiendo converger a la función de costo de manera más rápida y efectiva. En este caso, el estimador del algoritmo WCLS se vuelve más robusto

$$W_{wcls} = (S^T M_u S + \alpha M_v)^{-1} S^T. \quad (4)$$

### Implementación de CLS y WCLS en GPU

La implementación de los algoritmos CLS y WCLS se desarrollaron con la técnica de co-diseño HW/SW, es decir, se particionó la imagen espacial espectralmente y, se implementa el procesamiento tanto en el CPU (host), como en el GPU (device).

En la Figura 4 se puede visualizar el diagrama de flujo del procesamiento, el cual inicia con la adquisición de la imagen multispectral asignada a la memoria del *host*, donde se estima el proceso de distorsión obteniendo una imagen sintética, la cual es reconstruida utilizando los algoritmos CLS y WCLS.

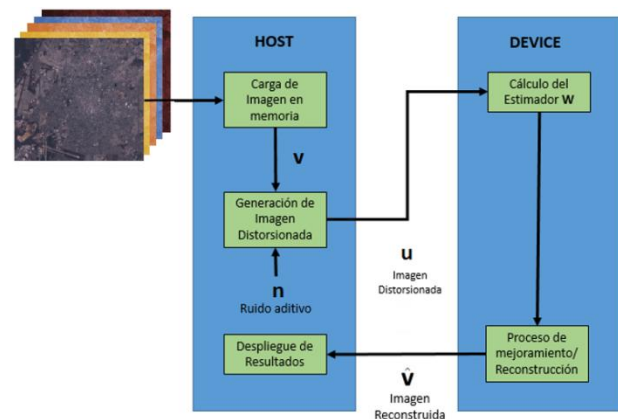


Figura 4 Flujo de procesamiento.

El cálculo del estimador y el proceso de reconstrucción/mejoramiento se realizan en el GPU. En la Figura 5, se muestra el algoritmo de reconstrucción WCLS, que requiere del cálculo de la inversa de  $S^T M_u S + \alpha M_v$ , para posteriormente obtener el estimador y la estimación ( $\hat{v}$ ) de la imagen  $u$ .

Para el cálculo del estimador  $W$  y el proceso de reconstrucción, se utilizan subrutinas de la biblioteca de álgebra lineal de CUDA (cuBLAS, por sus siglas en inglés) la cual es una versión de las subrutinas de álgebra lineal también conocidas como BLAS por sus siglas en inglés, diseñada para su ejecución en GPUs CUDA.



```

--Host--
A ← Cargar imagen multiespectral/hiperespectral
n ← Distorcionar A aplicando las matrices de distorsión Sx y Sy
u ← Agregar ruido aditivo
--GPU--
W ← Cálculo del estimador
LU = STMuS + αMv ← Descomposición de LU
b = I ← Creación de la Matriz Identidad
Ly = b ← Solución del sistema de ecuaciones
Ux = y ← Donde x es la inversa de LU
W = xST ← Cálculo del estimado
ŵ = Wu ← Reconstrucción

```

Figura 5 Algoritmo de reconstrucción WCLS.

### Cálculo del estimador

Las matrices *toeplitz*  $S$  necesarias para generar el cálculo del estimador  $W$ , son generadas en el *host* y posteriormente son asignadas a las localidades de memoria del GPU, donde se realiza el cálculo del estimador y el proceso de reconstrucción. Como se puede observar en la ecuación 3 y 4, es necesario el cálculo de la inversa de la matriz aumentada de mínimos cuadrados (LS, por sus siglas en inglés). Computacionalmente hablando, el cálculo de la inversa de una matriz es una de las operaciones más demandantes. Por tal motivo se propone el uso de la técnica descomposición de LU por bloque (Vasily Volkov & James W. Demmel, 2008; Emmanuel Agullo, y otros, 2011), para incrementar el paralelismo y disminuir el tiempo de procesamiento. Para el cálculo del estimador, primero es necesario descomponer el resultado de  $S^T M_u S + \alpha M_v$  en dos matrices triangulares  $LU$ , donde  $L$  es una matriz triangular donde todos sus elementos superiores a la diagonal principal son cero y  $U$  es una matriz triangular en la cual todos sus elementos inferiores a la diagonal principal son cero. Una vez establecidas las matrices triangulares se plantea un sistema de ecuaciones lineales, y como resultado de la solución de dicho conjunto de ecuaciones se obtiene la matriz inversa deseada.

La solución del sistema de ecuaciones se plantea de la siguiente manera: se resuelve el sistema de ecuaciones  $Ly = b$ , donde  $b$  es la matriz identidad de la misma dimensión de  $W$ . Posteriormente, se implementa el sistema de ecuaciones  $Ux = y$ , donde  $x$  es la matriz inversa deseada.

En la Figura 6 se muestran los *Kernels* utilizados para generar las matrices  $M_v$  y  $M_u$ , directamente en la memoria del GPU con el objetivo de evitar la asignación de dichas matrices de la memoria del *host* a la memoria del GPU, ya que esto demanda más ciclos de reloj, implicando un mayor tiempo de procesamiento.

```

1 __global__ void matrixMv(int N, float* dMv, const float* dmax){
2     int i = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;
3     int j = blockIdx.y * blockDim.y + threadIdx.y;
4     if (i < N && j < N)
5         dMv[i * N + j] = (i >= j)? dmax[i - j] : dmax[j - i];
6 }
7 __global__ void matrixMu(int N, float* dMu, float No){
8     int i = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;
9     int j = blockIdx.y * blockDim.y + threadIdx.y;
10    if (i < N && j < N)
11        dMu[i * N + j] = (i == j)? No : 0.0;
12 }

```

Figura 6 Kernel matrixMv y MatrixMu

Para encontrar la solución del sistema de ecuaciones lineales se utiliza la rutina *cublasStrsm* de la biblioteca cuBLAS. Como se puede observar en la Figura 5, para el cálculo del estimador  $W$  es necesario realizar la operación  $xS^T$  teniendo como resultado el estimador  $W$ , el cual será utilizado en el proceso de reconstrucción de la imagen multiespectral.



### Proceso de reconstrucción

El proceso de reconstrucción se realiza utilizando la rutina *cublasSgemv* que permite realizar la operación matricial  $\mathbf{C} = \alpha\mathbf{A}\mathbf{B} + \beta\mathbf{C}$ , donde  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{B}$  y  $\mathbf{C}$  son matrices de la misma dimensión de  $\mathbf{W}$ , y las literales  $\alpha$  y  $\beta$  son escalares. La subrutina *cublasSgemv* es de precisión simple y puede alcanzar picos de 2,500 Gflops al momento de realizar la operación antes mencionada.

Operacionalmente hablando, el proceso de reconstrucción consiste en la aplicación del estimador  $\mathbf{W}$  a la matriz  $\mathbf{u}$ . Como resultado de dicha operación se obtendrá la aproximación deseada ( $\hat{\mathbf{v}}$ ).

### Análisis del desempeño

En esta sección se describe el análisis del desempeño de las arquitecturas determinísticas CLS y WCLS implementadas en el codiseño CPU/GPU. El caso de estudio consiste de una imagen multiespectral del estado de Yucatán, adquirida en el año 2005 con una resolución de 847 x 1794 píxeles, capturada por el satélite Landsat 7. Para determinar el nivel de reconstrucción logrado después de la aplicación de los algoritmos, se calculó la relación de mejoramiento de la señal entrada-salida (IOSNR, por sus siglas en inglés) para obtener el nivel de reconstrucción/mejoramiento de la imagen multiespectral, esto es:

$$IOSNR = \log_{10} \left( \frac{\sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m (\mathbf{u}(x,y) - \mathbf{v}(x,y))^2}{\sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m (\hat{\mathbf{v}}(x,y) - \mathbf{v}(x,y))^2} \right), \quad (5)$$

Donde  $\mathbf{u}$  es cada banda de la imagen multiespectral que se encuentra degradada con el modelo  $\mathbf{u} = \mathbf{S}\mathbf{v} + \mathbf{n}$ ;  $\mathbf{v}$  corresponde a la escena original sin distorsión, y  $\hat{\mathbf{v}}$  corresponde a la aproximación o imagen reconstruida de  $\mathbf{u}$ .

### Análisis de la calidad de la reconstrucción

En la Tabla 6 se pueden observar los resultados experimentales obtenidos de los algoritmos CLS y WCLS. Para el proceso de reconstrucción de ambos algoritmos se consideró una media cero, es decir, no se contempló información a priori en el proceso de reconstrucción. En los experimentos realizados se emplearon como parámetros de regularización  $\alpha = 0.1$  para el algoritmo CLS y  $\alpha = 0.01$  y  $\mathbf{M}_{\mathbf{u}} = 0.3\mathbf{I}$  para WCLS. En la Figura 4(a) se observa la imagen RGB compuesta por las bandas 4, 3, y 2 de la imagen multiespectral adquirida por arreglo Landsat 7. En la Figura 4(a) se resalta de color rojo la vegetación, de color azul cian las zonas urbanas, y de color café claro a oscuro las superficies de tierra o suelo. Lo anterior es debido a que la longitud de onda de la banda 4 tiene un índice de reflectancia mayor para la vegetación. Al momento de la combinación de las bandas de la imagen multiespectral para crear la imagen RGB (*falsecolor*) se resalta de color rojo la vegetación.

Como se puede observar en la Figura 4(b), la imagen se encuentra distorsionada por el modelo del canal. La imagen resultante del proceso de reconstrucción aplicando el algoritmo CLS se puede observar en la Figura 4(c), y la imagen resultante del algoritmo WCLS se puede observar en la Figura 4(d). El algoritmo CLS presenta resultados de mejoramiento de hasta 1.98 dB de IOSNR y de hasta 2.9 dB para el algoritmo WCLS. En la Tabla 6 se puede observar el IOSNR de manera individual para cada una de las bandas del sensor Landsat 7 una vez aplicados los algoritmos CLS y WCLS.

Banda	IOSNR (dB)	
	WCLS	CLS
1	2.34	1.74
2	2.24	1.72
3	2.18	1.7
4	2.9	1.98
5	2.27	1.61
7	1.97	1.47

Tabla 6 Resultados experimentales

### Análisis del tiempo de procesamiento

A continuación, se presentan los tiempos de procesamiento para los algoritmos CLS y WCLS, comparando el tiempo de ejecución del cómputo en paralelo con GPUs y el procesamiento con CPUs, únicamente. Para medir el tiempo de procesamiento al momento de aplicar los algoritmos se utilizó la función *clock\_gettime()* para capturar el momento exacto del inicio del proceso de reconstrucción, y el momento exacto en que esté finalizó. El GPU utilizado para realizar los experimentos fue el GPU Quadro 2000 con 192 núcleos CUDA y 1 GB de memoria RAM con un ancho de banda de 41.6 GB/s instalado en la estación de trabajo 1. La segunda estación de trabajo cuenta con un GPU de alto desempeño Tesla C2075 con 448 núcleos CUDA con ancho de banda 144 GB/s.

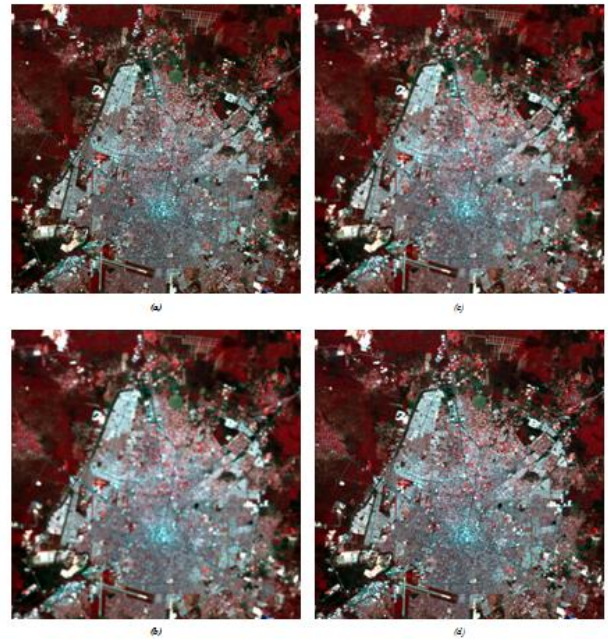
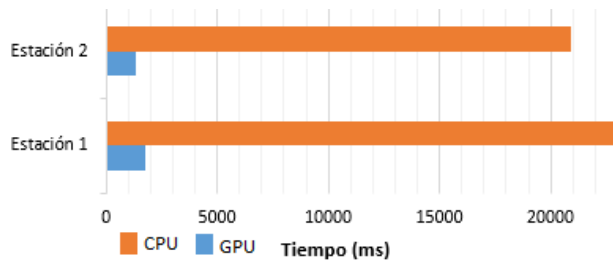
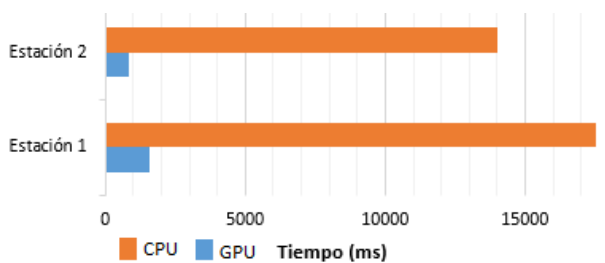


Figura 7 Escena de prueba: a) falsecolor bandas 4, 3, 2; b) falsecolor de la escena degradada; c) falsecolor escena reconstruida aplicando CLS; d) falsecolor de la escena reconstruida aplicando WCLS.

En el gráfico 1 se puede observar el tiempo de procesamiento del algoritmo WCLS. Es importante señalar que para la implementación de los algoritmos se utilizaron las subrutinas de álgebra lineal CBLAS y cuBLAS para realizar las operaciones matriciales correspondientes de manera eficiente. La aceleración resultante utilizando técnicas de cómputo en paralelo con GPUs, en comparación con CPUs al momento de aplicar el algoritmo WCLS es de 13x utilizando el GPU Quadro 2000; el tiempo de procesamiento es de 22843.41 ms y de 1756.98 ms en el CPU y GPU respectivamente. El algoritmo CLS alcanzó una aceleración de 16x utilizando el GPU Tesla C2075, con un tiempo de 20879.38 ms y 1303.61 ms en el tiempo de procesamiento en el CPU y GPU (Gráfico 2).



**Gráfico 1** Tiempo de procesamiento del algoritmo WCLS



**Gráfico 2** Tiempo de procesamiento del algoritmo CLS

## Conclusiones

El principal resultado de este estudio consiste en el diseño de una arquitectura basada en técnicas de cómputo en paralelo para implementar el algoritmo WCLS en GPUs. Este algoritmo obtiene una óptima reconstrucción de imágenes multiespectrales de percepción remota utilizando técnicas de regularización determinísticas para la reconstrucción robusta en aplicaciones en tiempo real. El análisis del desempeño demostró la eficiencia de la implementación a nivel de la reconstrucción de la imagen, así como en la substancial reducción del tiempo de procesamiento al implementar el algoritmo en GPUs.

## Referencias

Bernabe, S., Lopez, S., Plaza, A., Sarmiento, R., & Garcia Rodriguez, P. (2011). FPGA Design of an Automatic Target Generation Process for Hyperspectral Image Analysis. *Parallel and Distributed Systems (ICPADS)*, 1010 - 1015.

Cook, S. (2012). *CUDA Programming: A Developer's Guide to Parallel Computing with GPUs (Applications of Gpu Computing)*. Morgan Kaufmann.

Digitalglobe. (14 de 06 de 2016). Obtenido de <https://www.digitalglobe.com/about/our-constellation>

Emmanuel Agullo , Cédric Augonnet, Jack Dongarra, Mathieu Faverge, Julien Langou, Hatem Ltaief, & Stanimire Tomov. (2011). LU factorization for accelerator-based systems. *IEEE*.

Hangye Liu , Yonghong Fan, Xueqing Deng, & Song Ji. (2009). Parallel Processing Architecture of Remotely Sensed Image Processing System Based on Cluster. *IEEE*.

Hangye Liu , Yonghong Fan, Xueqing Deng, & Song Ji. (2009). Parallel Processing Architecture of Remotely Sensed Image Processing System Based on Cluster. *Image and Signal Processing*, 1-4.

INEGI. (2006). *Boletín de los Sistemas Nacionales Estadísticos y de Información Geográfica*. Aguascaliente: INEGI.

Qi Chang , Sun Fuxiong, & Huang Tianshu. (2005). The real-time image processing based on DSP. *International Workshop on Cellular Neural Networks and Their Applications*, 40-43.

Shaw, G. A., & Hsiao-hua K. Burke. (2003). Spectral Imaging for Remote Sensing. *Lincoln Laboratory*, 3-23.

Trinder, J. C. (2014). The Evolution Of ISPRS Activities In The Spatial Information Sciences: Developments In SDI In Australia. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*.

Vasily Volkov , & James W. Demmel. (2008). Benchmarking GPUs to tune dense linear algebra. *IEEE*, 1-11.

Castillo Atoche, A.; Shkvarko, Y.V., Perez Meana, H.M., and Torres Roman, D. (2009). Convex Regularization-Based Hardware/Software Co-Design for Real-Time Enhancement of Remote Sensing Imagery, *Journal of Real Time Image Processing*, Vol. 4, Issue 3, 261–272.

**Tablero para prácticas de Termografía Infrarroja**

ESTRADA, Francisco†\* y FERNANDEZ, Luis.

Recibido Julio 8, 2016; Aceptado Septiembre 16, 2016

**Resumen**

Entre los objetivos perseguidos con este artículo se hallan los siguientes: a) introducir al alumno al mundo de las técnicas predictivas; b) aplicar los conocimientos de transferencia de calor así como los conceptos de calor y temperatura; c) desarrollar el sentido analítico del estudiante para poder determinar las anomalías térmicas presentes y, d) familiarizar al estudiante con el software utilizado por distintos fabricantes para la elaboración de los reportes. Se entiende entonces que con un tablero de práctica de Termografía Infrarroja se contribuirá a la preparación del estudiante, permitiéndole introducirse al ámbito del ahorro de energía, del comportamiento del calor, de los patrones térmicos de funcionamiento de los distintos dispositivos eléctricos y de control, así como de los criterios para la evaluación de las anomalías térmicas.

**Termografía, mantenimiento predictivo, tablero de prácticas, cámara de imágenes térmicas**

**Abstract**

Among the objectives of this article are the following: a) to introduce students to the world of predictive techniques; b) to apply knowledge of heat transfer as well as the concepts of heat and temperature; c) to develop the analytical sense of the student in order to determine the thermal anomalies and, d) to familiarize students with the software used by different manufacturers for the production of thermography reports. It was understood that a board practice of Infrared thermography will contribute to the preparation of the student, allowing him to enter the field of energy saving, behavior of heat, thermal patterns of operation of various electrical and control devices, as well the criteria for the evaluation of thermal anomalies.

**Thermography, predictive maintenance, board of practices, thermal imaging camera**

**Citación:** ESTRADA, Francisco y FERNANDEZ, Luis. Tablero para prácticas de Termografía Infrarroja. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2016, 3-8: 44-50

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

El Mantenimiento Predictivo se ha convertido herramienta indispensable para la gestión del mantenimiento, buscando optimizar el desempeño de maquinaria y procesos, siendo un objetivo común el reducir costos de operación y maximizar el margen de ganancias, mediante el uso de técnicas predictivas tales como Análisis de Vibraciones, Análisis por Ultrasonido, Termografía y Análisis de Aceite. Por esto, se vuelve prioritario a nivel industrial que el personal tenga la preparación y los criterios adecuados para poder diagnosticar correctamente las anomalías o desviaciones que sean halladas mediante la técnica que se esté utilizando, de ahí la necesidad de que nuestros estudiantes salgan con dicha competencia.

De acuerdo a la Guía de Termografía Infrarroja (2011), de la Fundación de energía de la comunidad de Madrid, la termografía infrarroja es la técnica que permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar, mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético, en las figuras 2 y 3 vemos la aplicación de esta definición.

Lo que observamos en dichas figuras son termogramas o imágenes radiométricas, las cuales son imágenes térmicas que contienen cálculos de las medidas de temperatura de todos los puntos de la imagen (Guía de la Termografía Infrarroja, 2011). Esto permite detectar componentes eléctricos y mecánicos con mayor temperatura que la de su operación normal, indicando áreas de fallas inminentes o áreas con excesiva pérdida de calor, que usualmente son síntomas de averías. El uso de esta técnica, permite la reducción de los tiempos de parada al minimizar la probabilidad de fallas imprevistas o no programadas en equipos e instalaciones.

Existen dos tipos principales de termografía, de acuerdo con la Guía para inspecciones infrarrojas del Infrasppection Institute (2000):

1. Termografía infrarroja cualitativa. Es la práctica de reunir información acerca de una estructura, sistema, objeto o proceso por la observación de imágenes de radiación infrarroja, y el registro y presentación de esa información.
2. Termografía infrarroja cuantitativa. Es la práctica de medición de temperaturas de patrones observados de radiación infrarroja.

De esta misma publicación tenemos algunos puntos que marcan las responsabilidades principales de un termógrafo, entre ellas mencionaré las más acordes a este proyecto, reforzando la importancia de este tipo de prácticas:

1. Las inspecciones infrarrojas serán desarrolladas cuando el ambiente y las condiciones físicas tales como la ganancia solar, el viento, humedad superficial y atmosférica y la transferencia de calor sean favorables para reunir datos precisos.
2. El termógrafo infrarrojo tendrá suficiente conocimiento de los componentes, construcción y teoría de los sistemas mecánicos y eléctricos para los patrones de radiación observados.
3. El termógrafo infrarrojo usará equipo de medición y/o imágenes térmicas con capacidades suficientes para conocer los requerimientos de inspección.

4. El termógrafo infrarrojo será acompañado por un asistente cualificado que esté bien informado del equipo a inspeccionar.
5. A menos que él/ ella sea un electricista con licencia, ingeniero profesional o tenga otras cualificaciones, el termógrafo infrarrojo no desarrollará alguna tarea que sea hecha por esas personas normalmente. A menos que sea calificado y autorizado por el usuario final, el termógrafo infrarrojo:
  - a) No removerá o cambiará cubiertas o abrirá tableros que contengan equipamiento eléctrico o mecánico.
  - b) No realizará medición de cargas eléctricas de equipos.

Dando entonces la introducción previa, se presenta un tablero diseñado para realizar prácticas, con las condiciones básicas del entorno industrial eléctrico, lo cual inducirá al estudiante hacia el área de las técnicas predictivas y ensayos no destructivos, reforzando los conceptos teóricos, mediante el manejo de equipo y software especializado, en el cual se puede manejar cargas monofásicas y trifásicas, interruptores, fusibles (uno de ellos habilitado para falla), cargas de iluminación que muestren la eficiencia energética, resistencias entre otros elementos característicos del ámbito del mantenimiento eléctrico.

Los instrumentos básicos para el correcto uso y desarrollo del tablero para prácticas de Termografía infrarroja, así como una cámara termográfica FLIR® T440 con las siguientes especificaciones: resolución de IR de 320 X 440 pixeles (140800 lecturas radiométricas), lente de 18 mm, configurada a 0.95 en emisividad como base. Ver Figura 1.



**Figura 1**

### Arreglo del tablero

El tablero se diseñó de tal modo, que el alumno pueda practicar y simular las condiciones básicas de carga eléctrica utilizando equipo termográfico. El tablero de prácticas consiste de un circuito eléctrico de 220 V, el cual está constituido por dos cajas de fusibles, una “Principal” y otra de “Prueba”, ver Figura 4.

La primera caja es la “Principal” y está constituida por tres fusibles de 30 A de la salida de la caja “Principal”, se deriva la segunda caja de fusibles, que es la de “Prueba”.

La segunda caja también está conformada por tres fusibles de 30 A, pero cabe destacar que las “láminas” de los fusibles fueron preparadas para provocar su calentamiento y así pudieran quemarse, es decir, se creó una anomalía térmica.

De allí, se deriva una línea de 110 V, la cual acciona un foco incandescente de 100 W y cuenta con un contacto en el cual se conectará la resistencia casera para calentar agua.

La línea “Neutra” y la “Tierra”, se derivan de la Caja Principal. De la caja de fusibles de “prueba”, continúan las 3 fases hacia un contacto de 220 V trifásico, para así poder conectar un equipo industrial, por ejemplo un motor o una máquina para soldar.



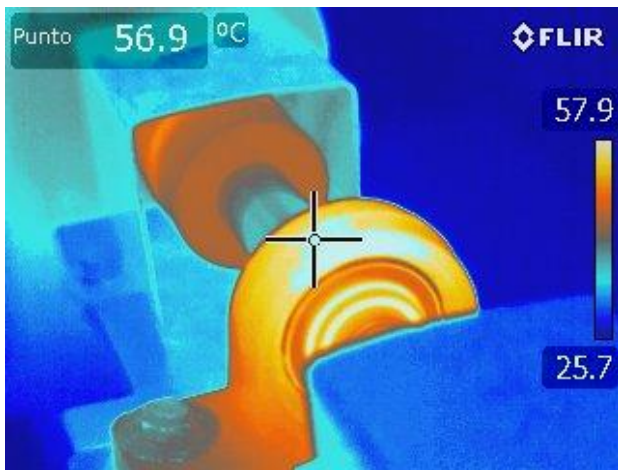


Figura 2

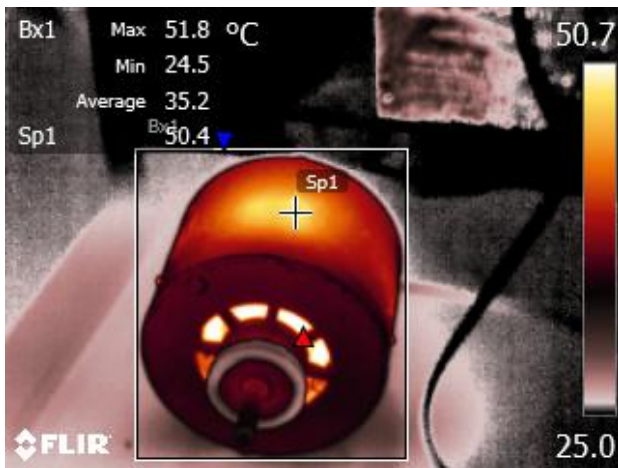


Figura 3



Figura 4

### Metodología de práctica

La metodología a utilizar con el tablero de prácticas de termografía infrarroja se enlista a continuación:

- Identificar las funciones básicas de una cámara termográfica
- Identificar las fallas típicas de los elementos básicos del entorno eléctrico industrial, desde el enfoque térmico.
- Reconocer los patrones térmicos de los distintos elementos
- Determinación de la criticidad del evento a inspeccionar.
- Determinar las posibles soluciones al hallazgo presentado.

El estudiante trabajará sus prácticas con suficiente conocimiento teórico para poder llegar a la determinación de un diagnóstico certero a través de la interpretación de los termogramas que obtenga en su inspección así como la adecuada aplicación de los criterios establecidos, según la industria en la que se esté inspeccionando. Como referencia tenemos a Tabla 1 en Anexos.

### Resultados

Se obtienen los siguientes resultados de la inspección del tablero y además del prototipo de este artículo, el alumno dispone de mesas de equipo rotativos para complementar con las inspecciones mecánicas por termografía. A partir de la Figura 5 a la Figura 10 veremos termogramas que son resultado de los diversos análisis realizados como prácticas de los estudiantes.



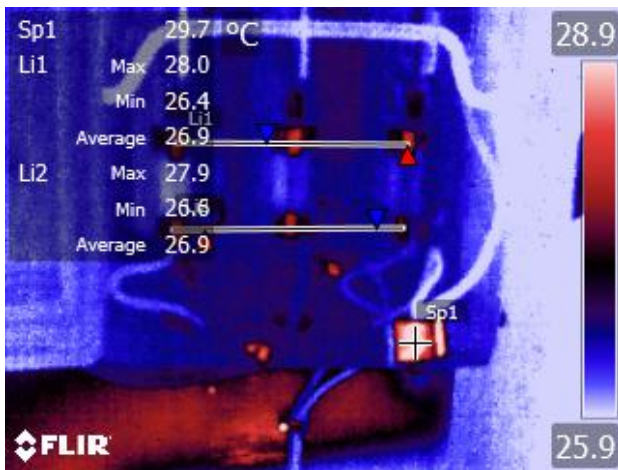


Figura 5

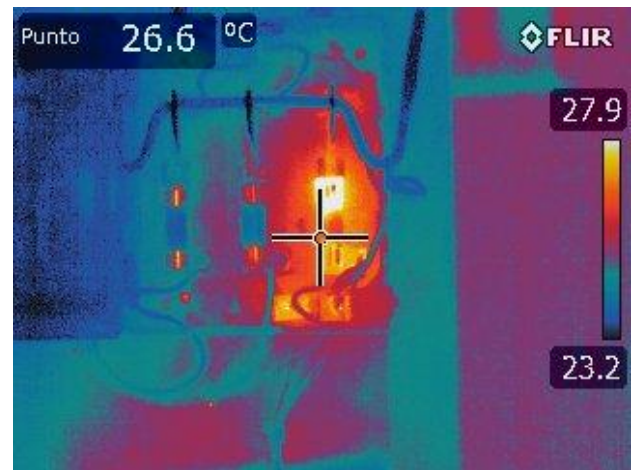


Figura 8

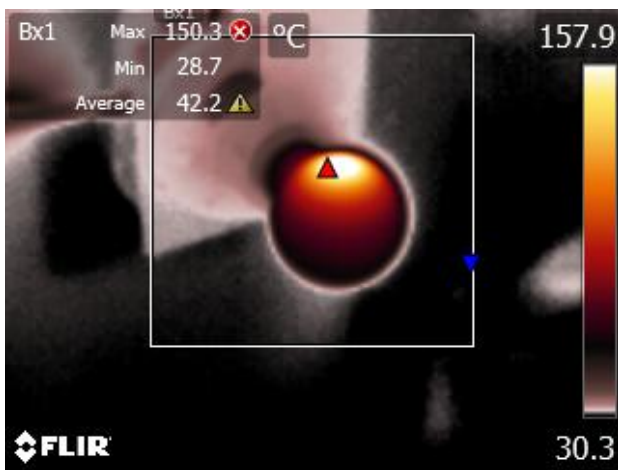


Figura 6

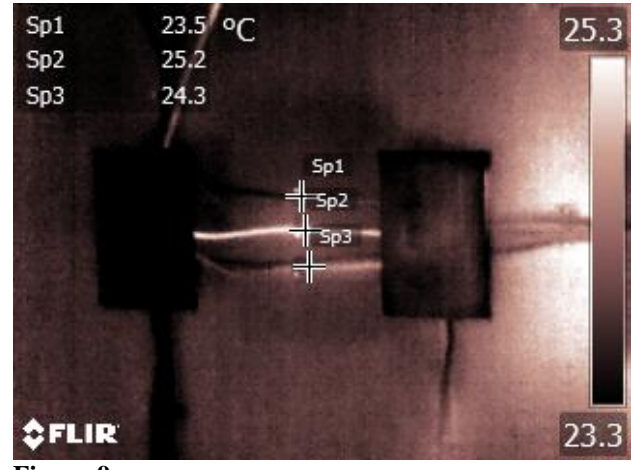


Figura 9

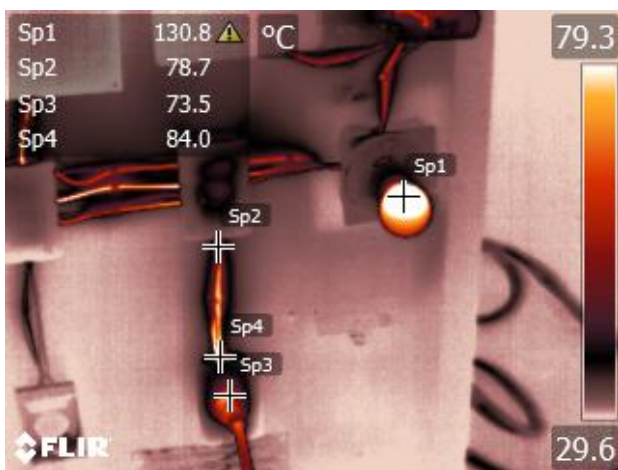


Figura 7

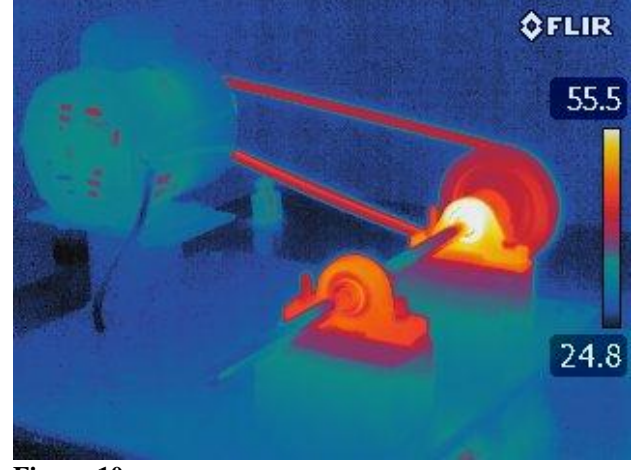


Figura 10

## Anexos

Acción	Us navy	Neta	Nmac	Nuclear	Ces
Observación	10° C – 24° C	1°C – 3°C	0,5° C – 8°C	5°C – 15°C	14°C – 20°C
		1°C – 10°C			
Intermedia	25° C – 39° C	4°C – 15°C	9° C – 28° C	16°C – 35°C	21°C – 60°C
		11°C – 20°C			
Crítica	40° C – 69° C	-----	29° C – 56° C	36°C – 75°C	
		21°C – 40°C			
Inmediata	> 70° C	> 15°C	> 56° C	> 75°C	> 61°C
		> 40°C			

**Tabla 1**

## Agradecimientos

Agradecimientos principalmente a la Universidad Tecnológica de Altamira por la facilidad de las instalaciones, equipo termográfico así como a los alumnos participantes en el proyecto.

## Conclusiones

Se entiende entonces que con un tablero de práctica de Termografía Infrarroja se contribuirá a la preparación del estudiante, permitiéndole introducirse al ámbito del ahorro de energía, del comportamiento del calor, de los patrones térmicos de funcionamiento de los distintos dispositivos eléctricos y de control, así como de los criterios para la evaluación de las anomalías térmicas.

Podemos concluir que el uso de esta técnica está cobrando gran importancia debido a su aplicación en diversos campos como la oncología, subestaciones e instalaciones eléctricas, en urgencias hospitalarias, traumatología, entre otros además del tradicional mantenimiento predictivo o ensayo no destructivo, dando al estudiante varios campos de inclusión al ámbito laboral con el conocimiento adquirido de la termografía infrarroja.

## Referencias

Seffrin, J., (2000), Guideline for Infrared inspection of electrical and mechanical systems, Burlingston, Nueva Jersey, EEUU, Infrasppection Institute.

Meolgosa, S., (2011), Guía de la Termografía Infrarroja, Madrid:España, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

Snell, J., (1998), US NAVY - MIL-STD-2194 (SH), "Infrared Thermal Imaging Survey Procedure for Electrical Equipment", Naval Sea Systems Command 02/1988.

Snell, J., (2001), "A different Way to Determine Repair Priorities using a Weighted Matrix Methodology", USNAVY-MIL-STD-2194 (SH), Snell Infrared.

Snell, J., (2001), "A different Way to Determine Repair Priorities using a Weighted Matrix Methodology", NETA-MTS-2001, Snell Infrared

Snell, J., (2001), "Maintenance Testing Specifications for Electric Power Distribution Systems", NETA International Electrical Testing Association, Snell Infrared

Snell, J., (2001), "A different Way to Determine Repair Priorities using a Weighted Matrix Methodology", Nuclear Maintenance Applications Center - Infrared Thermography Guide (NP-6973), EPRI Research Reports Center, Snell Infrared.

Rogers, R. J. (2002), "Just try it!" Nuclear Industry Guidelines - (IR-F/H/V-200, Rev. 1), Infrared Training Center.

Rogers, R. J., (2002), "Just try it!", CES Guidelines-Overhead electrical wiring, Infrared Training Center.

Infrared Training Center, (s. f.), Manual de Termografía.

T440 Datasheet, recuperado de [www.flir.com.mx](http://www.flir.com.mx), el 13 de septiembre del 2016.

Termogramas y fotografías del tablero son de fuente propia.

## Instrucciones para Autores

---

### [Titulo en Times New Roman y Negritas No.14]

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

(Indicar Fecha de Envio: Mes, Dia, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

#### **Resumen**

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

#### **Abstract**

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

#### **Keywords**

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

---

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

---

---

\*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: )

† Investigador contribuyendo como primer autor.

# Instrucciones para Autores

---

## Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del artículo

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

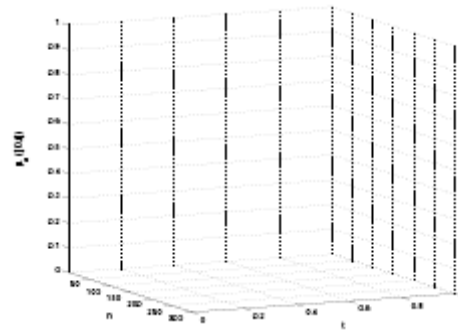
[Titulo en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Graficos, Figuras y Tablas-Editables

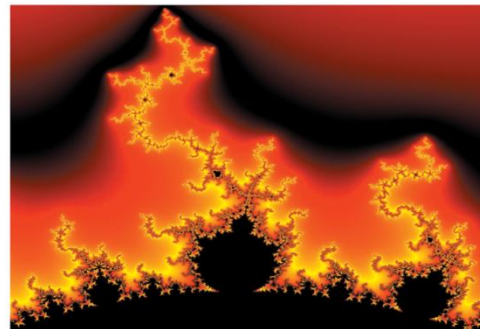
En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

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



**Grafico 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.

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

## Instrucciones para Autores

---

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

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

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

### **Metodología a desarrollar**

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

### **Resultados**

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

### **Anexos**

Tablas y fuentes adecuadas.

### **Agradecimiento**

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

### **Conclusiones**

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

### **Referencias**

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

### **Ficha Técnica**

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

**Formato de Originalidad**



Sucre, Chuquisaca a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20\_\_\_\_

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

Artículo (Article):

---

Firma (Signature):

---

Nombre (Name)



## Formato de Autorización



Sucre, Chuquisaca a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_

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

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

Artículo (Article):

\_\_\_\_\_  
Firma (Signature)

\_\_\_\_\_  
Nombre (Name)

# Revista de Aplicaciones de la Ingeniería

“Prototipo de un Sistema Fotovoltaico Autónomo”

**MOLINA-GARCÍA, Moisés y MELCHOR-HERNÁNDEZ, César**

“Control de un proceso de acondicionamiento de aire mediante Plc y pantalla HMI”

**MIRANDA, Francisco, ROCHA, Elpidio y FERNÁNDEZ, Tomás**

“Reconstrucción Robusta de Imágenes Multiespectrales de Percepción Remota en GPUs”

**RAMÍREZ-ZAPATA, Rodrigo, CASTILLO-ATOCHE, Alejandro, MORENO-SABIDO, Mario, BLANCO-VALDEZ, Magnolia**

“Tablero para prácticas de Termografía Infrarroja”

**ESTRADA, Francisco y FERNÁNDEZ, Luis**

