

ISSN 2410-3993

Volumen 4, Número 13 — Octubre — Diciembre 2017

# Revista de Tecnología e Innovación

**ECORFAN®**

## Indización



**ECORFAN-Bolivia**

Latindex

Research Gate

Hispana

Universia

Google Scholar

REBID

Mendeley

## **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**

SORIANO-VELASCO, Jesus. BsC

Revista de Tecnología e Innovación, Volumen 4, Número 13, de Octubre – Diciembre 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Bolivia. Loa 1179, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia. WEB: [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD. ISSN-2410-3993. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda. PhD, LUNA-SOTO, Vladimir. PhD, actualizado al 31 de Diciembre 2017.

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

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

## **Consejo Editorial**

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

NAVARRO-FRÓMENTA, Enrique. PhD  
*Química Azizbekow-Rusia*

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

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-Chile*

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

## **Consejo Arbitral**

RRS, MsC

*Universidad de Londres-México*

ZM, MsC

*Universidad de Londres-México*

BCL, MsC

*Universidad Autónoma de Yucatán-México*

CCN, MsC

*Universidad Autónoma de Yucatán-México*

TSJ, PhD

*Universidad de la Habana-Cuba*

VGJ, PhD

*Universidad de Granada-España*

OGE, PhD

*Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica-México*

QME, PhD

*El Colegio de México-México*

## Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en las áreas de: Tecnología e Innovación

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 capítulo tenemos, *Benchmarking de manteniendo industrial*, por CASTILLO-FLORES, Ángela Liliana , ESTRADA-CASTILLO, Francisco Javier, PÉREZ-OLVERA, Karina y RÍOS-RUBIO, Víctor Manuel, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Altamira, como siguiente capítulo tenemos, *Prototipo de dispositivo de alerta “Ay Tá”*, por ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol , RAFAEL-PÉREZ, Eva, MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela, BENÍTEZ-QUECHA, Claribel y SÁNCHEZ-MÉNDEZ, José Eduardo, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Oaxaca, como siguiente artículo tenemos, *Modelo de comunicación para automatización del sistema de acondicionamiento de aire y refrigeración de edificios de escuelas públicas y privadas*, por ESPEJEL-BLANCO, Daniel Fernando, CHÁVEZ, José Manuel, HOYO-MONTAÑO -José Antonio y HERNÁNDEZ-AGUIRRE, Fredy Alberto, con adscripción en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo, como siguiente capítulo tenemos, *Metodología de desarrollo de software para videojuegos con tecnología Google Cast®*, por QUIJANO-ABAN, Víctor Manuel , CEH-VARELA, Edgar Eduardo, CHABLE-MUKUL, Rodrigo, con adscripción en la Universidad Tecnológica Metropolitana, como siguiente capítulo tenemos, *Método acelerado de la técnica de mallas para la solución de circuitos eléctricos en corriente directa*, por AMEZCUA-CASTREJÓN, Román & ROMO-GONZÁLEZ, Ana Eugenia, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Jalisco, como siguiente capítulo tenemos, *Determinación de actividad electroencefalográfica en personas escuchando música mediante transformada wavelet y análisis espectral*, por ESQUEDA-ELIZONDO, José Jaime , ROA-RICO, David Octavio, PINTO-RAMOS, Marco Antonio y REYES-MARTÍNEZ, Roberto Alejandro, con adscripción en la Universidad Autónoma de Baja California, como último artículo tenemos, *Diseño e implementación de un sistema para detección y conteo de Brocas de Café mediante un sistema de visión por computadora*, por SÁNCHEZ-MEDEL, Luis Humberto, MIRÓN-CHACÓN, María José, AVENDAÑO-CORTES, Isaías, GONZALEZ-SOBAL, Juan Manuel, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Benchmarking de manteniendo industrial</b> CASTILLO-FLORES, Angela Liliana , ESTRADA-CASTILLO, Francisco Javier, PÉREZ-OLVERA, Karina y RÍOS-RUBIO, Víctor Manuel	1-12
<b>Prototipo de dispositivo de alerta “Ay Tá”</b> ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol , RAFAEL-PÉREZ, Eva, MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela, BENÍTEZ-QUECHA, Claribel y SÁNCHEZ-MÉNDEZ, José Eduardo	13-21
<b>Modelo de comunicación para automatización del sistema de acondicionamiento de aire y refrigeración de edificios de escuelas públicas y privadas</b> ESPEJEL-BLANCO, Daniel Fernando, CHÁVEZ, José Manuel, HOYO-MONTAÑO -José Antonio y HERNÁNDEZ-AGUIRRE, Fredy Alberto	22-31
<b>Metodología de desarrollo de software para videojuegos con tecnología Google Cast®</b> QUIJANO-ABAN, Víctor Manuel , CEH-VARELA, Edgar Eduardo, CHABLE-MUKUL, Rodrigo	32-39
<b>Método acelerado de la técnica de mallas para la solución de circuitos eléctricos en corriente directa</b> AMEZCUA-CASTREJÓN, Román & ROMO-GONZÁLEZ, Ana Eugenia	40-48
<b>Determinación de actividad electroencefalográfica en personas escuchando música mediante transformada wavelet y análisis espectral</b> ESQUEDA-ELIZONDO, José Jaime , ROA-RICO, David Octavio, PINTO-RAMOS, Marco Antonio y REYES-MARTÍNEZ, Roberto Alejandro	49-59
<b>Diseño e implementación de un sistema para detección y conteo de Brocas de Café mediante un sistema de visión por computadora</b> SÁNCHEZ-MEDEL, Luis Humberto, MIRÓN-CHACÓN, María José, AVENDAÑO-CORTES, Isaías, GONZALEZ-SOBAL, Juan Manuel	60-67

*Instrucciones para Autores*

*Formato de Originalidad*

*Formato de Autorización*

## Benchmarking de manteniendo industrial

CASTILLO-FLORES, Angela Liliana \*†, ESTRADA-CASTILLO, Francisco Javier, PÉREZ-OLVERA, Karina y RÍOS-RUBIO, Víctor Manuel

*Área de Mantenimiento Industrial, Universidad Tecnológica de Altamira.*

Recibido 01 Junio, 2017; Aceptado 17 Noviembre, 2017

### Resumen

Drucker (2017) señala que una de las tareas de los líderes es evaluar cómo utilizar sus recursos y decidir donde serán más provechosos utilizarlos, por esto es importante enfocarse y medir constantemente los resultados. Entre esos recursos se encuentran, los equipos de producción y las instalaciones, mismos que, para cualquier sistema productivo la condición y disponibilidad de ellos juegan un papel decisivo en el éxito de los negocios (Amendola, 2003). En este trabajo se presenta un análisis de las medidas cuantitativas de las prácticas de monitoreo del desempeño en el mantenimiento industrial a través de la realización de un benchmarking del área de mantenimiento en las empresas industriales del sur de Tamaulipas. Los objetivos del trabajo son:

- a. Realizar un benchmarking del mantenimiento industrial en las empresas industriales del sur de Tamaulipas.
- b. Establecer un marco de referencia para la industria de la zona sur de Tamaulipas.

La contribución de este trabajo radica en que no se observa en la región de la zona industrial del sur de Tamaulipas, la realización de un benchmarking dirigido al área de mantenimiento.

**Productividad, benchmarking, mantenimiento, indicadores, gestión**

### Abstrac

Drucker (2017) notes that one of the tasks of the chiefs to make use of their resources and decide where more likely uses, so it is important to constantly focus and measure the results. Among these resources are production equipment and facilities, which, for any productive system, the condition and availability of them play a decisive role in the success of business (Amendola, 2003). This paper presents an analysis of the quantitative measures of performance monitoring practices in industrial maintenance through the benchmarking of the maintenance area and industrial industries in the Tamaulipas. The objectives of the work are:

- a. Perform a benchmarking of the industrial maintenance in the industrial companies of the south of Tamaulipas.
- b. To establish a frame of reference for the industry of the southern zone of Tamaulipas.

The contribution of this work is that it is not observed in the region of the industrial zone of the south of Tamaulipas, the accomplishment of a benchmarking directed to the maintenance area.

**Productivity, Benchmarking, Maintenance, Indiators, Management**

**Citación:** CASTILLO-FLORES, Angela Liliana, ESTRADA-CASTILLO, Francisco Javier, PÉREZ-OLVERA, Karina y RÍOS-RUBIO, Víctor Manuel. Benchmarking de manteniendo industrial. Revista de Tecnología e Innovación. 2017, 4-13: 1-12.

\* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: acastillo@utaltamira.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer Autor.



## Introducción

Drucker (2017) señala que una de las tareas de los líderes es evaluar cómo utilizar sus recursos y decidir donde serán más provechosos utilizarlos, por esto es importante enfocarse y medir constantemente los resultados.

Entre esos recursos se encuentran, los equipos de producción y las instalaciones, mismos que para cualquier sistema productivo la condición y disponibilidad de ellos juegan un papel decisivo en el éxito de los negocios (Amendola, 2003).

El mantenimiento industrial es una serie de técnicas orientadas a preservar los equipos e instalaciones buscando el máximo rendimiento de ellos (García, 2010). En la actualidad la función del Mantenimiento, es realizar una constante búsqueda de nuevas e innovadoras formas de incrementar la confiabilidad, la disponibilidad y la vida útil de plantas y equipos industriales, a través de un control efectivo de costos.

Los Indicadores de mantenimiento permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones y equipos de esta manera es posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento. (Amendola, 2003).

Por otro lado, Drucker (2000) señala que ninguna empresa puede sobrevivir o prosperar si no se encuentra a la altura de los estándares fijados por los líderes del ramo, esta declaración hace esencial conocer cuáles son los estándares, o indicadores que permitan a las organizaciones aprender y tener la capacidad de modificar sus prácticas para conseguir el logro de sus objetivos.

Para ello es necesario medir y evaluar las prácticas del área de mantenimiento contra las de los competidores, y realizar una evaluación comparativa esto permitirá determinar si la empresa está llevando a cabo las funciones y actividades que desempeña de manera eficiente, y se podrá determinar si los costos están en paralelo con los de los competidores, también se podrá determinar si sus actividades internas y procesos empresariales necesitan mejoras. (Bhutta, & Huq, 1999).

Este equipo de trabajo ha realizado un exhaustivo análisis bibliográfico de información actual respecto de este tema, encontrándose una escasez en la literatura académica en las organizaciones industriales en el área de mantenimiento de la zona geográfica del sur de Tamaulipas y encontrándose abundantes publicaciones de estudios teóricos y empíricos correspondientes a trabajos internacionales, por esta razón, los autores de este trabajo consideran fundamental la realización del benchmarking de los indicadores de mantenimiento en la zona y esto permitirá sentar un precedente de este tipo de información en estas empresas.

En este trabajo se presenta un análisis de las medidas cuantitativas de las prácticas de monitoreo del desempeño a través de la realización de un benchmarking del área de mantenimiento en las empresas industriales del sur de Tamaulipas con el fin de obtener los puntos de referencia promedio en la zona y poder realizar las comparaciones de sus prácticas en el área frente a las del sector.

## Mantenimiento en la empresa

El mantenimiento tiene un papel importante en el proceso de fabricación garantizando el funcionamiento productivo del equipo y ayudando a mantener la calidad y la seguridad del proceso.

El mantenimiento se puede definir como un conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento (García, 2010).

Ahlmann señala que en Europa la proporción de gastos de mantenimiento respecto a la facturación de la empresa en promedio es de 6,2 % dependiendo el sector, y estos pueden estar desde un 6.2% hasta un 20% , (como se citó en Dahl, 2007), sin embargo en estudios norteamericanos demuestran que el mantenimiento representa del 15 al 40% del costo total del producto (Wireman,2007), esto representan costos significativos del área de mantenimiento dentro del proceso de fabricación, por ello es importante que la empresa adopte las mejores prácticas desde perspectivas no sólo internas sino también externas (Younus,Fahad, M. & Khan,2016).

### **Benchmarking**

Spendolini (1992) define el benchmarking como "un proceso sistemático y continuo de evaluación de los productos, servicios y procedimientos de trabajo de las mejores prácticas y el propósito es el mejoramiento organizacional".

Uno de los objetivos del benchmarking es medir procesos internos contra un estándar externo e identificar los estándares de excelencia para productos, servicios o procesos, con la intención de hacer las mejoras necesarias para alcanzar esos estándares (Bhutta, & Huq, 1999); el objetivo fundamental de este trabajo es la aplicación de un benchmarking métrico en el área de mantenimiento en donde el uso de medidas cuantitativas se utilizan como puntos de referencia para las comparaciones.

En la figura 1 se muestra el proceso de trabajo del benchmarking que se siguió para el desarrollo del trabajo, en este trabajo sólo se desarrollaron las primeras cuatro etapas que comprenden, el diseño del proceso, la recogida y el análisis de datos (medir la actuación de la compañías con mejores prácticas, aplicar cuestionarios, medir la actuación de las empresas muestreadas). La información resultante se mostrará a las empresas participantes con el objetivo de que sean ellas quienes desarrollen las etapas 5 y 6 de este proceso, desarrollo del plan y evaluación periódica, respectivamente.

En el diseño del proceso se planificó la investigación identificando los factores esenciales del proceso del área de mantenimiento que servirán como ejes en las actividades de mejora, éstos factores se consideraron de Wireman (2004) de los cuales se establecieron: La Organización de mantenimiento; la planificación y programación de mantenimiento; el mantenimiento preventivo; Las órdenes de trabajo; el Inventario de mantenimiento; la capacitación en el mantenimiento y los costos de mantenimiento. A su vez, se determinaron los valores de referencia de las mejores prácticas en los factores escogidos, por las mejores prácticas del mantenimiento de clase mundial (Imam, 2012; Wireman 2004).

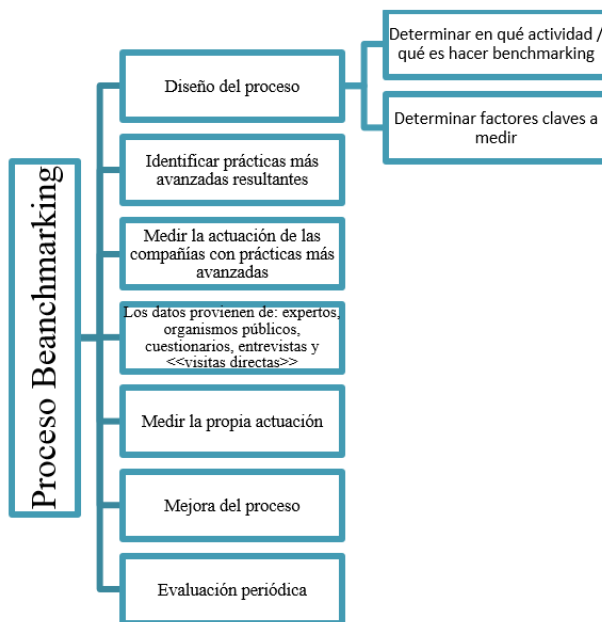
### **Proceso de Benchmarking de mantenimiento**

A continuación, se describen cada una de las etapas realizadas para el proceso de benchmarking del mantenimiento. En la etapa de la recolección de la información se realizó a través de un cuestionario de 25 preguntas orientadas a las mediciones de los indicadores clasificadas en los siete factores adaptados del benchmarking en mantenimiento Wireman (2004).

De las cuáles se observó que el 56% de éstas empresas no miden 4 indicadores, relacionados con la organización y las órdenes de trabajo, aunque se eliminaron esas preguntas por ser un número significativo las empresas que no respondieron tales cuestionamientos, aun así se pudo medir los indicadores relacionados con cada factor.

En la etapa de recolección de datos externos, se analizaron varios trabajos del mantenimiento de clase mundial de los cuáles se tomaron los valores de referencia (Mishra, Kodali, Gupta, & Mundra, 2015; Imam, 2012; Wireman, 2004).

En la última etapa del proceso del estudio, realizada por este grupo de trabajo se analizaron los datos en el SPSS. Este estudio es exploratorio y las respuestas a las preguntas sobre indicadores son de tipo cuantitativas.



**Figura 1** Proceso de benchmarking

Fuente: INSH. NTP 596

## Metodología a desarrollar

Este trabajo es un estudio exploratorio, en donde se procedió realizar un benchmarking adaptado (Imam, 2012; Wireman, 2004); a través de un cuestionario conformado de 21 preguntas, sobre 7 puntos clave en el área de mantenimiento: Organización de mantenimiento; planificación y programación de mantenimiento; mantenimiento preventivo; órdenes de trabajo; Inventario de mantenimiento; capacitación de mantenimiento y costos de mantenimiento.

El medio para la recolección de los datos fue de la siguiente manera alrededor del 30 % contestaron el cuestionario vía electrónica, y el resto de la recolección de esta información fue de manera presencial; este punto se llevó a cabo con la colaboración de estudiantes de la carrera de mantenimiento industrial de la Universidad Tecnológica de Altamira. El cuestionario se dirigió hacia a supervisores y/o jefes del área de mantenimiento en cada empresa

Para asegurar que los alumnos tuvieran el conocimiento necesario aplicar los cuestionarios en las empresas, se les entrenó acerca de los conceptos del cuestionario, y de la manera de cómo obtener la información adecuada y como llevar a cabo la entrevista.

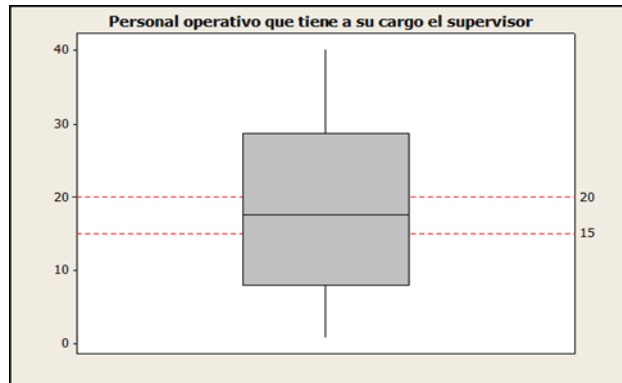
Las características de las empresas fueron empresas del sector industrial, de tamaño mediano, ubicados en la zona industrial del sur de Tamaulipas, los cuestionarios fueron aplicados a los encargados del área de los departamentos de mantenimiento de las empresas involucrados en el estudio, cabe señalar que las preguntas están enfocadas en determinar cuestiones relativas a los indicadores del área

### Resultados

En esta sección se muestran los resultados obtenidos del benchmarking realizado. Cabe mencionar que las líneas rojas dentro del gráfico establecen el rango de las mejores prácticas (Imam, 2012; Wireman, 2004);

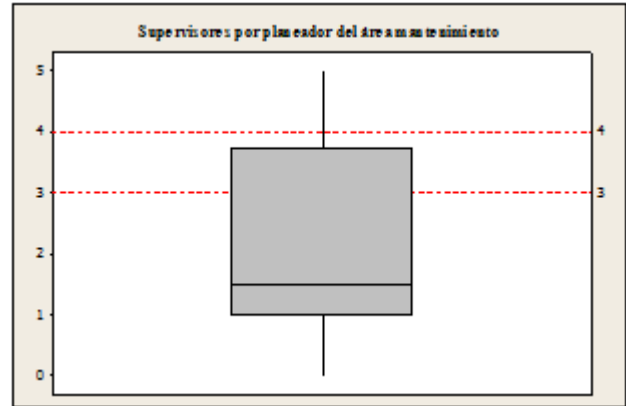
### Organización del mantenimiento

En este factor se consideraron los siguientes puntos: Como primer punto, en este factor se consideró el número de personal de mantenimiento operativo que tiene a su cargo el supervisor, en el gráfico 1 se observa que las mejores prácticas para este indicador se encuentran en un rango de 15 a 20, encontrándose la mediana de las empresas encuestadas de esta variable dentro del rango.



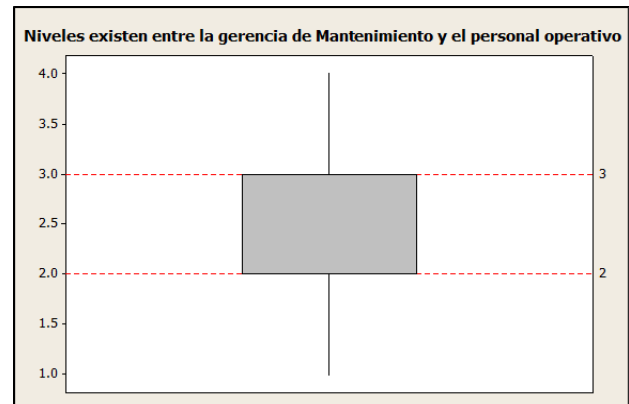
**Gráfico 1** Personal operativo a cargo del supervisor  
*Fuente: Datos propios realizado en Minitab*

En el Gráfico 2 se observan los datos sobre el indicador de la cantidad de supervisores por planeador en el área de mantenimiento, los datos arrojan una mediana de 2; mostrándose que los resultados quedan por debajo del rango de los valores de las mejores prácticas.



**Gráfico 2** Cantidad de supervisores por planeador del área de mantenimiento  
*Fuente: Datos propios realizado en Minitab*

En el gráfico 3 se muestran los niveles existentes, entre la gerencia de mantenimiento y el personal operativo, el rango se encuentra entre el segundo y el tercer cuartil, encontrándose dentro de los valores de referencia de las mejores prácticas.

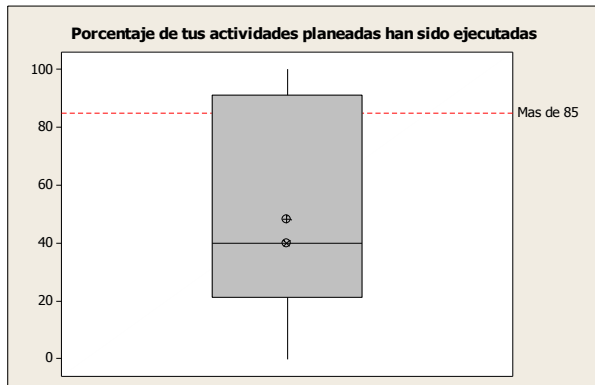


**Gráfico 3** Niveles entre la gerencia y personal operativo  
*Fuente: Datos propios realizado en Minitab*

### Planificación y Programación del mantenimiento

En el factor de Planificación y programación del mantenimiento, uno de los indicadores a considerar son el de las actividades planeadas contra las ejecutadas.

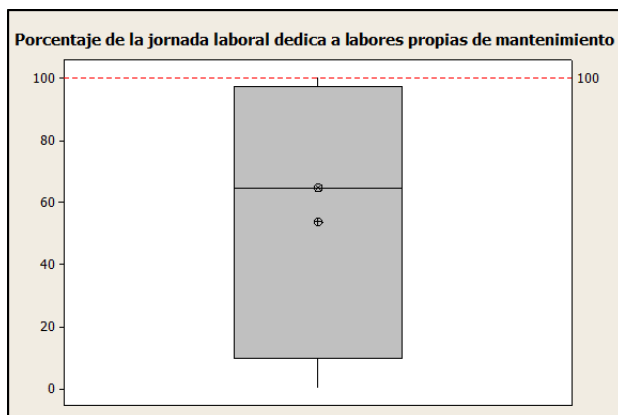
Los resultados muestran que la mediana de los datos obtenidos se encuentra muy por debajo de lo esperado en las mejores prácticas, incluso la media aritmética de los datos está muy por debajo del 85%, ver gráfico 4.



**Gráfico 4** Actividades ejecutadas

Fuente: Datos propios realizado en Minitab

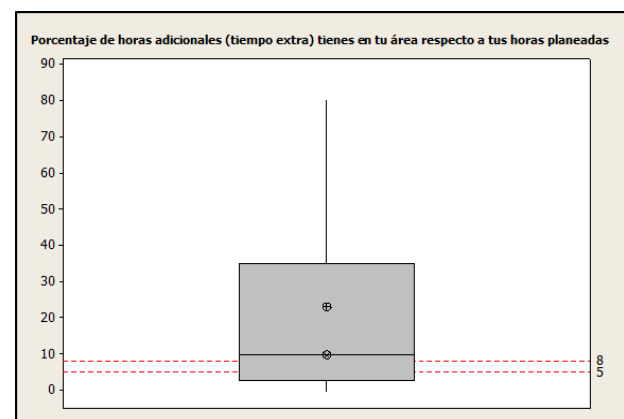
Con respecto al porcentaje de tiempo de la jornada laboral, en el Gráfico 5 se muestra que los trabajadores de mantenimiento de las empresas encuestadas en la zona, dedican en promedio sólo el 53% del tiempo a labores propias de su área teniendo una mediana del 65 %, datos muy por debajo de las mejores prácticas.



**Gráfico 5** Porcentaje de tiempo dedicado a labores propias del área

Fuente: Datos propios realizado en Minitab

En el gráfico 6 se muestran los resultados sobre el porcentaje de tiempo extra que se otorga con respecto a las horas de trabajo planeadas, se aprecia que los valores de referencia de las mejores prácticas oscila entre un 5 y 8%, sin embargo el tiempo extra promedio en las empresas encuestadas es de 23% teniendo una mediana de 10, cabe señalar que al observar el gráfico de caja se aprecia que hay un 25% de las empresas que sus tiempos extras oscila entre 35 y 80%.

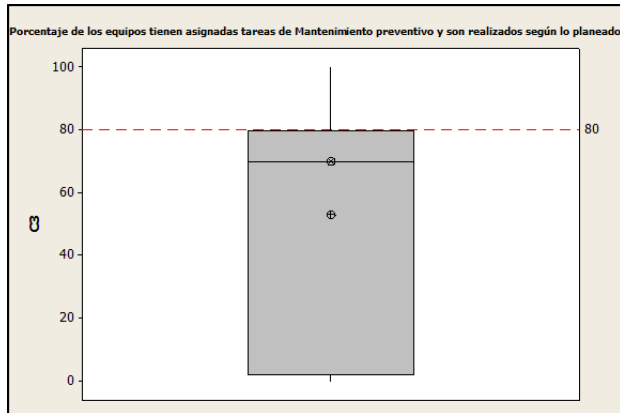


**Gráfico 6** Porcentaje de tiempo extra

Fuente: Datos propios realizado en Minitab

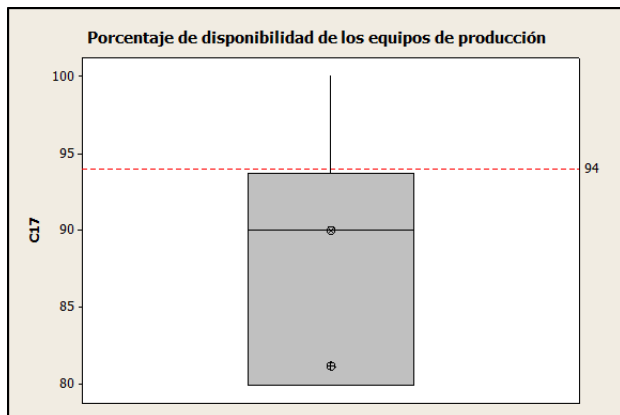
## Mantenimiento Preventivo

En este apartado se detallan los indicadores correspondientes al factor del Mantenimiento Preventivo. En el gráfico 7 se muestra el porcentaje de los equipos que tienen asignadas tareas de Mantenimiento preventivo y son realizados según lo planeado, en este punto se cumplen ambas condiciones, se muestran valores de referencia con una mediana de 70 y una media por encima del 50%.



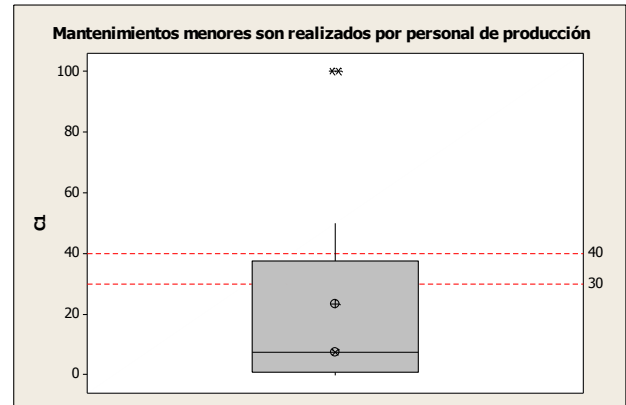
**Gráfico 7** Tareas de mantenimiento preventivo realizadas según lo planeado  
Fuente: Datos propios realizado en Minitab

En el gráfico 8 se determina el porcentaje de disponibilidad de los equipos de producción, destacándose un porcentaje esperado por encima del 94%, y observándose que en las empresas encuestadas en la zona hay una disponibilidad promedio del 81%, cabe señalar que la mediana de los datos es de 90%.



**Gráfico 8** Porcentaje de disponibilidad de los equipos de producción  
Fuente: Datos propios realizado en Minitab

En el gráfico 9 se observa que, en el rubro de porcentaje de mantenimientos menores son realizados por personal de producción, en el estudio se observa un promedio de 23% y una mediana del 7%.

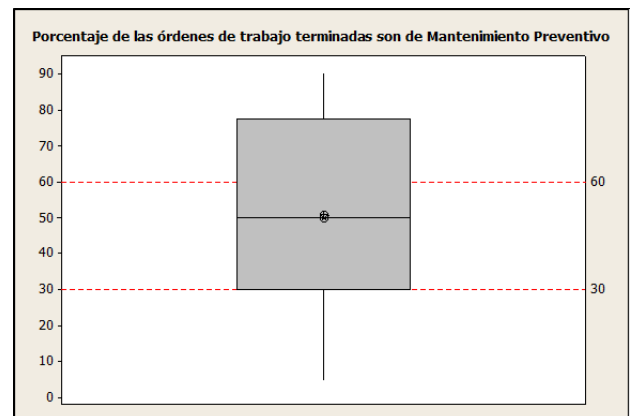


**Gráfico 9** Porcentaje de mantenimientos menores son realizados por personal de producción  
Fuente: Datos propios realizado en Minitab

### Órdenes de trabajo

En cuanto al factor de órdenes de trabajo se consideraron los siguientes indicadores: En el

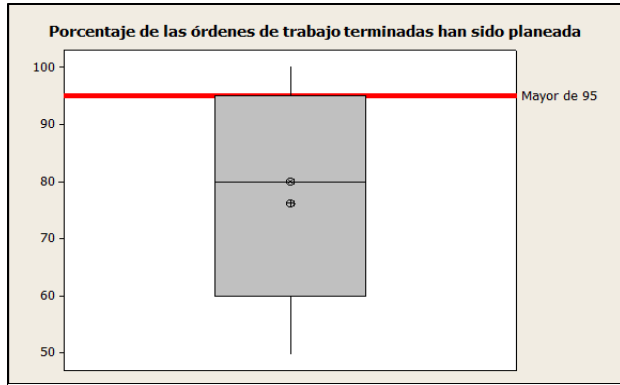
Gráfico 10 se observa el indicador de órdenes de trabajo completadas de mantenimiento preventivo, en este gráfico tanto la mediana y la media coinciden y están dentro del rango de las mejores prácticas.



**Gráfico 10** Porcentaje de órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo  
Fuente: Datos propios realizado en Minitab

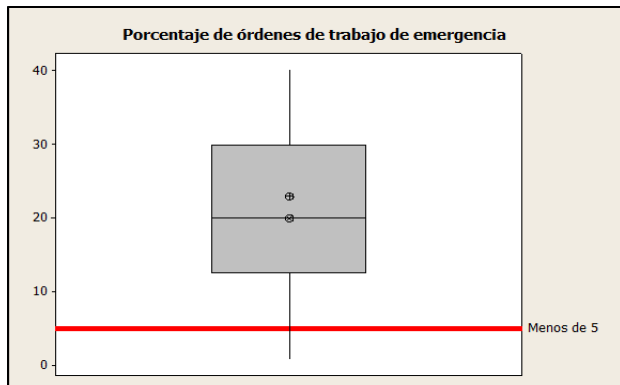
En el gráfico 11 se muestra que el indicador que determina el porcentaje de órdenes de trabajo terminadas que han sido planeadas.

Y se observa que el valor de referencia debe ser mayor que el 95%, encontrándose un promedio entre las empresas industriales de la zona de alrededor del 80 %.



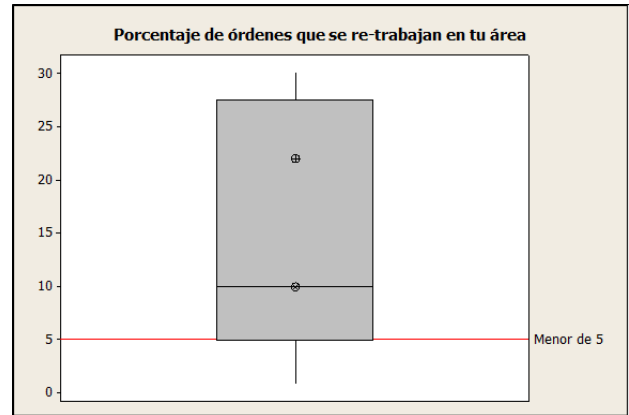
**Gráfico 11** Órdenes de trabajo terminadas  
Fuente: Datos propios realizado en Minitab

En el gráfico 12 se muestran los resultados sobre el porcentaje de órdenes de trabajo de emergencia arrojando valores muy por encima de los valores de referencia encontrándose medidas centrales de alrededor del 20%



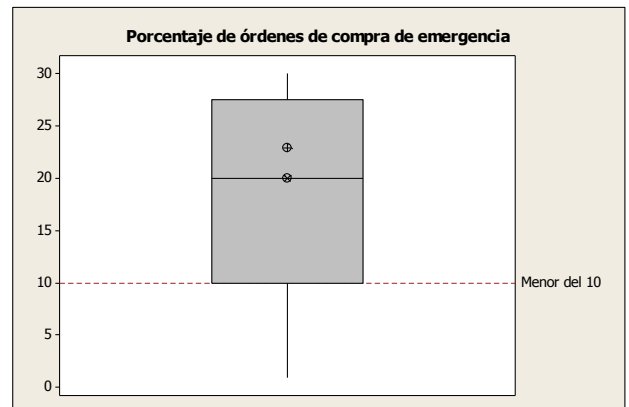
**Gráfico 12** Órdenes de trabajo de emergencia  
Fuente: Datos propios realizado en Minitab

En el gráfico 13 se muestra que el porcentaje promedio de órdenes de retrabajo en las empresas del estudio es de un promedio de 22 % y una mediana de 10%, valores alejados al 5% o menos, de lo esperado.



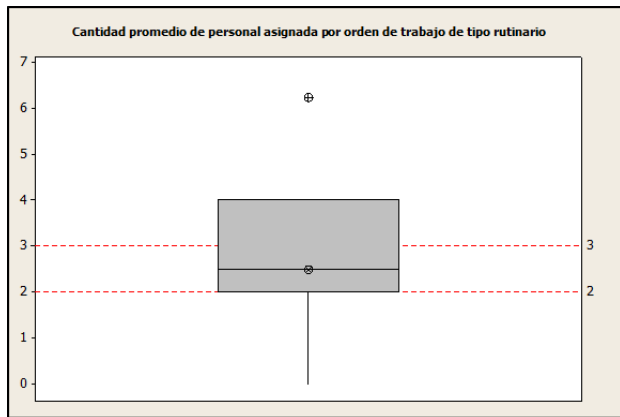
**Gráfico 13** Orden de retrabajo  
Fuente: Datos propios realizado en Minitab

En cuestión de las órdenes de trabajo de emergencia, en el gráfico 14, se muestra que los valores centrales del estudio arrojan valores al rededor 20%, mientras que las mejores prácticas están debajo del 10%.



**Gráfico 14** Orden de trabajo de emergencia

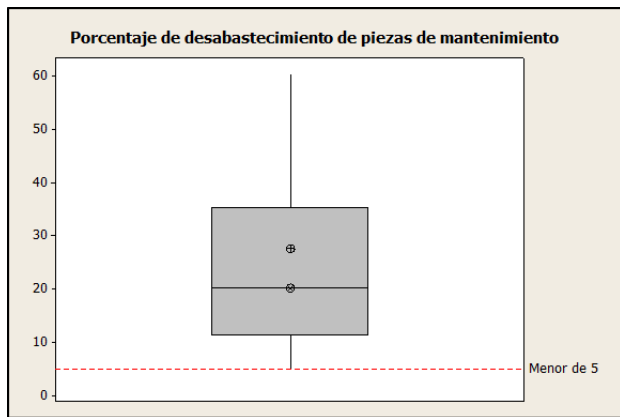
En el gráfico 15 se muestra la cantidad promedio del personas asignadas por orden de trabajo la cual arroja valores centrales dentro del rango de las mejores prácticas, coincidiendo la media y la mediana con valores por debajo del 3%.



**Gráfico 15** Personal asignado por orden de trabajo  
*Fuente: Datos propios realizado en Minitab*

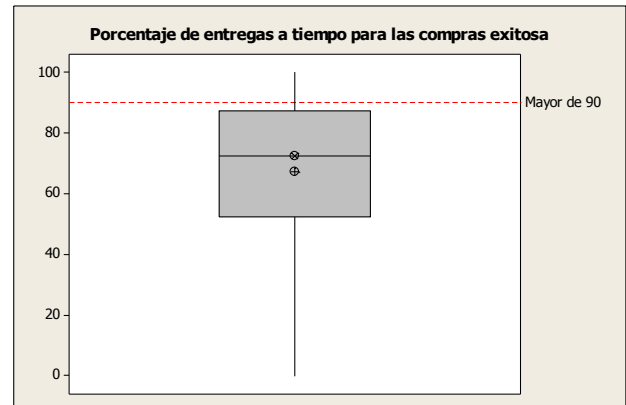
**Inventario de Mantenimiento**

Los indicadores considerados para el Inventario de Mantenimiento, inicia con el porcentaje de desabastecimiento de piezas de mantenimiento, en el gráfico 16, se muestra que los valores centrales de este indicador se encuentran muy por encima de las mejores prácticas, el cual se espera menor al 5%, y encontrándose valores del 20% en el estudio realizado.



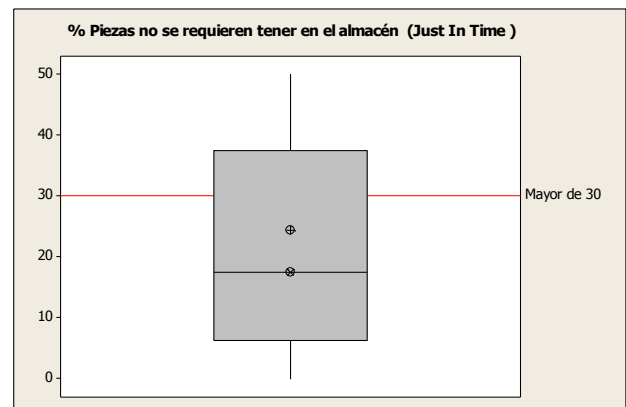
**Gráfico 16** Desabastecimiento de piezas  
*Fuente: Datos propios realizado en Minitab*

En el gráfico 17, en cuanto a las compras se refiere, se muestran los resultados del porcentaje de entregas a tiempo, las mejores prácticas señalan porcentaje mayor a 90%, y se obtuvieron respuestas de los valores centrales de al rededor del 70% .



**Gráfico 17** Entregas a tiempo de las compras  
*Fuente: Datos propios realizado en Minitab*

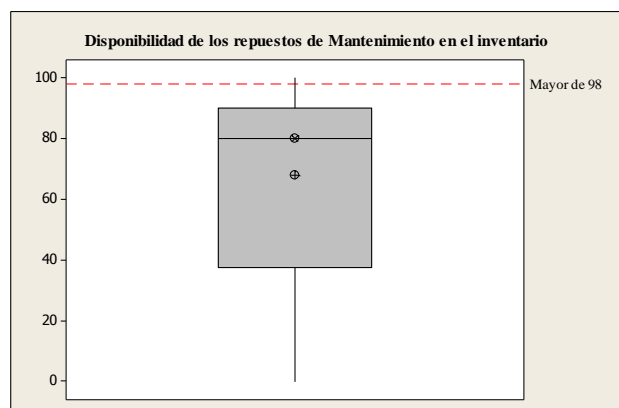
En gráfico 18, se observa el porcentaje de piezas que no se requieren tener en almacén, y éstas deben ser suministradas directamente por el proveedor (Just in time). Los valores de referencia para este indicador marcan valores mayores al 30%, el promedio de esta pregunta fue 24 por ciento y la mediana de 17%.



**Gráfico 18** Porcentaje de piezas que no se requieren en almacén  
*Fuente: Datos propios realizado en Minitab*



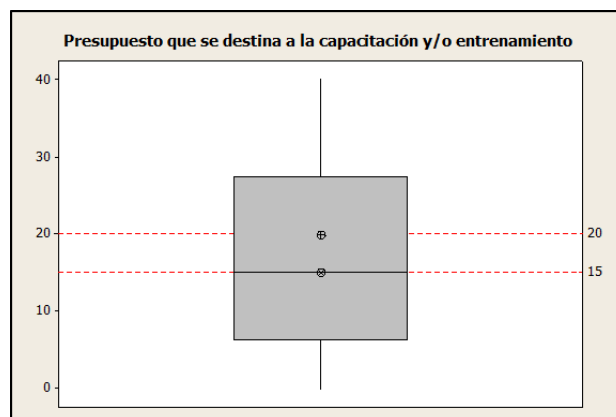
En el gráfico 19 se observa que los datos sobre la disponibilidad de los repuestos en el almacén debe ser superior a 98%, según las prácticas de clase mundial, sin embargo los datos emitidos por las empresas sugieren que alrededor del 50% de las empresas tienen una disponibilidad promedio por debajo del 80% de repuestos de mantenimiento en almacén.



**Gráfico 19** Disponibilidad en el inventario

### Capacitación

En cuanto al factor de capacitación se puede notar en el gráfico 20 que los valores centrales del presupuesto promedio destinado a capacitación por parte de las empresas industriales de la zona, se encuentran dentro del rango de las mejores prácticas, encontrándose una media de 19.8 % y una mediana de 15%.

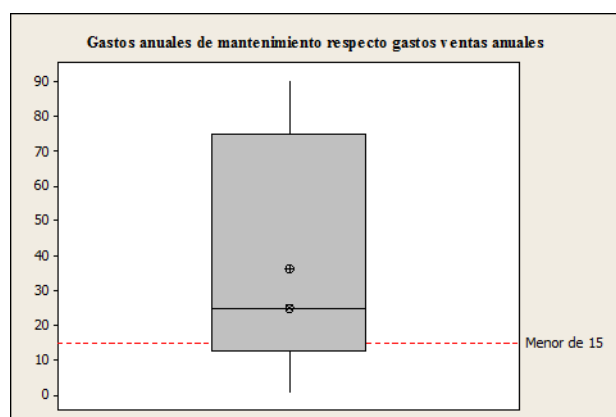


**Gráfico 20** Presupuesto para capacitación

*Fuente: Datos propios realizado en Minitab*

### Costos de Mantenimiento

Por último, el gráfico 21 muestra el porcentaje de gastos anuales del área de mantenimiento, con respecto a los gastos anuales facturados por ventas en las plantas industriales participantes en el estudio. Se observa que más del 50% de las empresas en cuestión están muy alejadas de los valores de referencia ya que esos gastos son superiores al 25%, encontrándose una media, incluso de un 36%.



**Gráfico 21** Gastos anuales de mantenimiento respecto a ventas

*Fuente: Datos propios realizado en Minitab*

**Agradecimiento**

Este equipo de trabajo agradece el financiamiento otorgado por parte del Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP), antes PROMEP, que a través de su programa de Fortalecimiento y por medio de la Universidad Tecnológica de Altamira, hicieron posible la realización de este trabajo.

Se agradece en gran medida la participación de las empresas por su colaboración para con este estudio.

También agradecemos a los alumnos José Ángel Delgado Montoya, Meza Rodríguez Rebeca, Verónica Sarah Juárez Alfaro y Brandon Antonio López Patiño, por la colaboración que prestaron para la aplicación de las encuestas en las empresas.

**Conclusiones**

El equipo de investigadores de este trabajo logró adaptar una herramienta para la realización de benchmarking con indicadores utilizados por la mayoría de las empresas encuestadas, sin embargo también se observó que hay indicadores, relacionados con la organización y órdenes de trabajo, que aproximadamente el 50% de las empresas no están midiendo.

Por ser éste un estudio exploratorio sólo se dan a conocer los valores de referencia de indicadores promedio de mantenimiento propios de las empresas en la región. Se observó que sólo 5 de los 21 indicadores analizados están dentro de los valores de referencia de las mejores prácticas.

Estos resultados deben ser evaluados por cada empresa para que se pueda comparar con los valores de las mejores prácticas de mantenimiento de clase mundial y también servirá para se conozca y se comparen con los valores promedio de las empresas en la región, información que no se tenía disponible, hasta antes de la realización de este trabajo.

En la mayoría de las preguntas se observaron datos con rangos muy altos, estos datos revelan la eficacia de los métodos y de la gestión de mantenimiento, empleados en cada una de las organizaciones. Este informe no da una definición absoluta del estado de mantenimiento, sin embargo si es un punto de referencia para su mejora constante.

Se pretende mejorar y actualizar este marco de referencia de manera permanente contemplando más factores del área, como lo puede ser el mantenimiento predictivo, la gestión del mantenimiento, etc. Esta herramienta de benchmarking, adaptada y aplicada en el mantenimiento ayuda a identificar las desviaciones en las empresas.

En las organizaciones esta información permite realizar mejoras continuas al proceso y de manera académica permite tener datos actuales del sistema administrativo del mantenimiento en la región.

**Referencias**

- Amendola, L. (2003). Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento. Departamento de Proyectos de Ingeniería Universidad Politécnica de Valencia.
- Bhutta, K. S., & Huq, F. (1999). Benchmarking—best practices: an integrated approach. *Benchmarking: An International Journal*, 6(3), 254-268.

Dahl, J. (Febrero de 2007). MAINTENANCE BENCHMARKING INSTRUMENT BOLIDEN ZINC SMELTERS

Drucker, P. (01 de Junio de 2017). Alta Dirección. Obtenido de La Innovación por Peter Drucker:<http://www.altadireccion.com.ar/management/alta-direccion/5463/la-innovacin-por-peter-drucker>

DRUCKER, P. (2000) El management del S. XXI, Edhasa, Barcelona

Galar-Pascual, D., Berges-Muro, L. F., & Royo-Sánchez, J. (2010). La problemática de la medición del rendimiento en la función mantenimiento. *Dyna*.

Garrido, S. G. (2010). La contratación del mantenimiento industrial. Ediciones Díaz de Santos.

Imam, S. F. (2012). Developing framework to analyze world-class maintenance (wcm) indicators: gap analysis to highlight challenges and opportunities for the Norwegian petroleum industry (Master's thesis, University of Stavanger, Norway).

Koch, J. (s.f.). Obtenido de BENCHMARKING: <http://www.referenceforbusiness.com/management/A-Bud/Benchmarking.html>

Mishra, R. P., Kodali, R. B., Gupta, G., & Mundra, N. (2015). Development of a framework for implementation of world-class maintenance systems using Interpretive Structural Modeling approach. *Procedia CIRP*, 26, 424-429.

Murillo, B. (2001). *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. Obtenido de NTP 596: Técnica de la mejora continua aplicada a la prevención: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp\\_596.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_596.pdf)

Spendolini, M. J. (1992). The benchmarking process. *Compensation & Benefits Review*, 24(5), 21-29.

Prado, J. C. P., Benavides, J. C., & Gómez, M. R. (2009, April). BENCHMARK: Cuadro de Mando y Benchmarking Operativo. In *XIII Congreso de Ingeniería de Organización* (pp. 1559-1566).

T. Wireman, (2004) Benchmarking best practices in maintenance management, 2nd ed., vol. 34. New York: Industrial Press Inc

T. Wireman, (2007) "How to calculate return on investment for maintenance improvement projects," [Online]. Available: [www.vestapartners.com](http://www.vestapartners.com).

Youus, J., Fahad, M., & Khan, M. A. (2016). Evaluation and benchmarking of maintenance organization and planning/scheduling at automotive industries of Pakistan. *Procedia CIRP*, 40, 711-715

## Prototipo de dispositivo de alerta “Ay Tá”

ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol \*†, RAFAEL-PÉREZ, Eva, MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela, BENÍTEZ-QUECHA, Claribel y SÁNCHEZ-MÉNDEZ, José Eduardo

*Instituto Tecnológico de Oaxaca, Departamento de Sistemas y Computación. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030, Tels. (951) 501 50 16 ext 264 ó 237*

Recibido 01 Junio, 2016; Aceptado 17 Noviembre, 2016

### Resumen

Se presenta un prototipo llamado “pulsera Aytá” (gadget localizador) que se adapta a diversas necesidades del usuario quien lo configurará dependiendo el ente que se quiera proteger. Concebido principalmente para el uso en infantes (pulsera) y mascotas (como collar) así como objetos electrónicos (teléfono celular, tableta, laptop, etc.) el dispositivo integra un circuito de diseño propio que comunica el gadget con el dispositivo móvil a un rango o distancia máxima dependiendo el tipo de comunicación que se emplee (infrarojo o wifi); En caso de rebasar ese límite, se emite una alerta sonora al mismo tiempo que el dispositivo vibra. Su finalidad: brindar seguridad a quien lo porte coadyuvando en la prevención y/o disminución de los índices de robo de objetos, mascotas o personas comunicando de manera inmediata a todos los usuarios que cuenten con la aplicación instalada en su dispositivo móvil y que se encuentren registrados en la plataforma. Para su funcionamiento se requiere de una conexión a Internet y bluetooth. Cuando el usuario adquiere la pulsera tiene acceso a la plataforma web, el cual mediante un mapa interactivo podrá observar la última posición del gadget al momento de ocurrir un incidente, llevando un conteo de todos los robos o extravíos que se registren (obviamente como usuarios de la pulsera identificando las zonas con mayor inseguridad.

**Gadget, Wifi, Bluetooth, Geolocalización, Sensores, Microcontrolador, Web**

### Abstract

Present a prototype called "bracelet Aytá" (gadget locator) that adapts to diverse needs of the user who will configure it depending on the entity to be protected. Designed primarily for use in infants (wristbands) and pets (such as a collar) as well as electronic objects (cell phones, tablets, laptops, etc.) which incorporates a proprietary design circuit that communicates the gadget to the mobile device and Depending on the configured range, will issue an alert, vibrating the cell when the gadget has left that area. Its purpose: to provide security to those who carry it by helping to prevent and / or reduce the theft rates of objects, pets or people when alerting immediately to all users who have the application installed on their mobile device and that is Registered on the platform. For its operation requires an Internet connection and bluetooth. When the user acquires the bracelet, he has access to the web platform, which through an interactive map can observe the last position of the gadget at the time of an incident, taking a count of all the thefts or errors that are registered (obviously as users of The bracelet identifying areas with greater insecurity.

**Gadget, Wifi, Bluetooth, Geolocation, Sensors, Microcontroller, Web**

**Citación:** ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol, RAFAEL-PÉREZ, Eva, MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela, BENÍTEZ-QUECHA, Claribel y SÁNCHEZ-MÉNDEZ, José Eduardo. Prototipo de dispositivo de alerta “AY TÁ. Revista de Tecnología e Innovación 2017, 4-13:13-21.

\* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: marisol\_altamirano@prodigy.net.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La innovación tecnológica juega un papel muy importante en el desarrollo de la sociedad ya que con ella, muchos de los problemas sociales que actualmente aquejan a la humanidad se les están dando solución. Tal es el caso del robo con o sin violencia de niños, mascotas u objetos personales (dispositivos electrónicos portátiles), que en el país, es la segunda causa de delincuencia reportada ante las autoridades correspondientes según el INEGI (INEGI, 2010) y la clasificación estadística de delitos (CED). Abordando este problema se plantea una solución que a través de la tecnología pueda coadyuvar a reducir el índice de estos factores.

En el artículo aquí expuesto, se presenta una solución construida, un prototipo al que de manera coloquial se le llamará “pulsera Aytá”; El cual se presenta como un gadget localizador de material flexible (goma) y versátil para que se adapte a diversas necesidades del usuario (pulsera, collar, llavero, etc) configurable mediante rangos de proximidad y alejamiento lo que el usuario necesite proteger (modos).

Inicialmente orientado para niños y posteriormente para mascotas y objetos electrónicos (teléfono celular, tableta, laptop, etc.) su función: la comunicación constante (via bluetooth y/o WiFi) entre el gadget y el dispositivo móvil registrado como usuario emitiendo sonido(alerta) oscilaciones vibratorias e iluminaciones, cuando el ente se salga del perímetro configurado determinado rango de manera imedita, el dispositivo extraerá la ultima ubicación del que porta la pulsera o collar y la indicará en el mapa, emitiendo una alerta similar para que todos los usuarios(registrados) que cuenten con la aplicación instalada en su dispositivo móvil y con una conexión a internet ,se enteren y puedan apoyar.

Se propone un gadget debido a las características de practicidad, discreción e innovación que auxilie a la sociedad que lo adquiera a proteger sus pertenencias del robo o extravío u olvidarlos mediante una aplicación muy intuitiva de manejo básico y sencillo.

## Planteamiento del problema

El periódico Excelsior (EXCELSIOR, 2016) publicó en una entrevista al Secretario Ejecutivo del Sistema Nacional de Protección Integral de Niñas, Niños y Adolescentes: Ricardo Antonio Bucio Mújica realizada el 29 de abril del 2016 que en México existe un registro de 5200 desaparecidos (infantes y adolescentes) y que el estado de México, Guanajuato y Tamaulipas son los estados del país con mas casos reportados.

En el estado de Oaxaca, específicamente la Cd. De Oaxaca de Juárez (capital del estado) existen 263,357 habitantes de los cuales el 63% (INEGI, 2010) oscilan entre 18 a 47 años de edad (segmento de personas que este proyecto se refiere como usuarios potenciales) económicamente activas, que tienen capacidad de decisión y compra sobre lo que se refiere a accesorios tecnológicos de ultima generación cuyo desembolso es alto.

Con lo cual requieren de medidas precautorias al momento de subir a un autobús, caminar por las calles o salir a pasear con niños ó mascotas (se identifican como padres o madres el 32% de los usuarios objetivos) quienes confirman que salir con sus hijos y dejarlos correr en algún parque por ejemplo, les provoca cierto temor ya que las cifras en la Cd. De Oaxaca referente al secuestro de infantes arrojan que a la fecha 92 niños y niñas menores de cinco años están reportados como no localizados según datos del Registro Nacional de Personas Extraviadas (RNPED, 2016) con corte a diciembre del 2016.

## Metodología

El proyecto se desarrolla siguiendo los procesos considerados en la Metodología Orientada de prototipos (PRESSMAN, R. S., 2002) integrando las fases del ciclo de vida actuales y las propuestas por éste para el desarrollo del proyecto y los procesos de soporte necesarios para un desarrollo satisfactorio del trabajo de investigación propuesto.

El cual pertenece a los modelos de desarrollo evolutivo. Se inclinó por esta metodología tomando en cuenta que el concepto de prototipo define a un ejemplar o molde original en la que se fabrica, diseña o construye algo que puede ponerse a prueba de manera inmediata y poco a poco realizará las funciones necesarias para el definitivo (PELEEGER, 2015).

En cada fase se crea uno y se retroalimenta con los anteriores, también porque el prototipo debe ser construido en poco tiempo y no se cuenta con muchos recursos para su elaboración. Los expertos creen que adaptarse a los cambios de requisitos en cualquier punto de la vida de un proyecto es una aproximación más realista que intentar definir todos los requisitos al inicio del proyecto e invertir esfuerzos después en controlar los cambios en los requisitos. Las etapas y procesos considerados para la consecución del proyecto se describen en los siguientes apartados:

### Fases de la metodología orientada a prototipos

#### Primera fase: recolección y refinamiento de requisitos

Como primer punto se analiza la situación del problema planteado, investigando la existencia de gadgets o pulseras del mismo tipo en el país, y en el extranjero tal como se muestra en la tabla 1.

Dispositivo	País de origen	Características
Dispositivo de Valencia	España	Este dispositivo está diseñado en forma de pulsera para brindar seguridad con señales auditivas, lumínicas y vibratorias como indicadores de alarmas <sup>7</sup> El dispositivo inventado como pulseras o brazaletes por Valencia se activa al momento de separarse padres e hijos a una distancia de poco más de tres metros y medio
Pulsera antirrobo para niños, mascotas y objetos de valor	Argentina	Un transmisor colocado en la muñeca del niño. Un receptor con alarma de sonido y vibración si el niño está fuera de la distancia establecida Dos llaves para bloquear la pulsera en la muñeca del niño.
Pulsera monitor de seguridad para bebés y niños Bluetooth	Francia	Rango de distancia: 30 metros Botón de pánico: para que el niño alerte a su padre si necesita ayuda. Configurable con Celular: Android® /IOS

**Tabla 1** pulseras antirrobo de diferentes países *Fuente: Elaboración propia*

Observando características distintivas de cada una de ellas, se concluye que; la mayoría de pulseras, tiene como distancia para la generación de alerta el protocolo que se usa, siendo este un gran problema debido a que la mayoría de ellos es de aproximadamente 20 a 30 metros a la redonda, saliendo claramente del rango visible del padre de familia.

En nuestro país no se cuenta con un dispositivo con las características de Aytá, que pueda ser capaz de prevenir el robo de infantes, siendo este una motivación para el desarrollo del prototipo, ya que beneficiaría a miles de familias oaxaqueñas en el tema de la inseguridad en nuestro estado.

En esta fase se redefinieron los requisitos esenciales y la comunicación entre los dispositivos, aplicación móvil y web, tal como se muestra en la figura 1.



**Figura 1** Arquitectura general del funcionamiento del gadget localizador o pulsera “AyTá”

Fuente: *Elaboración propia*

**Segunda fase: Diseño del prototipo**

Se realizaron cuatro diseños, inicialmente se pensó en una pulsera los cuales fueron evolucionando de acuerdo a la retroalimentación generada con los anteriores. El material empleado para la construcción de los prototipos va desde plástico reciclable (elaborado con botellas de pet), tela, hasta material rígido y flexible moldeado en una impresora 3D Se muestra en la tabla 2 el último diseño realizado:

Versión del diseño	Descripción del diseño
Cuarto diseño	El nuevo diseño del prototipo, está realizado en una impresora 3d, el cual se utilizó material de plástico, ya que, con este diseño, se pudo acomodar mejor el circuito, gracias a que se diseñaron cada una de las partes del circuito para que amoldaran a la pulsera. Se desarrolló la plataforma web <a href="https://ayta.esy.es">https://ayta.esy.es</a> la cual será la encargada de marcar los puntos donde exista alerta de robo o extravió de niños, todo esto en tiempo real.

**Tabla 2** Cuarto diseño del prototipo Gadget Localizador

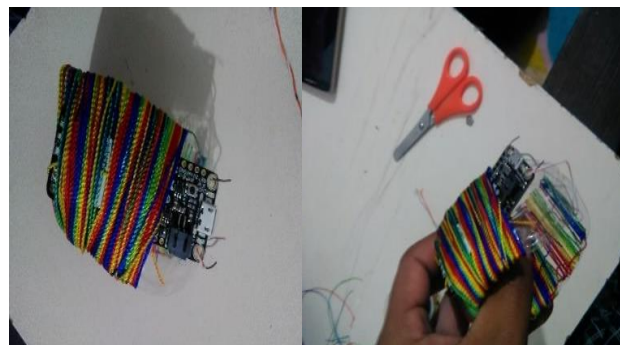
Fuente: *Elaboración propia*

**Construcción del prototipo**

Durante el desarrollo del proyecto se construyeron 4 prototipos funcionales hasta llegar al prototipo final con las especificaciones requeridas y planteadas en los objetivos.

**Primer prototipo**

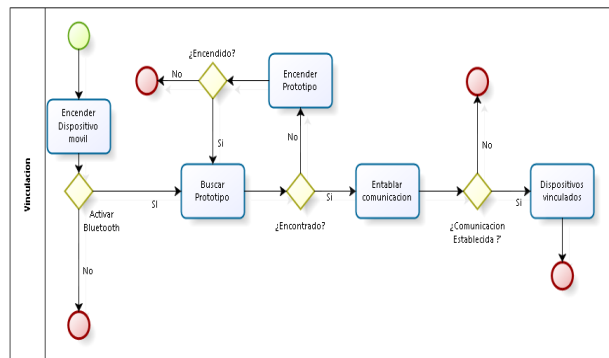
El primer modelo para el prototipo Aytá se realizó con material reciclado (pet), hilos y un circuito de bluetooth comercial. Tal como se muestra en la figura 2, el gadget forrado de hilos de colores para dar un aspecto mas llamativo al usuario final.



**Figura 2** Primer Prototipo del gadget localizador o pulsera “AyTá”

Fuente: *Elaboración propia*

El objetivo primordial de este prototipo es realizar únicamente la vinculación y desvinculación vía bluetooth con el dispositivo móvil (figura 3)



**Figura 3** Vinculación (Prototipo-APP Bluetooth) Primer Prototipo Gadget Localizador

Fuente: *Elaboración propia*

Los materiales empleados en el prototipo creado son los siguientes:

Botella de plástico, hilo de seda, pila lipo de 3.7 volts para alimentar al microcontrolador y módulo Bluetooth HC 05.

### Segundo prototipo

Se rediseña el prototipo anterior, modificando las dimensiones y el material, en esta versión además de la vinculación entre dispositivos, se vincula el gadget con las cuentas a redes sociales (notificaciones luminiscentes) La pulsera se diseña con material textil, agregando luces led en colores azul, verde, y rojo, pila lipo de 3.7 volts, arduino mini y Bluetooth ble mini (figura 4).



**Figura 4** Segundo Prototipo del gadget localizador o pulsera "AyTá"

*Fuente: Elaboración propia*

Para la elaboración los dos últimos prototipos, se emplearon los siguientes materiales: Impresora 3D, con la finalidad de minimizar el tamaño y portabilidad de la pulsera, los materiales usados fueron mas pequeños (Bluetooth nano nRF51822 y Vibrador tipo moneda). Se perfecciona el diseño haciéndolo más pequeño y la posibilidad de lograr una conexión mediante la tecnología wifi y así poder extender el rango de protección del niño. Estos 2 últimos prototipos fueron evaluados por el cliente con las siguientes especificaciones tal como se muestra en la tabla 3.

vel de prueba	Objetivo	Técnicas	Criterios de cumplimiento
Pruebas de integración	Identificar y definir la distancia más exacta entre los dispositivos	Abrir la aplicación móvil Encender la pulsera Iniciar la sincronización	Los criterios de cumplimiento o están por definirse de acuerdo a los resultados que arrojen los ciclos de pruebas

**Tabla 3** Evaluación del Prototipo por el cliente

*Fuente: Elaboración propia*

Finalmente la figura 5 muestra los diversos prototipos construidos y evaluados por los clientes cumpliendo con las especificaciones y criterios de cumplimiento logrando las conexiones vía bluetooth, que se venía manejando en modelos anteriores, con la posibilidad de conexión mediante tecnología wifi, esta última dependiendo de la velocidad de la red para el envío de datos.



**Figura 5** Prototipos construidos gadget localizador

*Fuente: Elaboración propia*

Para la entrega se prevé el uso de prototipos de tecnología alta, el cual será más elaborado en comparación como los prototipos de tecnologías básicas, construido con herramientas de software que permitan la interacción con el usuario final a través de los dispositivos móviles.







**Figura 8** Mapa en tiempo real

Fuente: Elaboración propia

### Implementación de la prueba de uso

La prueba de uso es la herramienta que nos permitirá un desarrollo adecuado de las etapas de medición y aprendizaje. Sin una prueba de uso efectiva, los prototipos conceptuales no servirán de mucho. De acuerdo a los criterios de cumplimientos, en las pruebas de aceptación se identificaron problemas referentes a la definición exacta de distancias, comunicación de varios gadget a un mismo dispositivo móvil, la conexión a internet via wifi, y notificaciones de redes sociales y que pueden ser significativos para el usuario final describiendo el proceso a detalle en la tabla 4.

Nivel de Prueba	de	Objetivo	Técnica
Pruebas de aceptación		Identificar y definir la distancia más exacta entre los dispositivos. Se realizará la conexión uno a uno con la conexión bluetooth, y uno a muchos con la conexión wifi, logrando con esto que el cliente pueda asegurar a todos los integrantes de su familia	Abrir la aplicación móvil Activar bluetooth Prender la pulsera Iniciar la sincronización Enviar distancia en lapsos de tiempo determinados Desactivar alarma cuando exista una distancia corta entre los dispositivos

**Tabla 4** Pruebas de aceptación

Fuente: Elaboración propia

### Refinamiento del prototipo

De acuerdo a las necesidades, observaciones y satisfacción del cliente, se perfecciona el diseño haciéndolo más pequeño, adquiriendo un nuevo módulo electrónico llamado Readbear cuyas mejoras hacen más atractiva la adquisición del gadget, ya que se incluirá la conexión mediante la tecnología wifi y con ello la comunicación entre dispositivos se extendería a un rango o radio mayor del ofrecido via bluetooth (máximo 12-15 metros) y via WiFi (alcance máximo hasta 90 metros) ofreciendo un mayor rango de protección y monitoreo del objeto. Para observación de las mejoras se presenta en la imagentabla 5 una comparativa de la tecnología bluetooth y la tecnología wifi.

Funcionalidades	Bluetooth	WIFI
FRECUENCIA	2.4 GHZ	2.4 / 3.6 / 5 GHZ
TRANSFERENCIA	3 Mbps	54-1300 Mbps
SEGURIDAD	Baja	Moderada
RANGO	Hasta 12 metros	Hasta 90 metros
CONSUMO DE ENERGIA	Moderado	Elevado

**Tabla 5** Comparativa de la tecnología bluetooth y wifi

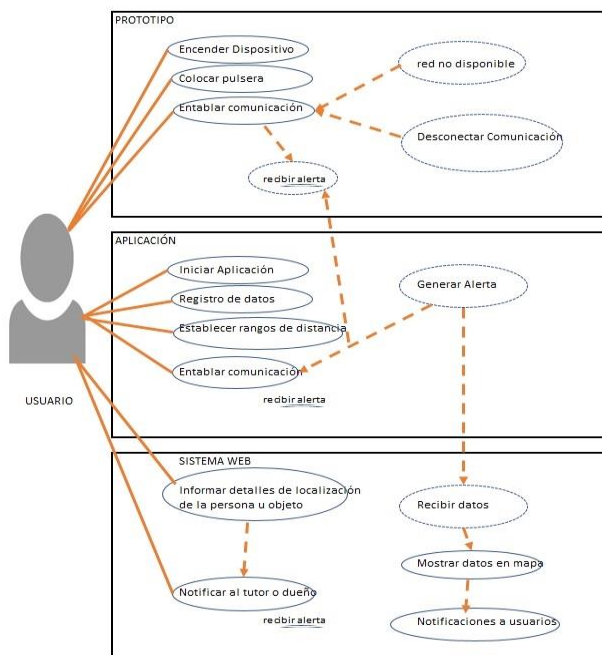
Fuente: Elaboración Propia

### Resultados

La imagen 8 muestra un diagrama de casos de uso general del prototipo y su aplicación web, denotando la acción de entablar comunicación que se compone de la interfaz de usuario (móvil) a través de cuatro diferentes modos dentro de la aplicación y el sistema web. Los datos se almacenan y gestionan en una base de datos creada en SQLite (Gestor de Base de Datos), que administra los registros del usuario y que posteriormente, previa verificación de acceso a la internet por parte del móvil.

Los datos en ella almacenados son sincronizados con una base de datos en línea operada por el gestor de base de datos MySQL lugar donde serán consultados por parte de un usuario administrador, el cual puede tener acceso a los datos a través de un portal, estos datos son previamente enviados por el usuario; además, los algoritmos de procesamiento de la información del lado de la aplicación son desarrollados en lenguaje de programación JAVA y javascript (JAVASCRIPT,2015).

Los algoritmos de procesamiento de información son desarrollados en el lenguaje de programación PHP, los cuales proveen al usuario administrador de una herramienta estadística.



**Figura 9** Comunicación entre dispositivos y plataforma web  
Fuente: Elaboración propia

**Agradecimientos**

Agradecemos y damos el crédito correspondiente al Tecnológico Nacional de México, Al Instituto Tecnológico de Oaxaca quienes financiaron el 75% de los recursos requeridos para el éxito del mismo, y a los autores profesores y estudiantes por el tiempo y el recurso que también invirtieron en él.

**Conclusiones**

El desarrollar un prototipo de dispositivo inteligente de alerta como herramienta de apoyo para prevenir el extravío de personas, mascotas u objetos electrónicos y apoyar a la sociedad por medio de las tecnologías actuales es sin duda la finalidad de la pulsera “Ay Tá” dirigido a la población del municipio de Oaxaca de Juárez el cual se ofrecerá a usuarios identificados como potenciales como: madres de familia, estancias infantiles, tienda de accesorios para telefonía, tienda de accesorios para mascotas, veterinarias y tiendas de artículos electrónicos. El proceso de desarrollo del proyecto se fundamenta en el uso de la metodología orientado a prototipos desarrollando las tres iteraciones planeadas, se logran cumplir los requisitos iniciales de los diferentes usuarios de la herramienta.

Como resultado de la creación de este gadget se espera coadyuvar a la disminución de los delitos de robo en lugares públicos, servicios de transporte o simplemente al descuido de no saber en donde está nuestras pertenencias y así reducir pérdidas monetarias.

**Referencias**

- COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD (SITIO WEB) consultado en [http://www.cns.gob.mx/portalWebApp/wlp.c?\\_c=7d1](http://www.cns.gob.mx/portalWebApp/wlp.c?_c=7d1)
- EXCELSIOR, 2016: Secretariado Ejecutivo del sistema Nacional de seguridad Pública
- GOOGLE MAPS/Google Earth APIs. (2015). Terms of Service. Recuperado de <https://developers.google.com/maps/terms?hl=es>
- HERRADOR, R. E. (13 De 11 De 2009). Guía De Usuario De Arduino. Universidad De Córdoba. [https://Books.Google.Com.Mx/Books?Id=Vpa5utn2lsgc&Printsec=Frontcover&Dq=Gadgets&Hl=Es419&a=X&Redir\\_Esc=Y#V=Onepage&Q=Gadgets&F=False](https://Books.Google.Com.Mx/Books?Id=Vpa5utn2lsgc&Printsec=Frontcover&Dq=Gadgets&Hl=Es419&a=X&Redir_Esc=Y#V=Onepage&Q=Gadgets&F=False)
- INEGI, 2010: Instituto Nacional de estadística y Geografía recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/clasificaciones/delitos.aspx> 29/04/2016
- JAVASCRIPT,2015. jQuery API. Recuperado de <http://api.jquery.com/>
- PELEEGER, Shari Lawrence. Ingeniería de Software. Recuperado El 11/Vii/2015 De <Http://Gestionrrhhusm.Blogspot.Mx/2011/05/Modelo-De-Prototipo.Html>
- PRESSMAN, R. S. (2002). Ingeniería Del Software, Un Enfoque Práctico, Quinta Edición. Madrid, Aravaca, España.
- RNPED,2016: Recuperado de: <https://www.gob.mx/sesnsp/acciones-y-programas/registro-nacional-de-datos-de-personas-extraviadas-o-desaparecidas-rnped>
- ROBREDO, G. A. (2001). Electrónica Básica Para Ingenieros. Santander, España.

## Modelo de comunicación para automatización del sistema de acondicionamiento de aire y refrigeración de edificios de escuelas públicas y privadas

ESPEJEL-BLANCO, Daniel Fernando\*†, CHÁVEZ, José Manuel, HOYO-MONTAÑO -José Antonio y HERNÁNDEZ-AGUIRRE, Fredy Alberto

*Departamento de Ingeniería Electrónica, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo*

Recibido Junio 15, 2017; Aceptado Noviembre 21, 2017

### Resumen

La simplicidad de tener un modelo para realizar una automatización inteligente para edificios de escuelas públicas y privadas permite contar con una herramienta muy útil para desarrollar proyectos enfocados al ahorro de energía eléctrica y al cuidado del medio ambiente. Para implementar el modelo se utilizarán las herramientas de software Visual Basic, SQL Server, RSLogix 500, Measurement Studio de National Instruments y el estándar de comunicación OPC, para ello se ha desarrollado una interfaz gráfica de usuario en Visual Basic la cual gestiona de manera automática información almacenada en el gestor de base de datos SQL Server para controlar 8 relevadores de estado sólido pertenecientes al módulo 1762-0A8 el cual está conectado con un Controlador Lógico Programable Micrologix 1100 de la Serie B de Allen Bradley. Con la implementación de este sistema se tiene proyectado alcanzar un 60 % de ahorro en el consumo de energía eléctrica en los equipos de aire acondicionado del edificio A5. En este artículo se presenta un modelo de automatización el cual actualmente está siendo utilizado para realizar la automatización del edificio A5 del Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH), con el objetivo de ahorrar energía eléctrica y contribuir al cuidado del medio ambiente.

**Modelo, Sistemas de Gestión de Energía en Edificios, Comunicación M2M, Sistemas de Control y Automatización de Edificios**

### Abstract

The simplicity of having a model to perform intelligent automation for public and private school buildings is a very useful tool to develop projects focused on saving electrical energy and improve the environment. Visual Basic, SQL Server, RSLogix 500, National Instruments Measurement Studio software tools and the OPC communication standard will be used in order to implement the model. For this purpose, a graphical user interface has been developed in Visual Basic which manages automatically stored information in the SQL Server database manager to control eight solid state relays belonging to the 1762-0A8 module which is interfaced with an Allen Bradley Series B Micrologix 1100 Programmable Logic Controller. With the implementation of this system it is projected to achieve 60% savings in electricity consumption in the Air Conditioning System of the A5 building. An automation model is presented on this paper, which is currently being used to perform the automation of the A5 building of the Technological Institute of Hermosillo (ITH), with the objective of saving electrical energy and contributing to improve the environment.

**Model, BEMS (Buildings Energy Management Systems), M2M communications, BACS (Building Automation and Control Systems)**

**Citación:** ESPEJEL-BLANCO, Daniel Fernando, CHÁVEZ, José Manuel, HOYO-MONTAÑO -José Antonio y HERNÁNDEZ-AGUIRRE, Fredy Alberto. Modelo de comunicación para automatización del sistema de acondicionamiento de aire y refrigeración de edificios de escuelas públicas y privadas. Revista de Tecnología e Innovación. 2017, 4-13:22-31.

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

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

México tiene un fuerte compromiso con el medio ambiente y el uso racional y eficiente de la energía eléctrica, es así que ha establecido una Ley General de Cambio Climático (LGCC), misma que en el artículo segundo traza como meta la reducción de un 30% de la emisión de Gases de Efecto Invernadero para el año 2020 (Honorable Congreso de la Unión 2012), este compromiso es ratificado durante la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático 2012) en 2012. Esta meta puede ser alcanzada de dos formas: reemplazando la tecnología para la generación de energía eléctrica y, realizando un uso más eficiente de la misma, tal como se establece en el artículo tercero de la LGCC, para el 2020 se deberá contar con un sistema de subsidios para la promoción del uso de combustibles no fósiles y la eficiencia energética (Honorable Congreso de la Unión 2012). Un edificio académico o de oficinas hace un uso muy ineficiente de la electricidad: las lámparas se encienden en áreas u horas cuando no son realmente necesarias, tienen baja eficiencia, y los equipos de Acondicionamiento de Aire son encendidos en horarios no requeridos o sin ocupación.

Para que la LGCC realmente sea de utilidad, las instituciones de educación superior, tal como el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo (TecNM/ITH), deben ser vistas como agentes de cambio en relación al problema de cambio climático al desarrollar esquemas y tecnologías inteligentes para el uso de la energía eléctrica que puedan ser reproducidos y adaptados en nuestras comunidades con inversiones de bajo costo.

Para poder generar ahorros en el uso de la energía eléctrica en un edificio de aulas o de oficinas, el sistema propuesto emplea el siguiente enfoque: Incrementar los ahorros de energía al implementar un sistema de interruptores electrónicos para el control del sistema de acondicionamiento de aire.

Este escrito se centrará en el desarrollo de un sistema de automatización para eficientizar el consumo de energía eléctrica en los edificios educativos a través de sus sistemas de Refrigeración y Acondicionamiento de Aire. A lo largo de la historia, el hombre ha construido edificios para crear un entorno controlado para poder vivir y trabajar. Sin embargo, en las últimas décadas se han ido modificando las prioridades en el diseño, construcción y organización de los edificios, especialmente en el caso de los edificios educativos, tanto públicos como privados (Hernandez Espinoza, Piña Neria, and Vazquez Serna 2008).

Las nuevas funciones y necesidades de los edificios de las escuelas, han conducido a desarrollar sistemas capaces de satisfacerlas. Lo anterior ha conducido a que se desarrollen nuevos sistemas capaces de llevar a cabo las funciones propias del edificio, además de explorar diversas formas de comunicación entre los edificios.

Estos sistemas, además de hacer posible la automatización en sus diferentes niveles, son capaces de recoger grandes cantidades de información provenientes de diversas entradas (sensores, mandos, etc.), procesarla y emitir órdenes a diversos actuadores, con el objeto de conseguir seguridad, comodidad, ahorro energético, cuidado del medio ambiente y comunicaciones (Hernandez Espinoza et al. 2008).

Para cubrir necesidades de administración de la energía y cuidado del medio ambiente se propone el modelo de un sistema automatizado el cual base su comportamiento a través de un horario previamente establecido en una base de datos (DB, por sus siglas en inglés).

El objetivo es presentar un modelo de automatización para edificios de instituciones educativas con la finalidad de promover el desarrollo tecnológico, el ahorro de energía eléctrica y cuidado del medio ambiente.

### Desarrollo

En edificios, para poder implementar un BEMS (del inglés, Building Energy Management Systems), primero debemos considerar el como se está consumiendo la energía eléctrica para poder optimizar su consumo. El consumo de energía en edificios es altamente dependiente de los siguientes factores (Ma et al. 2016):

1. La función del edificio. En este rubro, se toma en cuenta la función básica para la que se está utilizando el edificio, es decir, si es oficina, aula, laboratorio, tienda de autoservicio, industria, supermercado, etc.
2. El comportamiento de sus ocupantes. Aquí se debe tomar en cuenta la forma en que los ocupantes desarrollan sus actividades dentro del edificio, por ejemplo, las tareas asignadas, las horas de llegada y salida, tiempos de descanso, áreas que ocupan de manera rutinaria, etc.
3. Los materiales con los que fue construido. Son los materiales con los que fue construida toda la arquitectura del edificio, tomando en cuenta paredes, techos, pisos, ventanas, etc.
4. La estrategia energética de operación. Se refiere a la forma en que se utiliza la energía para la funcionalidad del edificio, es decir, luces, sistemas de enfriamiento y/o calefacción, computadoras, refrigeradores, televisiones, etc.

Estos factores deben ser tomados en cuenta al momento de diseñar los edificios. Para edificios ya existentes donde se desee implementar BEMS, es necesario encontrar la forma de que las cargas existentes cumplan con su función, pero con un consumo energético óptimo. En lo relativo a la eficiencia energética, primero se debe analizar cuáles son las cargas que más consumo tienen en el edificio, para así poder buscar su reducción. En EEUU, de los diferentes tipos de edificios comerciales que existen, los edificios de oficinas consumen más del 17% del total de la energía que se consume en ese sector, y las cargas que más consumen son la iluminación, Calefacción, Ventilación y Acondicionamiento de Aire (HVAC siglas en inglés de Heating, Ventilation and Air Conditioning) y el equipo de oficina con 39%, 14% y 15% de consumo de energía respectivamente (Sehar, Pipattanasomporn, and Rahman 2017).

Existen estudios que estiman reducciones en el consumo de energía eléctrica en edificios de entre un 20% a 30% por la implementación de BACS (del inglés Building Automation Control Systems) para el control de iluminación y HVAC (Fugate, Fuhr, and Kuruganti 2011). El desarrollo de estrategias de administración de cargas tales como HVAC en edificios, se requiere en ambientes donde las condiciones climáticas impactan en el consumo de energía (Nguyen et al. 2010). Una estrategia adecuada para ambientes como el edificio de aulas A5 parece ser el método de control preventivo que trata de mantener la demanda total de potencia por debajo de un límite preestablecido. Sookoor (Sookoor, Holben, and Whitehouse 2012) implementa un sistema de sectorizado para el control de un sistema HVAC central mediante la implementación de una red inalámbrica de sensores y actuadores de bajo costo para reducir el desperdicio de energía al climatizar solo áreas que estén ocupadas en un edificio.

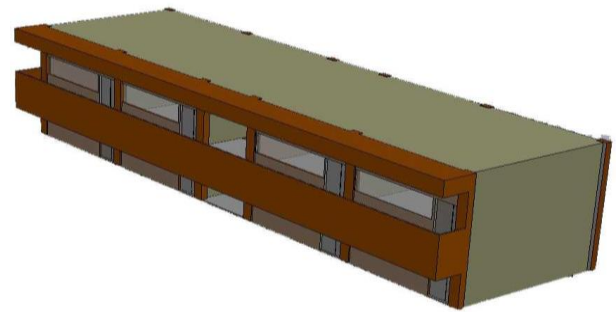
Los sistemas HVAC, y todos los dispositivos asociados a ellos generalmente son cruciales en la afectación del consumo de energía eléctrica (Chwieduk 2017). Generalmente, los edificios comerciales están sobre enfriados y ello conlleva a un gasto de energía no deseado, por lo que es necesario incluir en los BEMS estrategias de ajuste de temperaturas por zonas, y ajustes sistémicos en la distribución y enfriamiento del aire (Sehar et al. 2017).

El control de la iluminación y de HVAC, como una aplicación de automatización, permite tener un control del recurso energético para disminuir el consumo diario de este. Si esto se visualiza desde la perspectiva del consumo excesivo de los aparatos de uso cotidiano, y que una buena parte de este consumo es destinado a sistemas de iluminación artificial y acondicionamiento de aire, el uso de tecnologías que permitan obtener un ahorro energético es una opción muy interesante a considerar (Hoyo-Montano et al. 2016).

El desarrollo de BACS modernos permite combinar el confort en los edificios con la eficiencia en el consumo de energía, en particular en edificios de oficinas y edificios industriales (Hoyo-Montano et al. 2016). Esto se logra a través de la utilización de elementos computacionales para controlar los itinerarios de encendido y apagado de las cargas presentes de iluminación y HVAC.

Para poder integrar soluciones de automatización que integren software y hardware, es necesario tomar en cuenta los diferentes factores que contribuyen al consumo energético y al cuidado del ambiente. Estos factores van desde el diseño y desarrollo del modelo de automatización, hasta los elementos que se involucran para controlar las cargas (aires acondicionados) que participan en el consumo energético.

El modelo de automatización se encuentra instalado en el edificio de aulas A5, que es un edificio de dos plantas que contiene 8 aulas (4 en cada piso y unas escaleras en el centro del edificio). La Figura 1 muestra el edificio A5. Por ello, se requiere controlar los equipos de HVAC que se encuentran en el edificio, esto significa la colocación de un interruptor de control por cada uno de los equipos instalados en cada una de las aulas. Dichos equipos serán controlados por un PLC, quien será el responsable de activarlos y desactivarlos según sea la programación del uso de cada una de las aulas. El uso de las aulas se encuentra cargado en el Sistema Integral de Información (SII) del ITH, que es el sistema donde se programan las clases que cursarán los estudiantes, incluyendo las aulas. Dicho sistema es alimentado por las Jefaturas de carrera y por las coordinaciones de carrera, para que contenga los horarios de las clases, los profesores y las aulas.



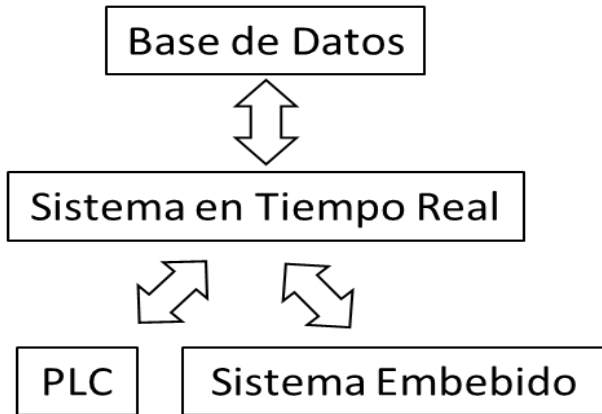
**Figura 1** Edificio A5

A continuación se describe el modelo de automatización (Figura 2) implementado en el Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH) para el edificio A5.



**Modelo de automatización**

Para facilitar el entendimiento del modelo de automatización (Figura 2), es necesario tener conocimiento sobre procesamiento e intercambio de información entre múltiples plataformas de software y hardware, empleando para ello protocolos o estándares de comunicación.



**Figura 2** Modelo de automatización

En la Figura 2 se visualiza la interacción de datos entre aplicaciones de *software* y *hardware*, esto con la finalidad de mantener en sincronía la automatización. La información está contenida en una base de datos (SII) y está es enviada del servidor principal de la Institución (ITH) a una computadora de placa simple (SBC, del inglés Single on Board Computer), una Raspberry Pi 3, que es la encargada de transferir la información al PLC, a través de en enlace de red inalámbrica.

En el modelo propuesto, está compuesto por un software de control que se encarga de gestionar el funcionamiento de las cargas. Por otra parte, un PLC (Controlador Lógico Programable, del inglés Programmable Logic Controller) como hardware que se encarga de encender y/o apagar los equipos de aire acondicionado.

**Descripción de los elementos del modelo de automatización**

A continuación se presenta como interactúan los elementos del modelo de automatización (Figura 1).

- **Base de datos:** Es el archivo en el que se tiene almacenado en que día y hora debe estar encendido el equipo de aire acondicionado en cada una de las aulas que integran el edificio A5 (Figura 3). Este archivo proviene del SII y es enviado por red inalámbrica al PLC.

	Hora	Domingo	Lunes
	07:00:00 - 08:00:00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	08:00:00 - 09:00:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	09:00:00 - 10:00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	10:00:00 - 11:00:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	11:00:00 - 12:00:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	12:00:00 - 13:00:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	13:00:00 - 14:00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	14:00:00 - 15:00:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
▶	15:00:00 - 16:00:00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	16:00:00 - 17:00:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	17:00:00 - 18:00:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	18:00:00 - 19:00:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	19:00:00 - 20:00:00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	20:00:00 - 21:00:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Figura 3** Horario del aula A55

Por ejemplo; el día lunes de 7AM-8AM, 9AM-10AM, 15PM-16PM, 19PM-20PM deberá estar prendido el aire acondicionado del aula A55. En (Silberschatz, Korth, and Sudarshan 2002) se define Gestor de Base de Datos como un sistema que consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos.

- **Sistema en Tiempo Real:** es el elemento encargado de procesar la información de la base de datos y comunicarla con el PLC o el sistema embebido para encender y/o apagar las cargas.

Un sistema en tiempo real es una aplicación informática en la que la obtención de los resultados está sujeta a restricciones temporales impuestas por el entorno en que se ejecutan (Sistemas Informáticos de Tiempo Real 2014).

- **PLC o Sistema Embebido:** dispositivo encargado de encender y/o apagar los aires acondicionados de un aula específica, recibe señales de control a través del sistema en tiempo real.

Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos un PLC (Automación Micromecánica s.a.i.c 2017) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos. También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica.

El sistema embebido (SemanticWebBuilder 2017) es un sistema electrónico diseñado para realizar pocas funciones en tiempo real. Por otra parte, las computadoras, que son diseñadas para propósitos generales, cubren un amplio rango de necesidades y los sistemas embebidos se diseñan para cubrir necesidades específicas. En un sistema embebido la mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la placa base y muchas veces los dispositivos resultantes no tienen el aspecto de lo que se suele asociar a una computadora.

Algunos ejemplos de sistemas embebidos podrían ser dispositivos como un taxímetro, un sistema de control de acceso, la electrónica que controla una máquina expendedora o el sistema de control de una fotocopiadora entre otras múltiples aplicaciones (SemanticWebBuilder 2017).

De esta forma, integrando una base de datos, un sistema en tiempo real y un PLC se realizó el modelo de automatización para el edificio A5, con la finalidad de que sirva de base para implementar proyectos para instituciones educativas. Este sistema controla el encendido y apagado de los equipos de aire acondicionado de las 8 aulas que integran el edificio A5, dependiendo de la programación semestral del uso de las aulas que se hace por parte de la administración educativa del ITH.

Este modelo puede ser aplicado a cualquier edificio educativo, ya sea de aulas, oficinas, laboratorios o cualquier otro. Lo único que hay que tomar en cuenta al aplicarlo en otros edificios es el atender y programar las horas de uso. En este modelo en específico, se trata de que el sistema en tiempo real, sea capaz de interpretar la información del SII del ITH para no tener que realizar la programación del uso de cada aula de forma manual, por lo que se reducirían los tiempos de respuesta dado que el sistema modificaría los encendidos y apagados de los equipos de aire acondicionado cuando se modifique la base de datos del SII.

## Resultados

Utilizando el modelo de automatización anterior, en el Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH) para el edificio A5 fue posible realizar una automatización inteligente, en la cual intervinieron los siguientes elementos:

- Base de datos (DB, por sus siglas en inglés), la cual se utilizara para almacenar los horarios de las aulas A51, A52, A53,..., A58.
- Aplicación desarrollada en la plataforma .NET, se utilizo para redirigir el tráfico de información desde la base de datos al PLC.
- PLC, empleado para conmutar contactos de un centro de carga eléctrico y así poder encender y apagar los aires acondicionados de las aulas A51, A52, A53, ..., A58 en base a un horario previamente establecido en una base de dato.

En la Figura 4 se muestra parte de la interfaz gráfica de usuario (*GUI, por sus siglas en inglés*) implementada para la automatización del edificio A5 del ITH. En ella se muestra la pantalla de supervisión y control de los aires acondicionados de las ocho aulas que integran el edificio A5. Se puede observar una serie de indicadores y otra de interruptores, los cuales sirven para encender y apagar los equipos y monitorear su estado.

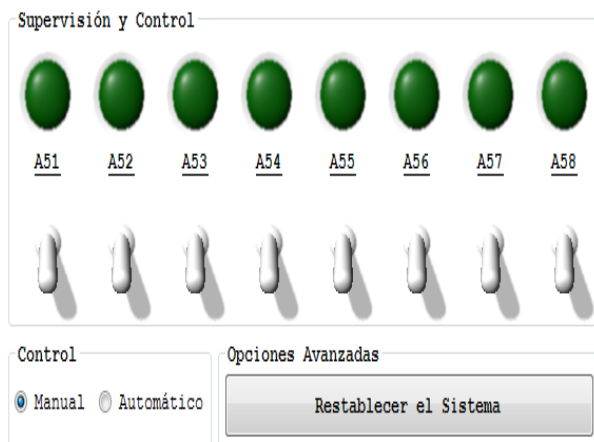


Figura 4 Interfaz Gráfica de Usuario

Para el desarrollo de este proyecto se está utilizando un PLC Micrologix 1100, dado que ya se encontraba instalado en el edificio A5 y era utilizado para controlar un sistema de riego automático, mismo que dejó de operar hace algunos años. Cabe hacer mención, que la parte del procesamiento puede ser realizada por cualquier PLC, un sistema embebido, un SBC, una computadora o cualquier sistema capaz de recibir entradas y salidas digitales.

En estos momentos se está trabajando en sustituir el sistema de procesamiento (PLC) por una Raspberry Pi 3 (SBC) para que sea más económica su implementación. Además, ya se usa la SBC para la comunicación inalámbrica con el servidor principal y esto redundaría en eliminar el PLC del modelo de comunicación y sustituir los relevadores (están alambrados físicamente) por reelevadores de estado sólido controlados por la Raspberry a través de módulos zigbee (comunicación inalámbrica), lo cual reduciría aún más los costos en equipo e instalación. Otra ventaja de tener la Raspberry como elemento de procesamiento es que se pueden diseñar aplicaciones para Tablet o celular para controlar y monitorear en tiempo real el desempeño del sistema. En la Figura 5, se muestra el diagrama de conexión eléctrica de los relevadores al PLC. La carga (RL) se refiere al equipo de aire acondicionado y está alimentado en serie por una fase de 220 VAC. La salida del PLC opera un relevador el cual enciende y/o apaga el equipo de aire acondicionado. Este mismo circuito es replicado para cada uno de los ocho equipos de las aulas del edificio A5.

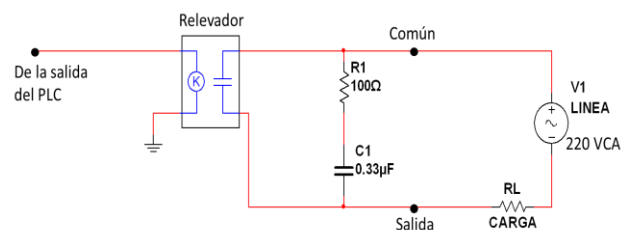


Figura 5 Conexión eléctrica de los relevadores

En la Figura 6 Se muestra una fotografía del PLC instalado en el edificio A5.



Figura 6 PLC instalado en edificio A5

En la Figura 7 se muestra parte de la programación realizada para el PLC Micrologix 1100, el cual fue utilizado para la automatización del encendido y apagado de los aires acondicionados del edificio A5 del ITH.

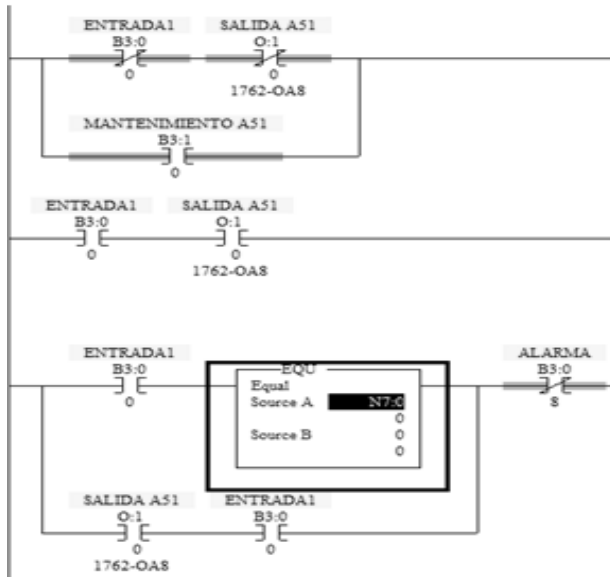


Figura 7 Programación en lenguaje escalera

Para la programación se utilizó el software RSLogix 500, así mismo cabe mencionar que se utilizó un PLC Micrologix 1100 Serie B de Allen Bradley.

Una vez puesto en marcha el modelo de automatización propuesto, implementado en el edificio A5 del ITH, se espera obtener ahorros en el consumo de energía eléctrica, los cuales pueden oscilar entre el 10% y el 20% dependiendo de la programación de uso de las aulas.

**Agradecimiento**

Agradecimiento especial al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo, por proporcionar los fondos para que este proyecto se llevara a cabo.

**Conclusiones**

Se presentó un modelo propuesto para automatizar edificios de instituciones educativas con el objetivo de promover el desarrollo tecnológico, ahorrar energía y contribuir al cuidado del medio ambiente. Con el objetivo de conseguir la máxima eficiencia y seguridad utilizando el modelo presentado se recomienda lo siguiente:

- Utilizar técnicas de programación avanzada, en caso de procesar grandes cantidades de información, con la finalidad de tener la mayor eficiencia posible por parte del automatismo.
- En caso de utilizar un PLC se recomienda instalar el sistema en tiempo real en una computadora personal (PC, por sus siglas en inglés) o Laptop con un procesador de última generación, con la finalidad de obtener la máxima eficiencia a la hora de intercambiar datos desde la Base de Datos al PLC.

- En caso de utilizar un sistema embebido se recomienda utilizar tecnología de punta como por ejemplo es el SDK de MatrikonOPC el cual permite tener acceso unificado a través de la red a las variables que en este se declaran, con el objetivo de sacar la mayor eficiencia a la hora de intercambiar información desde la base de datos al sistema embebido.
- En el caso de utilizar una SBC (Raspberry), se recomienda utilizar módulos ZigBee y reelevadores de estado sólido para reducir los costos de equipo e instalación.
- Encender cargas eléctricas en cascada con un retardo mínimo de 1.30 segundos con la finalidad de no desbalancear la carga de los transformadores y así mismo evitar demanda máxima de energía lo que provocaría un mayor pago en el costo de la energía.

## Referencias

Automación Micromecánica s.a.i.c. 2017. "Controlador Lógico Programable (PLC)." 84. Retrieved (<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>).

Chwieduk, Dorota A. 2017. "Towards Modern Options of Energy Conservation in Buildings." *Renewable Energy* 101:1194–1202. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.09.061>).

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. 2012. *México, Quinta Comunicación Nacional Ante La Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático*. edited by S. C. Grupo Comunicare. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Fugate, David, Peter Fuhr, and Teja Kuruganti. 2011. "Instrumentation Systems for Commercial Building Energy Efficiency." Pp. 21–24 in *2011 Future of Instrumentation International Workshop (FIIW) Proceedings*. Oak Ridge, TN, USA: IEEE. Retrieved (<http://ieeexplore.ieee.org/document/6476826/>).

Hernandez Espinoza, Diego Armando, Marcelo Fabian Piña Neria, and Marco Antonio Vazquez Serna. 2008. "Automatización Para La Administración de Energía, Control de Acceso, Vigilancia, Incendio, Intrusión Y Clima Del Complejo de Oficinas." Instituto Politecnico Nacional. Retrieved (<http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/6127/1/AUTOMATADMIN.pdf>).

Honorable Congreso de la Unión. 2012. *Ley General de Cambio Climático*. Mexico: Camara de Diputados del H. Congreso de la Unión.

Hoyo-Montano, J. A., G. Valencia-Palomo, R. A. Galaz-Bustamante, and D. F. Espejel-Blanco. 2016. "Software Development of a Building Automation and Control System for Educational Institutions." *XIII Congreso Internacional Sobre Innovación Y Desarrollo Tecnológico CIINDET 2016* 1–6.

Ma, Li et al. 2016. "Multi-Party Energy Management for Smart Building Cluster with PV Systems Using Automatic Demand Response." *Energy and Buildings* 121:11–21.

Nguyen, Nhat-hai, Quoc-tuan Tran, Jean-michel Leger, and Tan-Phu Vuong. 2010. "A Real-Time Control Using Wireless Sensor Network for Intelligent Energy Management System in Buildings." *EESMS 2010 - 2010 IEEE Workshop on Environmental, Energy, and Structural Monitoring Systems, Proceedings* 87–92. Retrieved ([https://www.engineeringvillage.com/share/document.url?mid=cpx\\_535b5812e91c33320M68](https://www.engineeringvillage.com/share/document.url?mid=cpx_535b5812e91c33320M68)).

Sehar, Fakeha, Manisa Pipattanasomporn, and Saifur Rahman. 2017. "Integrated Automation for Optimal Demand Management in Commercial Buildings Considering Occupant Comfort." *Sustainable Cities and Society* 28:16–29. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.08.016>).

SemanticWebBuilder. 2017. "Sistemas Embebidos: Innovando Hacia Los Sistemas Inteligentes." *Líneas de Desarrollo*. Retrieved May 12, 2017 ([http://www.semanticwebbuilder.org.mx/es\\_mx/swb/Sistemas\\_Embebidos\\_Innovando\\_hacia\\_los\\_Sistemas\\_Inteligentes\\_](http://www.semanticwebbuilder.org.mx/es_mx/swb/Sistemas_Embebidos_Innovando_hacia_los_Sistemas_Inteligentes_)).

Silberschatz, Abraham, Henry F. Korth, and S. Sudarshan. 2002. *Fundamentos de Bases de Datos*. 4th ed. Madrid: McGraw Hill/Interamericana de España, S.A.U.

Sistemas Informáticos de Tiempo Real. 2014. "Conceptos Básicos En Los Sistemas de Tiempo Real." 10. Retrieved May 12, 2017 ([http://www.uv.es/gomis/Apuntes\\_SITR/Conceptos](http://www.uv.es/gomis/Apuntes_SITR/Conceptos)).

Sookoor, Tamim, Brian Holben, and Kamin Whitehouse. 2012. "Feasibility of Retrofitting Centralized HVAC Systems for Room-Level Zoning." Pp. 1–10 in *2012 International Green Computing Conference (IGCC)*. San Jose, CA, USA: IEEE.

## Metodología de desarrollo de software para videojuegos con tecnología Google Cast®

QUIJANO-ABAN, Víctor Manuel \*†, CEH-VARELA, Edgar Eduardo, CHABLE-MUKUL, Rodrigo

*Universidad Tecnológica Metropolitana*

Recibido Junio 15, 2017; Aceptado Noviembre 21, 2017

### Resumen

El presente artículo es una propuesta para desarrollar videojuegos educativos con tecnología Cast. En este proyecto se utilizó la tecnología Cast para crear videojuegos para los dispositivos móviles como controles de juego y la televisión como escenario del tablero con uno o más jugadores a la vez. Se utilizaron herramientas open source y librerías Google Cast SDK para desarrollo de aplicaciones nativas Android y aplicaciones web HTML5. Con las librerías adecuadas y herramientas de desarrollo es posible crear videojuegos con: un dispositivo *streaming* multimedia, los dispositivos móviles y una la televisión. El SDK de Google Cast amplía las aplicaciones: Android, Chrome o iOS para controlar un televisor o un sistema de sonido. Soporta muchos formatos de contenidos multimedios, protocolos y codecs para facilitar la integración. El resultado fue el diseño y desarrollo del videojuego “Tres en línea” que se proyecta el tablero en un televisor y pueden jugar uno o dos jugadores. El videojuego cuenta con niveles de dificultad e instrucciones para jugar. Además se tiene la documentación del videojuego para futuros desarrollos, ya que el proceso de desarrollo de un videojuego con tecnología Cast requiere trabajo disciplinado y una técnica de programación para el manejo de estados y eventos en tiempo de ejecución.

### Tecnología Cast, Videojuegos para TV, Juegos de tablero

### Abstract

This article is a proposal to develop educational video games with Cast technology. In this project, Cast technology was used to create videogames for mobile devices such as a game controls and TV as the stage of the board with one or more players at a same time. Open source tools and Google Cast SDK libraries were used to develop native Android applications and HTML5 web applications. With the right libraries and development tools it is possible to create video games with: a multimedia streaming device, mobile devices and a television. The Google Cast SDK extends apps: Android, Chrome, or iOS to control a TV or sound system. It supports many formats of multimedia contents, protocols and codecs to facilitate the integration. The result was the design and development of the video game "Tic-Tac-Toe" the board is deployed on a television and can play one or two players. The game has levels of difficulty and instructions to play. In addition, we have the documentation of the video game for future developments, since the process of developing a video game with Cast technology requires disciplined work and a programming technique for the management of states and events at run time.

### Cast technology, TV game apps, Strategy board games

**Citación:** QUIJANO-ABAN, Víctor Manuel, CEH-VARELA, Edgar Eduardo, CHABLE-MUKUL, Rodrigo. Metodología de desarrollo de software para videojuegos con tecnología Google Cast®. Revista de Tecnología e Innovación 2017, 4-13: 32-39.

\* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: victor.quijano@utmetropolitana.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la actualidad los videojuegos han extendido la experiencia de juego de la consola a los dispositivos móviles. Los videojuegos, son programas electrónicos que involucran la interacción de una o más personas con una máquina o *interfase* que genera gráficos (Prensky, 2001).

Los videojuegos han ido adquiriendo mayor presencia pública en las últimas décadas. Los videojuegos han trascendido su papel inicial de fuente de entretenimiento para niños y se han convertido en un producto cultural (Albarracín, *et al.*, 2017). El público objetivo ha ampliado su rango de edad al aumentar el número y tipo de dispositivos en los que es posible jugar desde las computadoras portátiles a los dispositivos móviles pasando por las consolas.

Los videojuegos no hubieran existido nunca sin la electrónica y las computadoras, ejemplos varios: *Pong*, *Pacman*, *Space Invaders*, etc. Ninguno de ellos existiría sin el uso masivo de la computadora personal y la televisión. La historia inicia en el año 1972, cuando aparece una extraña cabina de juego instalada en el bar *Andy Capp's* en EE.UU. Está se parecía un poco a las máquinas de *pinball*, pero en lugar de una mesa de juego tenía un monitor de televisión (Pérez-Latorre, 2010). El juego se llamaba *Pong*. Éste fue el último prototipo de Nolan Bushnell y Ted Dabney, unos jóvenes ingenieros fundadores de la compañía llamada Atari (Kent, 2001).

Los videojuegos, pueden considerarse herramientas para el aprendizaje. Actualmente los videojuegos poseen características que los hacen atractivos para los jugadores y que los dotan de una gran potencialidad como instrumentos para aprender o desarrollar estrategias específicas y para la adquisición de conocimientos (Gros, 2007).

Otras características esenciales de los videojuegos los habilitan como herramientas en entornos educativos y son: la competición, la presencia de objetivos, la existencia de reglas bien definidas y la necesidad de tomar decisiones al momento (Charsky, 2010).

A continuación se presenta una propuesta para desarrollar juegos de tablero en videojuegos educativos con la tecnología *Cast*. En este proyecto se utilizó la tecnología *Cast* para crear videojuegos con los dispositivos móviles como controles de juego y la televisión como escenario del tablero para uno o más jugadores a la vez.

La tecnología *Cast* de Google® “permite la presentación de contenidos *multi-screen* con un ChromeCast™ entre dispositivos móviles (teléfonos inteligentes, tabletas, computadoras portátiles) y pantallas *large-screen*”. (Google Cast, 2017).

El ChromeCast™, es un *dongle* o pequeño dispositivo que se conecta a una entrada *HDMI* (High-Definition Multimedia Interface por sus siglas en inglés) en la televisión para reproducir contenidos multimedios. Después de encender la televisión y cambiar al puerto *HDMI* correcto del ChromeCast™, se descarga una aplicación de configuración. La aplicación configura el ChromeCast™y la conecta a la red Wi-Fi del usuario. Una vez configurado, los usuarios pueden descargar cualquier aplicación compatible; videojuegos en nuestro caso.

A demás del Chromecast se utilizó Google Cast SDK o librerías de software necesarias para desarrollar y publicar una aplicación (*app*). Las librerías SDK se pueden obtener descargando el instalador sin costo y resulta simple de integrar, ya que no es necesario desarrollar una nueva *app*. Se debe incorporar la librería a una aplicación móvil para enviar el contenido al TV. (Noor, 2007).



El dispositivo Chromecast™ utilizado para el desarrollo del videojuego tiene la forma de disco circular y pesa 39 gramos, como se muestra en la Figura 1. Éste viene con conector HDMI que sale por un cable que va a la TV. En su interior tiene un procesador dual core a 1.3GHz y 512MB de RAM. Sus estándares de conexión son 802.11 b/g/n/ac Wi-Fi (2,4 GHz/5 GHz). Admite seguridad WEP, WPA/WPA2. Actualmente está disponible la tercera generación desde 2017.



**Figura 1** Dispositivo ChromeCast™  
Fuente: Google ChromeCast™

## Metodología

La problemática que aborda este trabajo, es realizar una propuesta para desarrollar los juegos de tablero en videojuegos educativos con la tecnología Cast y que incluyan características de: funcionamiento, funcionalidad y usabilidad.

La metodología que se siguió es la sugerida por Google (Google Developer, 2017). Consiste en un proceso de desarrollo de software iterativo y con cinco actividades principales:

1. Diseño de la aplicación.
2. Codificar la aplicación.
3. Registrar la aplicación.
4. Probar la aplicación.
5. Publicar la aplicación.

1. Diseño de la aplicación. Para hacer un videojuego se requieren actividades de diseño gráfico, color, etc. (Abril-García, *et al.*, 2017). Además del diseño se cuidó en seguir las reglas de buenas prácticas para la interactividad y usabilidad según la guía técnica para la interface de usuario UX propuesta por Google (Google Cast Game, 2017).

2. Codificar la aplicación. Para desarrollar una aplicación Chromecast™ se definió: la plataforma de desarrollo, el tipo de *receiver app* y no reproducir multimedios. Con respecto a la plataforma de desarrollo puede ser: Android, iOS o Chrome. Una aplicación Chromecast™ está formada por dos aplicaciones que se ejecutan al mismo tiempo: *sender* y *receiver*. La aplicación *sender* se instala en los dispositivos móviles y las aplicaciones *receiver* en un servidor web que se muestra en la TV.

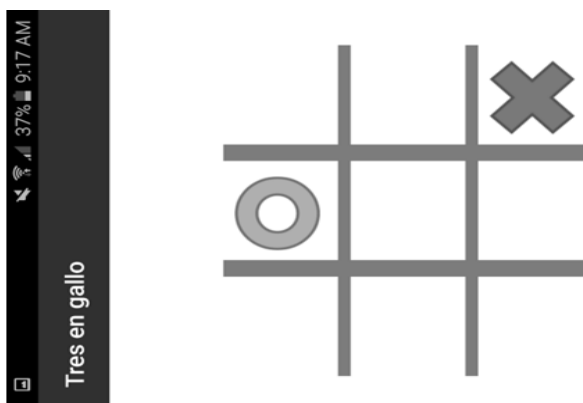
La *receiver app*, es una aplicación web moderna que usa lenguaje de marcas de hipertexto (HTML5/js, por sus siglas en inglés) para ser ejecutado en el aparato ChromeCast™. La aplicación se debe “hospedar” en un servidor web y ejecutarse en el Chromecast™. En la Figura 2, se muestra el videojuego en un televisor LCD de pantalla plana.

Se utilizaron herramientas open source: Chrome Dev Editor, las librerías mencionadas antes y el editor IDE Android Studio para el desarrollo de aplicaciones nativas Android propuesto por (Baez-Ibarra. *et al*, 2016).



**Figura 2 Aplicación receiver app**  
Fuente: Elaboración propia

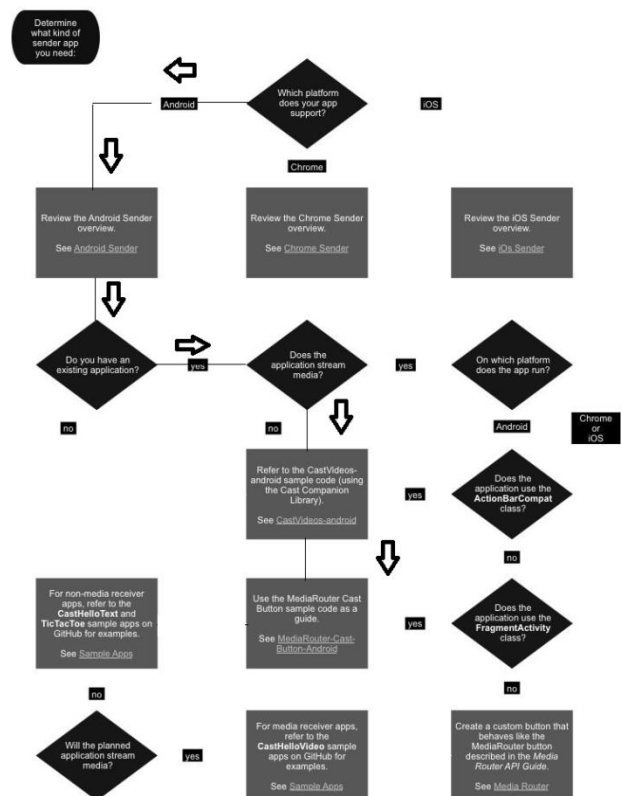
La *sender app*, se encarga de conectar y sincronizar con la *receiver app* en el aparato ChromeCast™, con esto se asegura y mantiene la comunicación por paso de mensajes. Para este proyecto se desarrolló una aplicación Android en un teléfono inteligente con sistema operativo Android Lollipop 5.1. En la Figura 3 se tiene una *app* que funciona como un control remoto para el jugador corriendo en el teléfono.



**Figura 3 Aplicación sender app**  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4, Se muestra un diagrama de flujo y se explica siguiendo las flechas de arriba-abajo. Para este proyecto (en la primera flecha) se eligió Android como plataforma.

Luego *Custom receiver app* para el tipo de *app*, esto quiere decir que las funciones de interactividad y los elementos gráficos de la *interface* deben ser codificados completamente por el desarrollador. Y siguiendo con la última flecha, muestra que para este videojuego no se utilizó la librería que soporta multimedia (*media types*, en inglés).



**Figura 4 Desarrollo de un Sender app**  
Fuente: Google Cast Developers

3. Registrar la aplicación. Para esta actividad se requirió previo pago de licencia de desarrollador Google. Esto se hace en un sitio web llamado la Consola de Desarrollador para alta a la aplicación y el dispositivo Chromecast™ utilizado. Ver Figura 5. Lo anterior generará una clave ID (Google Developer Console, 2017). La clave ID sirve de código de seguridad para sincronizar el *receiver* a solicitud de la aplicación *sender*.

Luego del registro se debe esperar un tiempo de horas para utilizar la *app*. Depende del contenido y estará sujeto a aprobación por parte de las políticas de Google. Esta es una medida para evitar correr código mal intencionado de terceros.

4. Probar la aplicación. Se realizaron pruebas de funcionamiento con la aplicación móvil, el aparato ChromeCast™ y el televisor. Las aplicaciones *sender* y *receiver* deben correr en la misma red para sincronizar e intercambiar contenido, mensajes y no generar errores de conexión. Además se realizaron pruebas de unidad (*Unit test*) con la herramienta Android Studio. Una prueba de unidad se refiere a la prueba individual de métodos y clases del proyecto de modo que el desarrollador pueda tener confianza de que los cambios recientes en el código no afectaran en el futuro su funcionamiento.

### Welcome to the Google Cast SDK Developer Console

The Google Cast Developer Console enables developers to register applications and authorize devices for testing.

#### Applications

Application ID	Application Name	Status	Statistics
FF01D6A4	Tres en gallo	Published	View

ADD NEW APPLICATION

**Figura 5** Developer console

Fuente: Elaboración propia

5. Publicar la aplicación. Finalmente la *receiver app* es una aplicación web que se debe alojar en un servidor web comercial (Mendoza-Manriquez. *et al*, 2016), además el servicio debe ser 24 hrs. por 365 días y para este proyecto fue necesario un certificado SSL vigente. SSL (Secure Socket Layer, en inglés) es un protocolo de seguridad que hace que los datos viajen de manera íntegra y segura (Ristic, 2014).

## Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos del proceso de desarrollo. En primer lugar se desarrolló el juego “tres en línea” que proyecta en la televisión el tablero y con un dispositivo móvil Android como un control para jugar. Ver Figura 6. El videojuego tiene niveles: fácil, y difícil para un jugador contra la máquina. Para dos jugadores no hay niveles ya que cada jugador desarrolla su estrategia de anticipación para ganar.



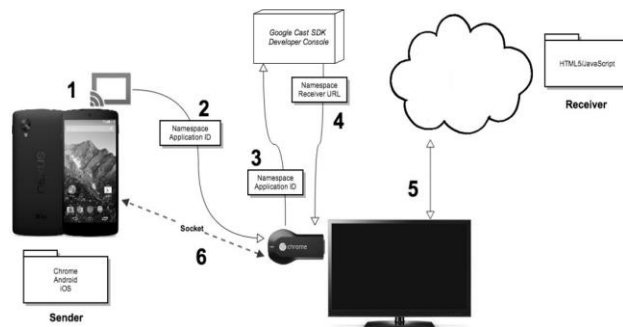
**Figura 6** Videojuego Tres en línea

Fuente: Elaboración propia

El juego tres en línea, también conocido tres en raya (en España, Ecuador y Bolivia), juego del gato (en Chile y México), Tic-Tac-Toe (en Estados Unidos y UK), Tres en gallo (en Venezuela y partes de México). Es un juego de lápiz y papel entre dos jugadores identificados por: O y X, que marcan los espacios de un tablero de 3x3 alternadamente. Un jugador gana si consigue tener una línea de tres de sus símbolos: la línea puede ser horizontal, vertical o diagonal (Hartnell, 1995).

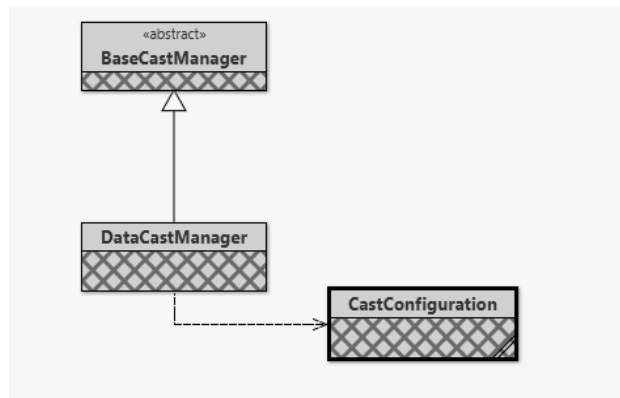
En segundo lugar se tiene la documentación del videojuego para futuros desarrollos. En la Figura 7, inicia la *sender app* y “descubre” (1) que tiene a su alcance un dispositivo Chromecast™ para jugar.

Luego se “dirige” a (2) la dirección URL (*namespace receiver url*) del *host* y la app ID mencionada antes. La aplicación envía la app ID (3) al aparato Chromecast™ y este se comunica al sitio Developer Console que valida la app (4), luego toma la URL para ejecutar la *receiver app* en el CromeCast (5) y finalmente muestra las instrucciones para jugar en el televisor (6).



**Figura 7** Ejecución del videojuego en TV  
Fuente: *Chromecast Technical blog*

En la Figura 8, se muestra la jerarquía de clases para desarrollar la *sender app* con Android, donde todo deriva de la clase abstracta *BaseCastManager*. Pero es responsabilidad de la clase *DataCastManager* implementar el botón “Cast” para descubrir un dispositivo Chromecast™ (*device discovery*).



**Figura 8** Jerarquía de clases Android  
Fuente: Elaboración propia

Finalmente se aplicó una encuesta al azar Ver Figura 9, a treinta y un estudiantes asistentes de la “Expo Talento UTM” (Yucatán, 2017) para evaluar la percepción de los usuarios y como expresan la experiencia de juego, durante la presentación de proyectos de la Universidad Tecnológica Metropolitana. Los resultados de la encuesta, el 50% de los que respondieron, consideró que debe mejorar la presentación del videojuego. El 60% que es adecuada la funcionalidad (fácil jugar). Y el 90% no reportó problemas para descargarlo e instalarlo (funcionamiento). Ver Anexos.



**Figura 9** Expo Talento UTM  
Fuente: Elaboración propia

**Agradecimientos**

A las autoridades de la Universidad Tecnológica Metropolitana por las facilidades prestadas para la realización de este proyecto.

A los alumnos Rodrigo Chable Mukul y José G. Moo Pech por su participación en este proyecto en la codificación y pruebas de la primera versión del videojuego. A todos los estudiantes que jugaron y opinaron sobre el videojuego, las sugerencias serán tomadas en cuenta para futuras versiones.

## Conclusiones

Con el dispositivo ChromeCast™ se abre un abanico de posibilidades para desarrollar videojuegos multijugador y multiplataforma con *streaming* multimedia. Los videojuegos en dispositivos de consumo y uso común en la vida diaria permiten extender la experiencia de juego como pudimos comprobar en este trabajo.

La codificación de videojuegos en más de un dispositivo permite llegar a un mayor número de público que demanda siempre jugar el último juego. Sin embargo el proceso de desarrollo de un videojuego con tecnología Cast requiere trabajo disciplinado y una técnica de programación para el manejo de estados y eventos: *device discovery*, sesiones y mensajes entre *sender* y *receiver*.

Con respecto a las pruebas de unidad al código, éstas le agregan valor al proceso de desarrollo propuesto, ya que permiten automatizar las pruebas de funcionalidad cada vez que se realice un cambio o mejora al juego.

Como trabajo futuro ya se iniciaron otros juegos de tablero tales como: “el zorro y las gallinas”, “cuatro en línea” y “Nim”. Además se incluirán algoritmos de Inteligencia Artificial (IA) para búsqueda, anticipación y estrategia ganadora para que exija un esfuerzo extra por parte del jugador en la resolución de problemas con videojuegos educativos.

## Anexos

Encuesta de salida para el jugador.

1. La aplicación se descargó con éxito en el dispositivo.

Si No.

2. La instalación de la aplicación fue exitosa en el dispositivo.

Si No.

3. Las instrucciones incluidas en el videojuego son claras.

Si No.

4. Jugar con la aplicación resultó fácil.

Si No.

5. La maniobra con las diferentes pantallas entre la TV y el móvil fue exitosa.

Si No.

6. Los colores, textos, gráficos y audio son de su agrado.

Si No.

## Referencias

Abril-García, J. H., Meza-Ibarra, I. D. y Chenoweth-Chenoweth I. R. (2017). Interfaz gráfica en WPF XNA para monitoreo de control de Xbox 360. Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S. ECORFAN. 3-7:1-6.

Albarracín, L., Hernández-Sabate, A. y Gorgorió, N. (2017). Los videojuegos como objeto de investigación en Educación Matemática. Modelling in Science Education and Learning. Volumen 10(1). pp.53-69.

Baez-Ibarra, A., Arellanes-Cancino, N. y Sosa-Perdomo, A. (2016). Efectividad de la aplicación de metodologías ágiles para el desarrollo de apps móviles. Un caso de estudio. Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S. ECORFAN.

Charsky, D. (2010). From edutainment to serious games: A change in the use of game characteristics. *Games and culture*, Vol. 5, N. 2, pp.177–198.

Gros, B. (2007). Digital games in education: The design of games-based learning environments. *Journal of Research on Technology in Education*. Vol. 40, No. 1, pp.23–38.

Google Cast. (2017). Sitio Google Cast. Recuperado el 10 de junio de 2017, desde <https://developers.google.com/cast/>

Google Developer. (2017). Comunidad Google Cast Developers. Recuperado el 20 de junio de 2017, desde <https://plus.google.com/communities/115742157569103585450>

Google Developer Console. (2017). Sitio Google Cast Developers Console. Recuperado el 26 de junio de 2017, desde <https://cast.google.com/publish>

Google Cast Game. (2017). Google Cast Gaming UX Mockup Guidelines for Chromecast. Recuperado el 26 de junio de 2017, desde <https://developers.google.com/cast/downloads/GoogleCastGameUXguidelinesv20151203.pdf>

Hartnell, T. (1995). *El libro gigante de los juegos para computadora*, 2da ed., Anaya Multimedia. pp.15–18.

Kent, S. L. (2001). *The ultimate history of videogames*. Three Rivers Press. Nueva York.

Mendoza-Manriquez, R. F., Tapia-Tinoco, G., Ortega-Herrera, F. J., y García-Guzmán, J. M. (2016). Aplicación web para el control remoto de mecanismos mediante Arduino. *Revista de Tecnología e Innovación*. ECORFAN. 3-6: 1-7.

Noor, A. (2014). Designing the Chromecast Out-of-Box Experience. Recuperado el 27 de julio de 2017, desde Research Google <https://research.google.com/pubs/archive/42549.pdf>

Pérez-Latorre, O. (2010). Análisis de la significación del videojuego. Fundamentos teóricos del juego, el mundo narrativo y la enunciación interactiva como perspectivas de estudio del discurso. Tesis doctoral. Universidad Ponpeu-Fabra. Barcelona. España.

Prensky, M. (2001). Digital game-based learning. *Games for entertainment and learning*. ACM Computers in Entertainment. Volumen 1(1), pp.1–4.

Ristic, I. (2014). *Bulletproof SSL and TLS*. Feisty Duck Limited. pp.497.

Yucatán. (2017). Talento yucateco, altamente competitivo. Sala de prensa del gobierno del estado de Yucatán. Recuperado el 18 de agosto de 2017, desde [http://www.yucatan.gob.mx/saladeprensa/ver\\_noticia.php?id=202827](http://www.yucatan.gob.mx/saladeprensa/ver_noticia.php?id=202827)

## Método acelerado de la técnica de mallas para la solución de circuitos eléctricos en corriente directa

AMEZCUA-CASTREJÓN, Román †\* & ROMO-GONZÁLEZ, Ana Eugenia

*División de Mecatrónica, Universidad Tecnológica de Jalisco*

Recibido Junio 15, 2016; Aceptado Noviembre 21, 2016

### Resumen

La obtención de parámetros o variables eléctricas de un circuito de corriente directa puede obtenerse mediante diversos métodos, destacando: nodos, mallas y superposición. Los métodos de nodos y mallas se basan en la aplicación de las Leyes de Kirchhoff, mientras que el método de superposición requiere hacer un análisis por cada fuente del circuito. Existe preferencia por el método de mallas, debido principalmente a que al sumar voltajes, los coeficientes de las variables del sistema de ecuaciones que se obtiene son constantes, mientras que el método de nodos requiere divisiones resultando en coeficientes fraccionarios o enteros con decimales. El objetivo del método acelerado de la técnica de mallas consiste en obtener el sistema de ecuaciones de un circuito eléctrico en corriente directa de forma más rápida que el método tradicional, además favorece la comprensión de la aplicación de la Ley de Voltajes de Kirchhoff (LVK). Para ello se propone un planteamiento de las ecuaciones eléctricas que permite escribir la ecuación final de una sola vez, sin necesidad de escribir término a término cada componente de la LVK con su posterior tratamiento algebraico y llegar así a la ecuación final, como el método tradicional lo propone.

### Método acelerado, técnica de mallas, circuitos eléctricos

### Abstract

The obtaining of electrical parameters or variables of a direct current circuit can be obtained by several methods, emphasizing: nodes, meshes and superposition. The nodes and meshes methods are based on the application of the Kirchhoff Laws, whereas the method of overlapping requires to make an analysis for each source of the circuit. There is a preference for the mesh method, mainly because when adding voltages, the coefficients of the system variables of equations are constant, whereas the method of nodes requires divisions resulting in fractional or integer coefficients with decimals. The objective of the accelerated method of the mesh technique is to obtain the system of equations of an electric circuit in direct current of form faster than the traditional method, also favors the understanding of the application of the Kirchhoff's Voltage Law (KVL). To do this, it is proposed an approach to the electrical equations that allows writing the final equation at one time, without the need to write each component of the LVK term with its later algebraic treatment and thus arrive at the final equation, like the traditional method proposes it.

### Accelerated method, mesh technique, electrical circuits

**Citación:** AMEZCUA-CASTREJÓN, Román & ROMO-GONZÁLEZ, Ana Eugenia. Método acelerado de la técnica de mallas para la solución de circuitos eléctricos en corriente directa. Revista de Tecnología e Innovación. 2017, 4-13: 40-48.

\*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: roman.amezcua@utj.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En las áreas de Ingeniería de las Universidades, uno de los cursos más significativos es el de Circuitos Eléctricos, con las variantes de nombres que el curso pueda tener. Generalmente se comienza con algunas definiciones de conceptos básicos, que implican la comprensión de carga eléctrica, fuerza eléctrica y campo eléctrico, continuando con conceptos como corriente, voltaje, potencia y resistencia. Es complejo lograr una comprensión amplia de dichos conceptos con el sólo hecho de estudiarlos y comentarlos en clase.

Por lo tanto, el siguiente paso en el proceso consiste en aplicar los conceptos a través de resistores en serie, paralelos y mixtos, ley de Ohm, divisor de voltaje y divisor de corriente.

Posteriormente se requieren conocer y entender las leyes establecidas por Gustav R. Kirchhoff (1824-1887) (Hilburn, Johnson, & Johnson, 1991; Islas & Guridi, 1999; Nilsson, Riedel, Cázares & Fernández, 1995) en sus dos variantes: ley de voltajes de Kirchhoff (LVK) y ley de corrientes de Kirchhoff (LCK).

La consecuencia y aplicación de estas leyes, son las técnicas de mallas y nodos (Gussow & Alejandro, 1991; Moreno & Soler, 2003), con las cuáles se pueden resolver circuitos eléctricos de mayor complejidad.

Resolver un circuito eléctrico usando la técnica de mallas o nodos, implica la comprensión absoluta de todos los conceptos eléctricos básicos. Con los conocimientos hasta aquí adquiridos, se dice que el estudiante puede tomar cursos del área eléctrica o electrónica y resolver la mayoría de circuitos que se planteen.

Se podría afirmar entonces que la primera parte de la comprensión de los circuitos eléctricos se culmina con la correcta aplicación de las técnicas de solución de circuitos través de mallas y nodos. La correcta aplicación de las técnicas, el conocimiento de los conceptos mencionados y que se pueda resolver prácticamente cualquier circuito eléctrico básico en Corriente Directa (CD) es importante debido a que se considera una competencia básica.

Posterior a la adquisición de estos conocimientos, se revisan técnicas alternativas y complementarias que desarrollan aún más la capacidad de resolver circuitos eléctricos, entre las que destacan: super mallas, super nodos, superposición, transformación de fuentes, teorema de Thévenin, teorema de Norton, teorema de la máxima transferencia de potencia (Álvarez, 2017; Alexander & Sadiku, 2013; Floyd, 2007; Quintero & Sixto, 2016), entre otras.

Una vez que el estudiante adquiere las habilidades necesarias para resolver circuitos eléctricos en CD, puede mejorar la rapidez en resolverlos si tiene un alto nivel de comprensión en las áreas de comportamiento eléctrico y matemáticas, requeridas para la solución. El método acelerado para la solución de circuitos eléctricos con la técnica de mallas propuesto, requiere de un análisis estructural de las ecuaciones resultantes, de tal manera que aplicando un proceso lógico, es posible determinar el sistema de ecuaciones resultante sin escribir paso a paso las ecuaciones a través de la LVK para cada malla, ahorrando también el paso correspondiente de simplificación.

Por lo tanto, la contribución de este trabajo es documentar el proceso de aceleración en la solución de circuitos eléctricos mediante la técnica de mallas, de tal forma que las ecuaciones se puedan escribir y simplificar a su mínima expresión de una sola vez.



Para dar coherencia a la explicación y comprensión de la técnica propuesta el desarrollo del análisis de resultados del presente artículo se divide en los siguientes apartados:

- 1 Análisis de la técnica tradicional de mallas para circuitos en corriente directa.
- 2 Propuesta del método acelerado de la técnica de mallas para la solución de circuitos en CD.
- 3 Aplicación del método acelerado a un circuito complejo.

### Metodología a desarrollar

Debido a la complejidad que exige extender el método que se propone a cualquier circuito (como a la técnica de nodos, o al uso de fuentes, ya sea de corriente o de voltaje, dependiente o independiente), el presente documento se enfoca a la técnica de mallas en la que se deben considerar las siguientes restricciones:

- 1 No debe contener fuentes dependientes, ni inductores, ni capacitores.
- 2 No debe contener fuentes de corriente de ningún tipo.

En síntesis, la aplicación de la técnica sugerida se restringe al uso de circuitos de corriente directa que solo tengan resistores y fuentes independientes de voltaje, y que cuenten con al menos dos trayectorias o mallas diferentes.

### Resultados

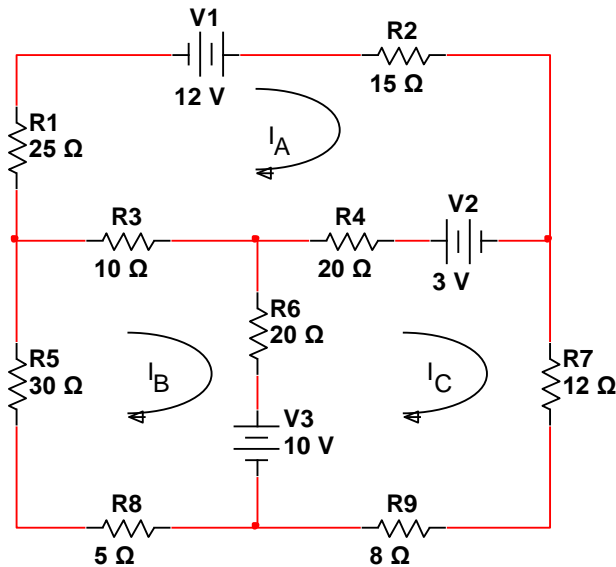
En contraste con el método propuesto, el método tradicional para la solución de circuitos eléctricos en corriente directa puede presentar problemas de comprensión en los estudiantes, debido principalmente a que se da un enfoque matemático y se priva, en cierta manera, de una comprensión lógica de las leyes de Kirchhoff.

Con la técnica acelerada para la solución de circuitos eléctricos en CD se resuelven los inconvenientes del método tradicional y se acelera el proceso de obtención de las ecuaciones, se mejora la comprensión del comportamiento eléctrico del circuito y se disminuyen, en gran medida, los posibles errores que se cometen al escribir la ecuación término a término, entendiendo que se aporta un término a la ecuación por cada elemento de la malla del circuito.

### Análisis de la técnica tradicional de mallas para circuitos en corriente directa.

Considerando las restricciones ya expuestas, la comprensión del método tradicional de mallas para la solución de circuitos en CD estará referenciada con base en el circuito eléctrico representado en la figura 1.

Como puede observarse, el circuito de la Figura 1 contiene tres mallas identificadas por las corrientes designadas como  $I_A$ ,  $I_B$  e  $I_C$  dentro de cada una de ellas. El método dicta que se deben identificar en primer lugar el número de mallas del circuito (en este caso 3), posteriormente asignarles un sentido de corriente y un nombre a la corriente (se recomienda un mismo sentido a todas las mallas), finalmente se debe aplicar la LKV a cada malla.



**Figura 1** Circuito con tres mallas

Fuente: *Elaboración propia*

Al aplicar la LVK (Robbins & Miller, 2008) a las tres mallas se obtiene una ecuación para cada una de ellas:

$$25I_A - 12 + 15I_A - 3 + 20(I_A - I_C) + 10(I_A - I_B) = 0 \quad (1)$$

$$30I_B + 10(I_B - I_A) + 20(I_B - I_C) + 10 + 5I_B = 0 \quad (2)$$

$$-10 + 20(I_C - I_B) + 20(I_C - I_A) + 3 + 12I_C + 8I_C = 0 \quad (3)$$

Simplificándolas se tiene:

$$70I_A - 10I_B - 20I_C = 15 \quad (4)$$

$$-10I_A + 65I_B - 20I_C = -10 \quad (5)$$

$$-20I_A - 20I_B + 60I_C = 7 \quad (6)$$

Solucionando el sistema de ecuaciones se determina:

$$I_A = 258.537 \text{ mA} \quad (7)$$

$$I_B = -57.561 \text{ mA} \quad (8)$$

$$I_C = 183.659 \text{ mA} \quad (9)$$

Con la determinación de valores de corriente (ecuaciones 7 a 9) se puede calcular cualquier variable eléctrica de los elementos o puntos en el circuito.

Al momento de escribir las ecuaciones usando la LVK entre más elementos de circuito o mallas existan mayor es la probabilidad de omisiones o errores con los elementos del circuito o los signos, así como en la agrupación de términos semejantes y el despeje de las constantes al segundo miembro de la igualdad.

Si existe un solo error en alguna de las ecuaciones obtenidas, cualquier variable que se calcule posterior a la solución del sistema arrastrará dicho error teniendo como consecuencia resultados incorrectos que probablemente no coincidan con las simulaciones o pruebas físicas del circuito analizado.

La práctica constante del análisis mediante esta técnica, hace que el estudiante alcance un buen dominio del método y consecuentemente disminuyan los errores. Sin embargo, a pesar de obtener estos logros, aún hay mejoras poco exploradas, que pueden llevar al estudiante a un dominio más contundente de la técnica y a la disminución de errores con la subsecuente garantía de mejora en los resultados.

### Propuesta del método acelerado de la técnica de mallas para la solución de circuitos e corriente directa

Con el objetivo de explicar la técnica acelerada de mallas, se aplicarán los siguientes pasos para escribir las ecuaciones:

- 1 Se suman todos los resistores de la malla que se analiza y se multiplican por la corriente de dicha malla.

- 2 Si hay resistores que se comparten con otras mallas, se escribirán en la ecuación con signo negativo, y multiplicados por la corriente de la malla compartida.
- 3 Se suman los voltajes en el sentido de la corriente de la malla analizada y después se le cambia el signo al resultado de la suma y se coloca el valor como segundo miembro de la igualdad.

Se aplicarán ahora estos pasos al circuito de la Figura 1 para escribir la ecuación correspondiente a la malla de  $I_A$ .

**Paso 1.** Se puede observar que en la malla de  $I_A$ , la trayectoria incluye a los resistores  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$ ; de tal forma que la suma de ellos multiplicada por la corriente de la malla que se analiza genera:

$$70I_A \quad (10)$$

**Paso 2.** Se observa que  $R_3$  se comparte con la malla de  $I_B$ , por lo que al agregar el término (que debe ser negativo) queda:

$$70I_A - 10I_B \quad (11)$$

El resistor  $R_4$  se comparte con la malla de  $I_C$ , al agregarlo a la ecuación queda:

$$70I_A - 10I_B - 20I_C \quad (12)$$

**Paso 3.** Por último, las fuentes  $V_1$  y  $V_2$  participan en la malla de  $I_A$ , al sumarlas en el sentido asignado nos dan un valor de -15 V, de tal forma que al aplicar el tercer paso propuesto, le cambiamos el signo a esta suma de voltajes y lo exponemos como segundo miembro de la igualdad en la ecuación, resultando:

$$70I_A - 10I_B - 20I_C = 15 \quad (13)$$

Que es idéntica a la ecuación (4).

La obtención de las otras dos ecuaciones deriva de la aplicación de los mismos pasos, teniendo sólo en cuenta la conveniencia de escribir en orden alfabético las ecuaciones (para el caso que se hayan designado variables de corriente con letras) o incremental (si se asignaron números a las corrientes), de tal forma que el sistema de ecuaciones se obtenga de una sola vez, sin la necesidad de hacer la simplificación de la ecuación resultante como en el método tradicional donde solo se aplica LVK. Otra forma de comprender la técnica acelerada propuesta es analizando el sistema de ecuaciones resultante de forma matricial, tal como se muestra a continuación:

$$\begin{bmatrix} 70 & -10 & -20 \\ -10 & 65 & -20 \\ -20 & -20 & 60 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15 \\ -10 \\ 7 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Se pueden identificar fácilmente los componentes de la matriz como se presenta en la figura 2. En la Figura 2 la diagonal principal está en verde y corresponde a la suma de resistores de cada malla en particular, por ejemplo, el valor de 70 es la suma de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$  que corresponde a la malla de  $I_A$ , el de 65 es la suma de los resistores  $R_3$ ,  $R_5$ ,  $R_6$  y  $R_8$  de la malla  $I_B$  y por último el valor 60 corresponde a la suma de  $R_4$ ,  $R_6$ ,  $R_7$  y  $R_9$  de la malla  $I_C$ .

Sólo la diagonal principal contiene coeficientes positivos, ya que representa a los elementos del paso 1 ya expuesto.

$$\begin{array}{c}
 \text{Triangular superior} \\
 \downarrow \\
 \begin{bmatrix} 70 & -10 & -20 \\ -10 & 65 & -20 \\ -20 & -20 & 60 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15 \\ -10 \\ 7 \end{bmatrix} \\
 \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Triangular inferior} \end{array} \quad \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Diagonal principal} \end{array}
 \end{array}$$

**Figura 2** Ecuaciones en forma matricial

Fuente: *Elaboración Propia.*

Si se observa con cuidado la matriz de la figura 2, la triangular superior e inferior están a espejo y todos los coeficientes son negativos, esto se debe a que corresponden a lo expuesto en el paso 2, es decir, a los resistores de la malla que se analiza, que son compartidos con alguna otra malla.

El análisis de las ecuaciones en su forma matricial, se hace únicamente con el objetivo de verificar que la triangular inferior y superior estén a espejo, lo que disminuye la posibilidad de que se generen errores al momento de escribir las ecuaciones.

En resumen, para escribir cualquier ecuación de una malla de un circuito eléctrico, se suman los resistores de la malla analizada y a la suma se le asigna la variable de corriente de la misma con signo positivo, los resistores que se compartan con otras mallas se expresan con signo negativo y con el nombre de la variable de la malla con la que se comparta, por último la suma de voltajes de la malla analizada, se expresa con signo contrario en el segundo miembro de la igualdad de la ecuación.

De esta forma, se escribe de una sola vez cada ecuación por cada malla del circuito, con menos probabilidades de errores en magnitudes o signos, que usando la técnica tradicional de mallas. Una vez escritas las ecuaciones (no hay necesidad de escribirlas en forma matricial, siempre y cuando los términos de la ecuación estén ordenados como se sugirió) se verifica visualmente que los signos sean correctos (positivos para la diagonal principal y negativos para las triangulares inferior y superior) y que estén a espejo las triangulares superior e inferior.

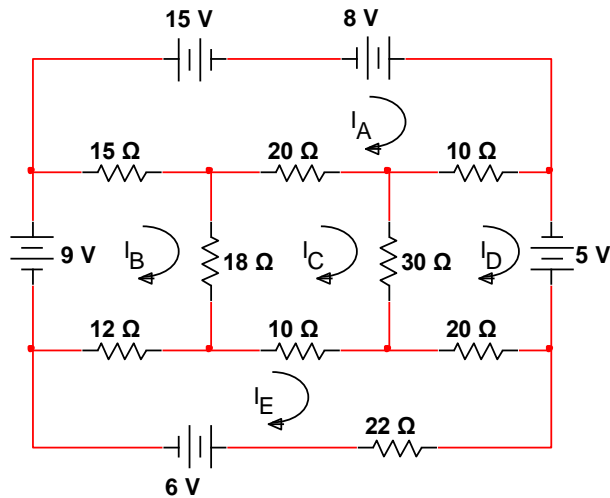
La técnica acelerada no garantiza por sí sola la comprensión total de la aplicación de leyes eléctricas, obedece más bien a hacer lógico y simplificado el análisis, por lo que de ninguna manera se sugiere omitir la técnica tradicional de solución de circuitos eléctricos por la técnica de mallas.

De hecho, se recomienda primero atender la técnica tradicional, en donde sí se aplican leyes eléctricas para la expresión de las ecuaciones, y una vez que se domine, se recurra a la técnica acelerada, que proveerá al estudiante de recursos eficientes y simplificados que ayudarán a determinar las ecuaciones del sistema a analizar de una sola vez. Una vez que se obtiene el sistema de ecuaciones, los pasos posteriores para determinar variables eléctricas del circuito, son idénticos a los que se utilizarían en la técnica tradicional.

### Aplicación del método acelerado a un circuito de mayor complejidad.

Se analizará a continuación un circuito de mayor complejidad, en este caso, la figura 3 muestra un circuito con cinco mallas y por lo tanto cinco variables de corriente (identificadas de  $I_A$  a  $I_E$ ). Para poner a prueba la técnica acelerada tomaremos como referencia la malla correspondiente a la corriente  $I_C$  que se encuentra en la parte central del circuito de la figura 3.

AMEZCUA-CASTREJÓN, Román & ROMO-GONZÁLEZ, Ana Eugenia. Método acelerado de la técnica de mallas para la solución de circuitos eléctricos en corriente directa. Revista de Tecnología e Innovación. 2017.



**Figura 3** Circuito de cinco mallas  
Fuente: *Elaboración propia.*

Tomando en cuenta la recomendación de ordenar la ecuación de forma alfabética, en este caso revisamos si la malla analizada comparte algún (os) resistor (es) con la malla de  $I_A$ , en este caso vemos que hay un resistor de  $20\Omega$  compartido entre las mallas de  $I_A$  e  $I_C$ , por lo que se comenzaría la ecuación con el siguiente término:

$$-20I_A \tag{15}$$

Se puede observar que entre las mallas de  $I_B$  e  $I_C$  se comparte el resistor de  $18\Omega$ , y al agregarlo a la ecuación, queda:

$$-20I_A - 18I_B \tag{16}$$

Sumando todos los resistores de  $I_C$ , tenemos  $78\Omega$ , y al agregarlo se tiene:

$$-20I_A - 18I_B + 78I_C \tag{17}$$

Hay que recordar que sería el único coeficiente positivo, pues es el que pertenece a la malla que se está analizando. Un resistor de  $30\Omega$  se comparte entre  $I_C$  e  $I_E$ , al agregarlo a la ecuación queda:

$$-20I_A - 18I_B + 78I_C - 30I_D \tag{18}$$

El último resistor compartido para la malla de  $I_C$  es el de  $10\Omega$ , que se comparte con la malla de  $I_E$ , al agregarlo a la ecuación se tiene:

$$-20I_A - 18I_B + 78I_C - 30I_D - 10I_E \tag{19}$$

Finalmente, dado que no hay ninguna fuente de voltaje en la trayectoria de la malla de  $I_C$ , la ecuación se iguala a cero, quedando finalmente como:

$$-20I_A - 18I_B + 78I_C - 30I_D - 10I_E = 0 \tag{20}$$

De esta forma y con un poco de práctica, recurriendo visualmente al circuito, se pueden obtener muy fácilmente todas las ecuaciones del circuito eléctrico, que para el caso en cuestión son 5 y serían las siguientes:

$$45I_A - 15I_B - 20I_C - 10I_D - 0I_E = -7 \tag{21}$$

$$-15I_A + 45I_B - 18I_C - 0I_D - 12I_E = 9 \tag{22}$$

$$-20I_A - 18I_B + 78I_C - 30I_D - 10I_E = 0 \tag{23}$$

$$-10I_A - 0I_B - 30I_C + 60I_D - 20I_E = 5 \tag{24}$$

$$-0I_A - 12I_B - 10I_C - 20I_D + 64I_E = -6 \tag{25}$$

En forma matricial la diagonal principal sólo tiene coeficientes positivos, y las triangulares superior e inferior, además de estar a espejo, tienen todos sus coeficientes negativos, quedando como sigue:

$$\begin{bmatrix} 45 & -15 & -20 & -10 & -0 \\ -15 & 45 & -18 & -0 & -12 \\ -20 & -18 & 78 & -30 & -10 \\ -10 & -0 & -30 & 60 & -20 \\ -0 & -12 & -10 & -20 & 64 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \\ I_D \\ I_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -7 \\ 9 \\ 0 \\ 5 \\ -6 \end{bmatrix}$$

Solucionando el sistema de ecuaciones, se llegaría a los siguientes resultados:

$$I_A = 55.981 \text{ mA} \tag{26}$$

$$I_B = 295.03 \text{ mA} \tag{27}$$

$$I_C = 160.621 \text{ mA} \tag{28}$$

$$I_D = 188.126 \text{ mA} \quad (29)$$

$$I_E = 45.455 \text{ mA} \quad (30)$$

Los resultados obtenidos pueden validarse mediante la resolución de circuitos eléctricos por el método tradicional empleando las leyes de Kirchhoff o empleando simuladores de circuitos eléctricos.

### Conclusiones

El método acelerado de la técnica de mallas para la solución de circuitos eléctricos en corriente directa se validó mediante la resolución de circuitos simples y complejos como los mencionados en (Agugliaro, Navarro, Cruz, Estrella, Dols, & Montoya, 2017) y se realizó la comparación de resultados con el método tradicional, por lo que fue validado y se demostró su congruencia.

Es importante mencionar que método acelerado propuesto contribuye al aprendizaje y comprensión de conceptos en el área eléctrica (Hernández, 2017) y disminuye las probabilidades de errores en la solución.

Debido a que la resolución de circuitos eléctricos es indispensable en el área de diseño (Vidal Rosado, & Bautista León, 2015), el método propuesto tiene la ventaja adicional de que puede ser sistematizado (Saavedra, Vargas & Martínez, 2014) más fácilmente que el método tradicional con lo podría incrementarse su aplicación.

Otra alternativa que se usa actualmente para verificar o validar resultados de un circuito eléctrico, es simularlo mediante un software especializado que arroja directamente los resultados requeridos. Existen una gran variedad de ellos en el mercado y a disposición de cualquier presupuesto, ya que los hay gratuitos o por adquisición de licencias de uso.

Es también importante agregar, que las restricciones de uso de elementos de circuito mencionadas en la metodología, pretenden el uso seguro de la técnica propuesta por parte del estudiante. Más, una vez que haya pleno dominio y comprensión de la técnica, la aplicación de ésta se puede extender a los elementos que se habían restringido, aunque no es objetivo del presente trabajo por lo que se establece como trabajo futuro su integración.

### Referencias

Agugliaro, F. M., Navarro, R. B., Cruz, A. G., Estrella, A. E., Dols, F. A., & Montoya, F. G. (2017). *Problemas de teoría de circuitos: 350 problemas para iniciación en Ingeniería Eléctrica* (Vol. 13). Universidad Almería.

Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. (2013). *Fundamentos de circuitos eléctricos* (5a. edición) McGraw Hill Mexico.

Álvarez, A. G. G. (2017). Análisis comparativo de los métodos para la resolución de circuitos eléctricos. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*.

Floyd, T. (2007). *Principios de Circuitos Eléctricos* (Octava ed.). México: Pearson

Hernández, J. G. G. (2017). Implementación de circuitos eléctricos para facilitar el aprendizaje de sistemas algebraicos lineales/Implementation of electrical circuits to facilitate the learning of linear algebraic systems. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 7(14), 51-62.

DOI: <http://dx.doi.org/10.23913/ride.v7i14.272>

Gussow, M. L. V., & Alejandro, P. (1991). *Schaum's outline of basic electricity. Fundamentos de electricidad*.

Hilburn, J. L., Johnson, D., & Johnson, J. (1991). *Análisis básico de circuitos eléctricos*. Prentice-Hall, México.

Islas, S. M., & Guridi, V. M. (1999). El quehacer científico versus el quehacer áulico. Buscando rasgos del quehacer científico en libros de texto. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(2), 281-290.

Moreno, N., & Soler, A. B. (2003). *Problemas resueltos de tecnología eléctrica*. Editorial Paraninfo.

Nilsson, J. W., Riedel, S. A., Cázares, G. N., & Fernández, A. S. (1995). *Circuitos eléctricos*. Addison-Wesley Iberoamericana.

Quintero, A., & Sixto, A. (2016). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para circuitos eléctricos* (thesis). Recuperado de: <http://ups.edu.ec/UPS-GT001818%20.pdf>

Robbins A. y Miller W. (2008). *Análisis de circuitos Teoría y práctica* (4ta. Edición). (S. R. González, Ed.) Mexico: Cengage Learning Latinoamérica.

Saavedra, A., Vargas, E., & Martínez, F. (2014). Diseño de un software para el aprendizaje de las medidas eléctricas en circuitos dc. *Tekhnê*, 11(2), 69-76.

Trejos, P. A. (2013). *Circuitos eléctricos de corriente continua con MULTISIM* (Bachelor's thesis, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira).

Saavedra, A., Vargas, E., & Martínez, F. (2014). Diseño de un software para el aprendizaje de las medidas eléctricas en circuitos dc. *Tekhnê*, 11(2), 69-76.

Vidal Rosado, J., & Bautista León, M. Á. (2015). Aplicación del método PILT en un curso de análisis de redes eléctricas. *Opción*, 31(4).

## Determinación de actividad electroencefalográfica en personas escuchando música mediante transformada wavelet y análisis espectral

ESQUEDA-ELIZONDO, José Jaime †\*, ROA-RICO, David Octavio, PINTO-RAMOS, Marco Antonio y REYES-MARTÍNEZ, Roberto Alejandro

*Universidad Autónoma de Baja California*

Recibido Junio 15, 2017; Aceptado Noviembre 21, 2017

### Resumen

Se presenta el análisis de señales electroencefalográficas de personas escuchando una canción para determinar el momento en el que se produce la máxima actividad eléctrica. Primero se toma el electroencefalograma a las personas mientras escuchan una canción. Posteriormente en Matlab se analizan las muestras mediante Transformada Wavelet para poder determinar los puntos (tiempo de la canción) que detonan mayor actividad eléctrica y en qué regiones del cerebro se presentan. Posteriormente se recorta en esa sección de la señal y mediante análisis espectral se obtiene la potencia de ese intervalo, así como la potencia total estimada del experimento. Asimismo, se realiza la comparación entre la potencia de los intervalos de mayor actividad y la potencia total. El uso de la Transformada Wavelet permite conocer el comportamiento tiempo-frecuencia de la señal y así encontrar los puntos de mayor actividad eléctrica detonados por el estímulo auditivo. En este caso, se analiza el comportamiento de una muestra pequeña ante música clásica y heavy metal.

**Electroencefalograma, Actividad Eléctrica del Cerebro, Transformada Wavelet, Análisis Espectral, música**

### Abstract

The analysis of electroencephalographic signals of people listening to a song is presented in order to determine the moment in which the maximum electrical activity is produced. The electroencephalogram is first taken to people while listening to a song. Later in Matlab, the samples are analyzed by Wavelet Transform to be able to determine the points (time of the song) that detonate higher electrical activity and in which regions of the brain are presented. Subsequently, that section of the signal is cut and by using spectral analysis, the power of that interval, is obtained as well as the estimated total power of the experiment. Also, the comparison between the power of the higher activity intervals and the total power are calculated. The use of the Wavelet Transform allows knowing the time-frequency behavior of the signal and thus finding the points of greater electrical activity detonated by the auditive stimulus, in this case the response to classical music and heavy metal is presented.

**Music, Electroencephalographic Signals, Wavelet Transform, Wiener Khinchine Theorem**

**Citación:** ESQUEDA-ELIZONDO, José Jaime, ROA-RICO, David Octavio, PINTO-RAMOS, Marco Antonio y REYES-MARTÍNEZ, Roberto Alejandro. Determinación de actividad electroencefalográfica en personas escuchando música mediante transformada wavelet y análisis espectral. Revista de Tecnología e Innovación.2017, 4-13: 49-59

\* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: jjesqueda@uabc.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.



## Introducción

La música es una señal dinámica, una mezcla de sonidos y silencios (Patrik,2001). Estos sonidos se clasifican en notas, ritmos, melodías, armonías y timbres. Los diferentes tipos de música se diferencian en función de la secuencia en que se emiten, dando lugar a una variedad de géneros y patrones que influyen en la actividad cerebral.

El estudio de los efectos de la música en el cerebro es un tópico de especial interés (Levitin, 2013) en el presente trabajo. La música tiene la cualidad de influir en las emociones (Patrik, 2008) o modificar el estado de ánimo, la forma en la que esta afecta la actividad cerebral de quien la escucha puede ser estudiada mediante diversos métodos para su registro y caracterización, en concreto los métodos especialmente relevantes para este trabajo son los relacionados con la adquisición de la actividad eléctrica mediante señales EEG, la transformada de Fourier, el teorema de Wiener-Khintchine y la transformada Wavelet Continua (Esqueda, 2016)

Un electroencefalograma (EEG), es una herramienta clínica no invasiva capaz de monitorear y registrar la actividad eléctrica producida en la corteza cerebral, usada para la adquisición y registro de señales (Bermúdez, 2013).

Una vez que se ha efectuado la adquisición del trazo electroencefalográfico es posible implementar técnicas para su procesamiento y análisis, en este caso, se implementó la transformada Wavelet Continua debido a las características no estacionarias del trazo, y su capacidad de descomposición multi-resolución que refleja sus coeficientes en el dominio del tiempo-frecuencia. (Medina, 2007)

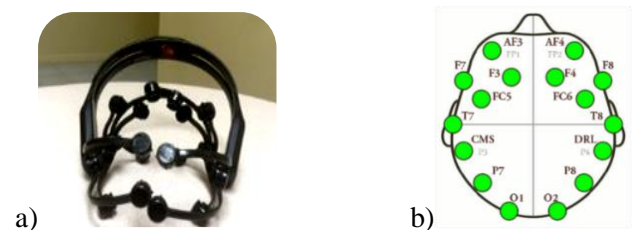
Para este análisis, también se ha requerido la aplicación de técnicas computacionales y por lo tanto la adquisición y manipulación discreta de la señal de EEG.

El objetivo de este estudio es analizar el efecto de la música en la actividad cerebral y determinar los momentos de mayor actividad eléctrica en la corteza cerebral mediante la Transformada de Wavelet Continua, la ventaja de este método ante el teorema de Wiener-Khintchine (Proakis,2001) es el hecho de poder detectar las variaciones de potencia con respecto al tiempo.

## Metodología

### Adquisición de las señales electroencefalográficas

En la figura 1a se muestra la diadema (headset) EPOC utilizada y en la figura 1b se presenta la distribución de los catorce electrodos (canales), más dos electrodos que se utilizan en (Stefanatos, 2008). Los electrodos se distribuyen en la parte occipital, parietal y frontal de la cabeza, su nomenclatura indica la región de la misma donde están ubicados: frontal (F), central (C), parietal (P), occipital (O), temporal (T) y fronto-parietal (FP). En la figura 1b se muestra la posición de los electrodos de la diadema EPOC y Duvinage (Matthieu, 2012) presenta la comparación con la distribución de los electrodos de un encefalógrafo tradicional de 64 electrodos (Kridsakron, 2012), (Matthieu, 2012), (Esqueda, 2015, 2017).



**Figura 1a)** Diadema (headset) EPOC Emotiv y **1b)** la distribución de los electrodos en la cabeza

Fuente: a) propia, b) emotiv.com

## Algoritmos empleados para el análisis de señales EEG

Las muestras obtenidas en cada prueba se procesan en Matlab, primero mediante una metodología basada en el Teorema de Wiener Khintchine, el cual permite encontrar la Densidad Espectral de Potencia, es decir, cómo se distribuye la potencia de la señal EEG en función de la frecuencia para cada electrodo, como lo presenta (Esqueda, 2015, 2016).

De esta forma se puede determinar cuáles electrodos registraron mayor actividad eléctrica para así encontrar valores de potencias significativas que representen de manera general la energía presente en cada uno de los hemisferios cerebrales (izquierdo o derecho). Asimismo, se puede determinar qué banda de frecuencia fue la más activa en cada hemisferio, electrodo o región (figura 1b). Sin embargo, para este caso sólo se requiere conocer la potencia total, la cual se puede obtener también mediante la autocorrelación de la señal, ya que:

$$P_T = R_{xx}(0) \quad (1)$$

Posteriormente se utiliza la Transformada Wavelet Continua para el análisis tiempo-frecuencia de las señales obtenidas, realizando el muestreo en tiempo por eventos y por sujeto considerando como evento los momentos en que se registraron mayores potencias según el escalograma que resulta de la transformada de Wavelet implementada en Matlab. Obteniendo gráficamente los eventos de mayor actividad durante cada proceso correspondiente.

## Densidad Espectral de Potencia $S_{xx}(f)$

La Densidad Espectral de Potencia se calcula aplicando la de autocorrelación, señalada en la ecuación (Patrik, 2001) a la señal de entrada.

Primero, se calculó la autocorrelación numérica de las  $N$  muestras con  $N/4$  atrasos y de la muestra  $n/4 + 1$  hasta  $N-1$  se insertaron ceros para lograr una interpolación en el dominio de la frecuencia, esto para mejorar la estimación. A la secuencia generada con los ceros insertados se le calculó la Transformada Discreta de Fourier (TDF) y el resultado fue una nueva secuencia en el dominio de la Frecuencia, como lo presenta (Esqueda, 2015).

## Transformada Wavelet

La Transformada Wavelet Continua puede ser utilizada en las señales EEG para disminuir el ruido y así poder obtener una señal mucho más clara y precisa, además es una herramienta que permite observar la relación Tiempo-Frecuencia en una señal. Guevara (2014). La Transformada Wavelet es una herramienta que permite observar la relación Tiempo-Frecuencia en una señal. Con el análisis basado en Teorema de Wiener Khinchine se tiene el inconveniente de que sólo se puede conocer la potencia en todo el periodo de observación, por lo que no se puede saber si la potencia se distribuyó uniformemente en el periodo de observación o se presentó sólo en ciertos momentos. En este caso se obtuvo la Transformada Wavelet continua con la función `cwt` de Matlab y se trabajó con diez niveles de descomposición.

## Pruebas realizadas

En este estudio se trabajó con siete voluntarios entre 18 y 25 años de edad, identificados con la letra *S* seguida de un número del 1 al 7, a quienes se les pidió escuchar composiciones correspondientes a dos tipos de géneros (música clásica y heavy metal).

El experimento se llevó a cabo en un ambiente aislado de luz y sonido externo esto para evitar distracciones y estímulos visuales que pudieran introducir señales indeseadas en el trazo adquirido; mientras se reproducían las melodías, se registró el EEG del sujeto en cuestión. Ésta prueba se ejecuto mediante un dispositivo *Headset EPOC* que incluye un software capaz graficar de las señales encefalográficas, y permitió almacenar los datos para su posterior procesamiento en Matlab.

Una vez realizada la etapa de adquisición de datos, se aplicó el Teorema de Wiener Khintchine para determinar la densidad espectral de potencia del EEG y su transformada Wavelet continúa representada de forma gráfica en un escalograma con el que fue posible identificar los segmentos de tiempo en los que se observó mayor potencia; esta segmentación se realizó por inspección visual de forma manual.

En seguida, se calcula la potencia de los segmentos identificados y se comparó con respecto a la potencia total mostrando el porcentaje que representa cada evento. Finalmente, se recopiló la información, concentrándola en graficas y tablas representativas para la interpretación y análisis de datos.

## Resultados

### Obtención de potencias

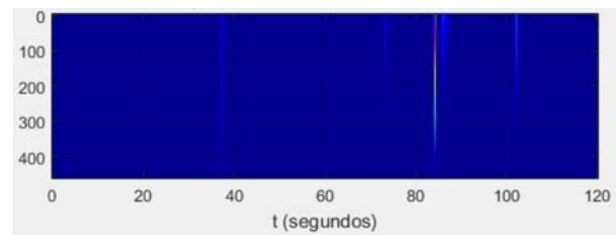
Los resultados obtenidos, una vez aplicado el Teorema de Wiener Khintchine y la transformada Wavelet, se muestran a continuación.

Clásica		Metal	
Canal	Potencia	Canal	Potencia
FC6	115.65	FC6	122
FC5	20.91	FC5	10.33
F8	64.21	F8	53.53
F7	8.19	F7	7.33
T8	47.05	T8	43.02
T7	1.71	T7	1.76

**Tabla 1** Canales con mayor actividad para S1, al escuchar “For Elise” y “Raining blood”

*Fuente: Elaboracion propia*

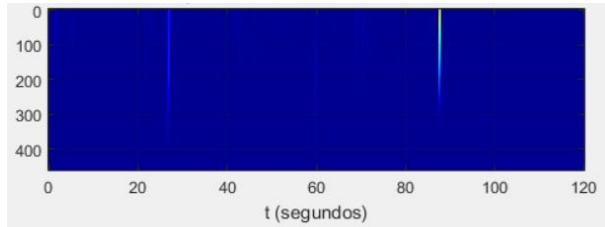
En la tabla 1 se muestran los seis electrodos con mayor potencia generada durante la reproducción de las canciones antes descritas para cada sujeto. Se puede observar que para esta prueba el electrodo ‘FC6’ es el que registró una mayor potencia en ambas canciones.



**Figura 2** Transformada Wavelet del electrodo FC6 canción “For Elise”, S1

*Fuente: Elaboracion Propia*

La figura 2 ilustra el análisis Wavelet del electrodo FC6 cuando S1 escuchaba música clásica, es posible identificar algunas líneas de distinto color sobre el fondo azul oscuro del escalograma. Al examinar con mayor detalle cada escalograma se pueden determinar los intervalos de tiempo en los que se producen eventos de mayor potencia basándonos en la observación de estos cambios de tono de cada ilustración. En este caso, se seleccionaron 3 eventos de mayor relevancia dentro de los intervalos a partir del segundo 73.12 al 73.55, del 84.05 al 84.41 y del 101.9 al 102.2.



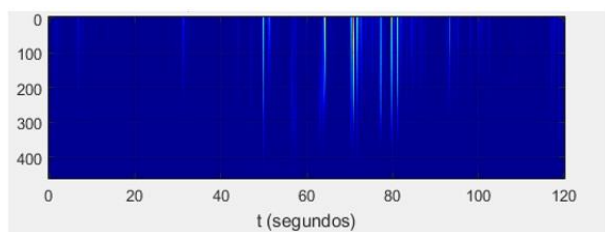
**Figura 3** Transformada Wavelet del electrodo FC6 canción “Raining Blood”, S1  
Fuente: Elaboracion propia

Por otra parte, la figura 3, presenta el análisis Wavelet del S1 escuchando la canción de heavy metal en el electrodo que registra una mayor potencia (FC6). En este caso, se seleccionaron 2 eventos de mayor relevancia dentro de los intervalos a partir del segundo 26.41 al 27.01 y del 86.96 al 87.48.

Clásica		Metal	
Canal	Potencia	Canal	Potencia
T8	242.62	T8	190.98
T7	86.33	T7	64.77
O1	153.65	AF3	151.20
O2	151.95	AF4	56.37
AF3	147.40	F3	126.27
AF4	134.22	F4	50.31

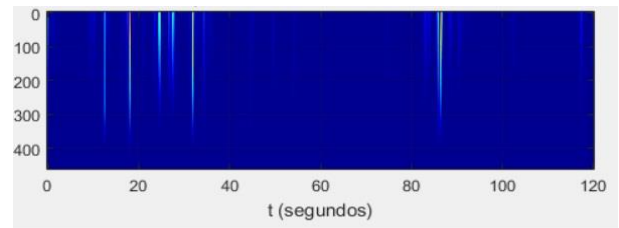
**Tabla 2** Canales con mayor actividad para S2, al escuchar “For Elise” y “Raining blood”  
Fuente: Elaboracion propia

La tabla 2 muestra los eletrodos que registraron las mayores potencias para S2, quien presenta una potencia mayor en el electrodo T8 en ambas canciones.



**Figura 4** Transformada Wavelet del electrodo T8 canción “For Elise”, S2  
Fuente: Elaboracion propia

La figura 4 ilustra el análisis Wavelet del electrodo T8 cuando S2 escuchaba música clásica. Los intervalos de tiempo en los que se producen eventos de mayor potencia son a partir del segundo 63.93 al 64.49, del 70.63 al 71.1 y del 80.95 al 81.35.



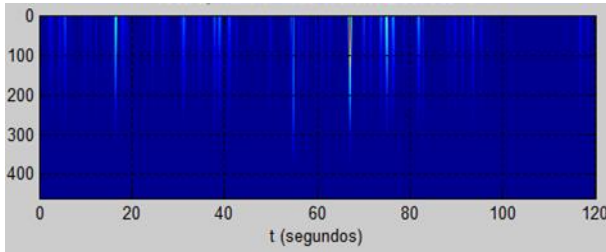
**Figura 5** Transformada Wavelet del electrodo T8 canción “Raining Blood”, S2  
Fuente: Elaboracion Propia

La figura 5 ilustra el análisis Wavelet del electrodo T8 cuando el sujeto S2 escuchaba música metal. Los intervalos de tiempo en los que se producen eventos de mayor potencia son a partir del segundo 17.81 al 18.51, del 31.73 al 32.33 y del 86.2 al 86.83.

Clásica		Metal	
Canal	Potencia	Canal	Potencia
AF4	98.82	AF4	84.36
AF3	13.61	AF3	3.25
F8	69.98	F8	65.51
F7	2.52	F7	1.76
O2	69.78	O2	60.78
O1	31.14	O1	28.52

**Tabla 3** Canales con mayor actividad para S3, al escuchar “For Elise” y “Raining blood”  
Fuente: Elaboracion `propia

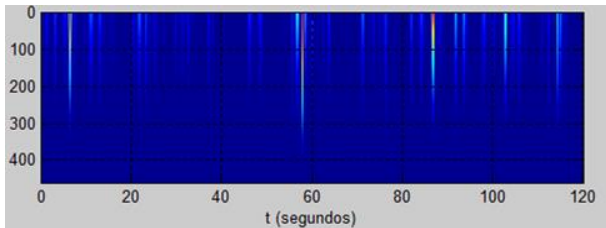
La tabla 3 muestra los eletrodos que registraron las mayores potencias para S3, quien presenta una potencia mayor en el electrodo AF4 en ambas canciones.



**Figura 6** Transformada Wavelet del electrodo AF4 canción “For Elise”, S3

Fuente: Elaboracion propia

La figura 6 ilustra el análisis Wavelet del electrodo AF4 cuando S3 escuchaba música clásica. Los intervalos de tiempo en los que se producen eventos de mayor potencia son a partir del segundo 66.79 al 67.41 y del 74.64 al 75.3.



**Figura 7** Transformada Wavelet del electrodo AF4 canción “Raining Blood”, S3

Fuente: Elaboracion propia

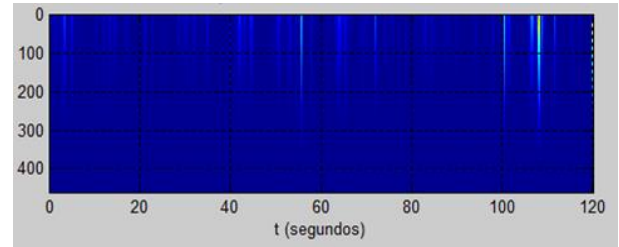
La figura 7 ilustra el análisis Wavelet del electrodo AF4 para S3 mientras escuchaba música metal. Los intervalos de tiempo en los que se producen eventos de mayor potencia son a partir del segundo 37.55 al 38.17, del 93 al 93.88 y del 116.6 al 117.2.

Clásica		Metal	
Canal	Potencia	Canal	Potencia
T8	76.20	F8	69.02
T7	1.71	F7	3.34
F8	64.11	T8	53.95
F7	2.52	T7	1.96
P8	19.21	FC5	46.81
P7	1.38	FC6	9.85

**Tabla 4** Canales con mayor actividad para S4 al escuchar “For Elise” y “Raining blood”

Fuente: Elaboracion propia

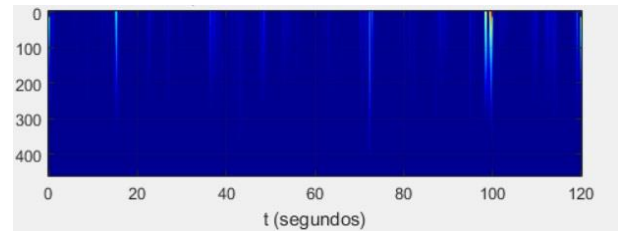
La tabla 4 muestra los electrodos que registraron las mayores potencias para S4, quien presenta una potencia mayor en los electrodos T8 y F8.



**Figura 8** Transformada Wavelet del electrodo T8 canción “For Elise”, S4

Fuente: Elaboracion propia

La figura 8 ilustra el análisis Wavelet del electrodo T8 para S4 escuchaba música clásica. Los intervalos de tiempo en los que se producen eventos de mayor potencia son a partir del segundo 71.75 al 72.34 y del 82.73 al 83.35.



**Figura 9** Transformada Wavelet del electrodo F8 canción “Raining Blood”, S4

Fuente: Elaboracion propia

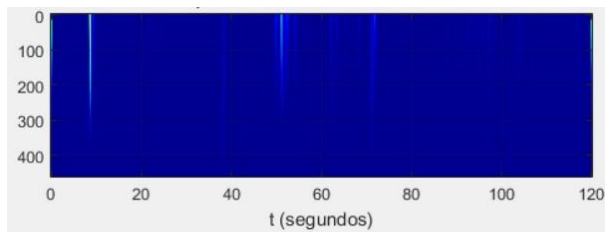
La figura 9 ilustra el análisis Wavelet del electrodo F8 cuando el sujeto S4 escuchaba música metal. Los intervalos de tiempo en los que se producen eventos de mayor potencia son a partir del segundo 98.16 al 98.8 y del 99.13 al 100.1.

Clásica		Metal	
Canal	Potencia	Canal	Potencia
F8	70.12	F8	73.65
F7	19.95	F7	1.01
O1	53.11	T8	29.43
O2	14.30	T7	0.85
T8	31.31	P8	22.72
T7	9.04	P7	1.40

**Tabla 5** Canales con mayor actividad para S5, al escuchar “For Elise” y “Raining blood”

Fuente: Propia

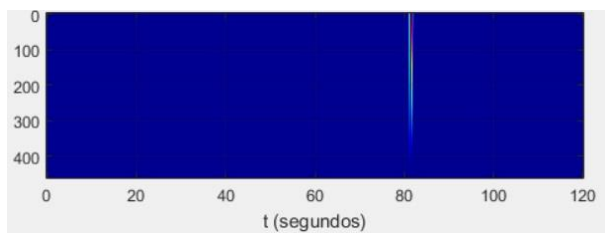
La tabla muestra los electrodos que registraron las mayores potencias por S5, quien presenta una potencia mayor en el electrodo F8 para ambas canciones.



**Figura 10** Transformada Wavelet del electrodo F8 canción “For Elise”, S5

Fuente: Elaboracion propia

La figura 10 ilustra el análisis Wavelet del electrodo F8 cuando S5 escuchaba música clásica. Los intervalos de tiempo en los que se producen eventos de mayor potencia son a partir del segundo 49.72 al 50.37 y del 51.76 al 52.77.



**Figura 11** Transformada Wavelet del electrodo F8, canción “Raining Blood”, S5

Fuente: Elaboracion propia

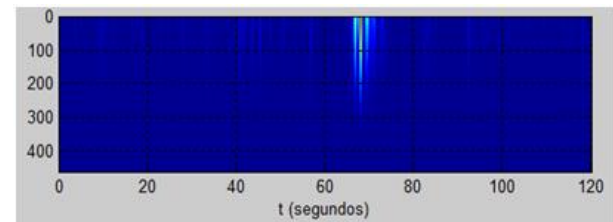
La figura 11 ilustra el análisis Wavelet del electrodo F8 cuando S5 escuchaba música metal. Los intervalos de tiempo en los que se producen eventos de mayor potencia son a partir del segundo 81.04 al 81.25 y del 81.53 al 81.96.

Clásica		Metal	
Canal	Potencia	Canal	Potencia
O1	93.45	F8	63.22
O2	13.61	F7	10.27
T8	39.68	O1	43.76
T7	19.37	O2	13.003
F3	23.58	T8	32.89
F4	20.65	T7	6.5

**Tabla 6** Canales con mayor actividad para S6, al escuchar “For Elise” y “Raining blood”

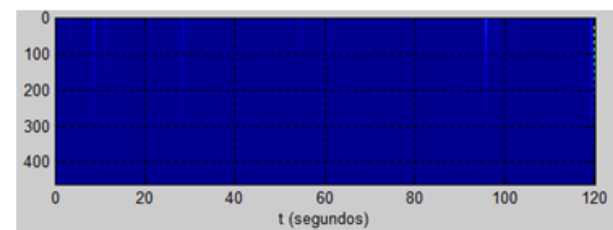
Fuente: Propia

La tabla 6 muestra los resultados de las potencias mayores registradas por los electrodos del sujeto S6 quien presenta una potencia mayor en el electrodo O1 al escuchar música clásica mientras que al escuchar metal se presentó una mayor potencia en el electrodo F8.



**Figura 12** Transformada Wavelet del electrodo O1 canción “For Elise”, S6

Fuente: Elaboracion propia



**Figura 13** Transformada Wavelet del electrodo F8 canción “Raining Blood”, S6

Fuente: Elaboracion propia

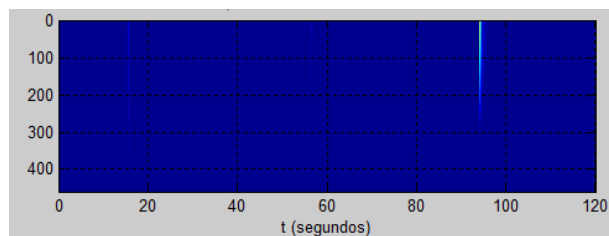
Los escalogramas correspondientes se presentan en las figuras 12 y 13. Se observa que, mientras que S6 escuchó música clásica, el electrodo O1 presento, además de una mayor potencia durante todo el experimento, actividad en los intervalos que van de 66.4 a 68.4 segundos y de 69 a 70.02 segundos.

Al escuchar la canción de metal, S6 nuevamente tuvo una mayor actividad en el electrodo F8 y se presentan cuatro eventos de mayor actividad donde los mayores están en el intervalo de 8.5 a 8.9 segundos y de 95.73 a 95.98 segundos.

Clásica		Metal	
Canal	Potencia	Canal	Potencia
F8	67.95	F8	61.62
F7	4.39	F7	5.83
T8	37.87	T8	29.14
T7	0.62	T7	0.68
F4	25.17	F4	22.34
F3	11.79	F3	13.15

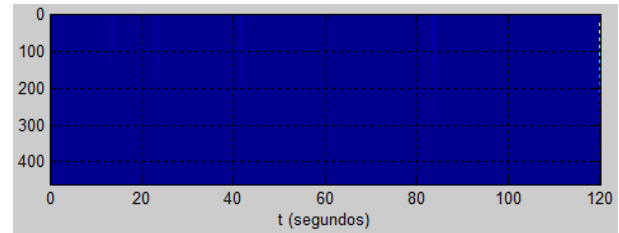
**Tabla 7** Canales con mayor actividad para S7, al escuchar “For Elise” y “Raining blood”  
Fuente: *Elaboracion propia*

La tabla 7 muestra los eventos de mayor potencia para S7. Durante la música clásica el canal F8 es el que presenta alto potencial a diferencia del canal T7 que presenta un bajo potencial. Algo similar ocurre durante la música de metal en la cual el canal que registra mayor potencial es F8 y el que registra menos potencial es T7.



**Figura 14** Transformada Wavelet del electrodo F8 canción “For Elise”, S7  
Fuente: *Elaboracion propia*

En la figura 14 para el electrodo F8 se observa un pico significativo durante el intervalo 94.07 94.42.



**Figura 15** Transformada Wavelet del electrodo F8. canción “Raining Blood”, S7  
Fuente: *Elaboracion propia*

La figura 15 para el electrodo F8 muestra que la señal se mantuvo aparentemente constante, es decir, no tuvo picos significativos

**Análisis gráfico para búsqueda de coincidencias entre eventos**  
**Prueba 1 Música Clásica - For Elise – Beethoven**

“For Elise”, es probablemente una de las melodías más conocidas en el mundo, sus primeras notas son rápidamente reconocidas por la mayoría de la gente.

Los sujetos escucharon la reproducción de esta pieza musical mientras se les realizó la prueba EEG. En la figura 16, mostrada a más adelante, se presentan, para cada sujeto, los momentos en que iniciaron los eventos de mayor potencia registrados en todos los canales. Los momentos están representados por un círculo con el color correspondiente a cada electrodo (canal), mostrados en la leyenda al inferior de la gráfica.

De la figura 16, los puntos de aglomeración de los círculos representan los eventos que coincidieron en la gran mayoría de canales para ese sujeto.

Se observan para un mismo sujeto varios eventos coincidentes entre sus canales y, para visualizar cuáles eventos coinciden entre los sujetos, se realizó el análisis visual que aparece en la figura 16 apoyados en líneas verticales que fueron recorridas a lo ancho del gráfico para buscar una coincidencia entre la ocurrencia de los eventos y los diferentes sujetos. Al hacer el corrimiento, marcamos las líneas en donde existieron intersecciones entre dos o más sujetos, además se registró en la tabla 8 los tiempos en el que ocurrieron estas intersecciones, líneas en azul para las intersecciones con dos sujetos, y líneas en rojo para intersecciones con tres o superior.

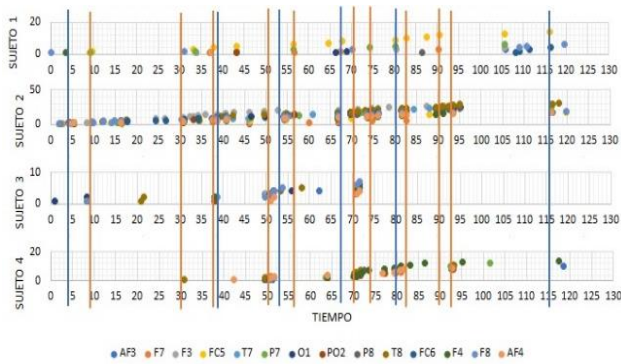


Figura 16 Análisis gráfico para detección de eventos coincidentes entre sujetos

Fuente: Elaboracion propia

2 sujetos		3+ sujetos			
4	67	9	50	74	93
39	80	31	56	82	
53	116	38	70	90	

Tabla 8 Tiempos en segundos con mayor coincidencia de eventos entre sujetos

Fuente: Elaboracion propia

Una vez obtenidos estos tiempos, se procedió a tratar de asociarlos a algún patrón o comportamiento escuchado en la melodía, para realizar lo anterior, el equipo de investigación se dedicó a escuchar la canción completa Für Elise y prestó especial atención a los tiempos registrados en la tabla X.

**Prueba 2: Música Heavy Metal - Raining Blood – Slayer**

“Raining Blood” es una canción de Slayer, una banda americana de Heavy Metal. Esta música de baja vibración caracterizada por su velocidad e intensidad, manipula frecuencias altas y bajas que provoca un estrés y un grado de excitación muy alto para los sentidos. Los sujetos escucharon la reproducción de esta pieza musical mientras se les realizó la prueba EEG.

A continuación, se presenta el análisis realizado para la determinación de los momentos más importantes de las muestras y su relación con la reproducción de la canción, el análisis es exactamente igual que en el caso de “For Elise”, por ello se omiten las explicaciones y, se presentan solamente las figuras y la tabla realizadas.

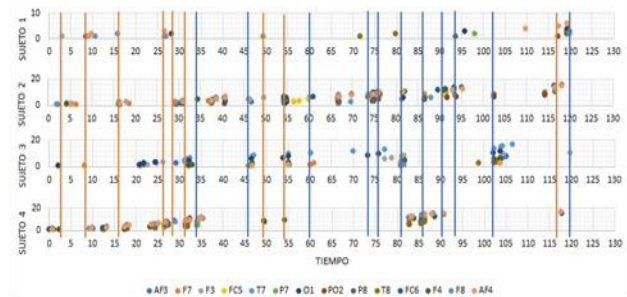


Figura 17 Análisis gráfico para detección de eventos coincidentes entre sujetos.

Fuente: propia

2 sujetos		3+ sujetos				
4	26	50	33	73	86	103
9	29	116	46	76	91	
16	35		60	81	94	

Tabla 9 Tiempos en segundos con mayor coincidencia de eventos entre sujetos

Fuente: Elaboracion propia



## Conclusiones

Como se mostró previamente, el uso de a Transformada Wavelet permite conocer el comportamiento en frecuencia a cada instante de la señal EEG, con lo cual se puede conocer cómo se distribuye la actividad eléctrica cerebral durante el experimento.

Se registró una reincidencia notable en los electrodos T8, F8, FC6 y AF4 (zonas temporales y prefrontales del hemisferio derecho), siendo estos los electrodos que registraron la mayor potencia total en la mayoría de las muestras analizadas.

También se observó que aunque el electrodo haya registrado mayores potencias, no necesariamente se registran picos significativos, lo que sugiere que la potencia se distribuyó uniformemente en dichos electrodos.

Referente a la música clásica (For Elise), se observó que la mayoría de los tiempos registrados coinciden con las partes de la melodía en la que se repetían los primeros cuatro compases. Como se mencionó anteriormente, corresponden a las notas que de manera general los sujetos reconocen de la canción. También se observó en algunos de los tiempos registrados coinciden con los momentos en que la pieza musical presentaba un cambio de ritmo.

Para la música heavy metal (Raining Blood), no se detectaron momentos de coincidencia generalizados. Sin embargo, se sugiere una relación en el 66% de las muestras en donde presentaron una mayor actividad eléctrica cerebral, principalmente en los instantes donde se hace presente la melodía de la guitarra distintiva de esta canción.

## Agradecimientos

Se agradece la Universidad Autónoma por el apoyo para el desarrollo de este trabajo. Asimismo, se agradece la importante participación de los alumnos: Erik Omar González Ramírez y Sara Jessica Brito Calvo. Asimismo, se agradece la participación de los alumnos del Programa de Verano Científico Delfín: María Jesús Cárdenas Cávez (Instituto Tecnológico Superior de Cajeme), Brian David Espinosa Dorado (Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez), Anhaid Hernandez Barragan (Instituto Politécnico Nacional), Sarai López Quezada (Instituto Politécnico Nacional), Mónica Montes Gaspar (Instituto Politécnico Nacional), Julio Gabriel Ramos Fierro (Instituto Politécnico Nacional) y del Dr. José Ismael de la Rosa Vargas (Universidad Autónoma de Zacatecas), cuya participación fue definitiva e imprescindible para la elaboración de este artículo.

## Referencias

- Bermúdez, A. N. (2013). Técnicas de procesamiento de EEG para detección de eventos. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA.
- Chanda M. L. y Levitin D. J. (2013). The neurochemistry of music. Trends Cogn Sci. Vol. 17.
- Chávez, V., Torres, D., Herrera, J., & Hernández, A. (2016). Adquisición y análisis de señales encefalográficas utilizando el dispositivo Emotiv EPOC. (ECOFAN, Ed.) Revista de Tecnología e Innovación.
- Cortés O., J. A., Medina A., F. A. y Chaves O., J. A. (2007). "Del análisis de Fourier a las Wavelets, análisis de Fourier". Universidad Tecnológica de Pereira. Vol. 1.

Duvinage, M., Castermans, T., Dutoit, T., Petieau, M., Hoellinger, T., De-Saedeleer, C., Seetharaman, K. y Cheron, g. (2012). "AP300-Based quantitative comparison between the Emotiv EPOC headset and a medical EEG device," in Proc. Biomedical Engineering, track 764-071.

Esqueda, J. J., Jimenez Beristain, L., Reyes Martinez, R. A., Camacho Parales, A., Mena Quevedo, E. y Roque Sandoval, J. A. (2014). "Metodología para el análisis de señales encefalográficas en actividad lúdicas". *Congreso Internacional de Investigación*.

Esqueda, J. J., Bermúdez, E. E., Jiménez, L., Rojo, Y., Mungía, P. E., y Zaragoza, J. M. (2015) "Análisis de señales electroencefalográficas en un niño con autismo realizando diferentes actividades de aprendizaje", Congreso Internacional en Ingeniería Electrónica. Mem. Electro.

Kridsakron, Y., Seth, P. y Pasin Irasena, N. A. (2012) "Brian Signal Detection Methodology for Attention Training using minimal EEG channels". tenth International Conference on ICT and Knowledge Engineering.

Luna Guevara, G. (2014). Reduccion de ruido en señales de electroencefalograma: una aplicación para mejorar las imágenes de mapeo cerebral. *Electronic Journal of Biomedicine*.

Morales, L. N., Ríos, J. A., Hernández, J., & Martínez, P. (2016). Manipulación de un brazo robótico mediante señales electroencefalográficas. (ECOFRAN, Ed.) *Revista de Tecnología e Innovación*, pp.89-98.

Morales, L. N., Ríos, J. A., Hernández, J., & Martínez, P. (2016). Actividad encefalográfica cuantitativa y sueño en estudiantes de medicina Campus Durango de la UJED. (ECOFRAN, Ed.) *Revista de Ciencias de la Salud*, pp.1-10.

Patrik, J. N. y Sloboda, J. A. (2001). "Music and emotion: Theory and research". Oxford University Press.

Patrik, J. N. y Västfjäll, D. (2008). "Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms". *Behavioral and brain sciences*, Vol. 31.

Stefanatos, G. A. (2008). «Regression in acutistic spectrum disorders». *Neuropsychol* Vol 18.

## Diseño e implementación de un sistema para detección y conteo de Brocas de Café mediante un sistema de visión por computadora

SÁNCHEZ-MEDEL, Luis Humberto\*†, MIRÓN-CHACÓN, María José, AVENDAÑO-CORTES, Isaías, GONZALEZ-SOBAL, Juan Manuel

*Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Huatusco*

Recibido Junio 15, 2017; Aceptado Noviembre 21, 2017

### Resumen

La broca es considerada como el principal insecto plaga en todos los países productores de café por su alta capacidad de reproducción, debido a que merma la producción efectiva al perforar los granos de café y alimentarse del interior del fruto del café. En México existen diversas trampas para el insecto, algunas llamadas artesanales y otras comerciales sin embargo la efectividad de las trampas depende de la densidad en el área a tratar y el análisis de los datos. El conteo de las brocas atrapadas es esencial para el reposicionamiento de las trampas las cuales que pueden cubrir un diámetro de 20 metros alrededor de la misma. Sin embargo el conteo se realiza de forma manual mediante pinzas separando a las brocas de la trampa. Una sola trampa puede contener al menos 200 brocas, lo cual hace que el conteo sea lento y susceptible a errores. El sistema de visión por computadora implementado es un agente inteligente que busca en la imagen tomada de la trampa aquellas formas geométricas candidatas a ser brocas desechando aquellos insectos, tierra y hojas que pueden provocar falsos positivos en condiciones de luz compleja además agiliza el proceso de conteo de los insectos.

**Brocas, Visión por computadora, agente inteligente**

### Abstract

The borer is considered the main pest insect in all countries coffee producers due its high reproductive capacity, because it reduces effective production by drilling the coffee beans and feeding from the interior of the coffee fruit. In Mexico there are several traps for the insect, some artisanal and other commercial calls, however, the effectiveness of the traps depends on the density in the area to be treated and the analysis of the data. The counting of the trapped borers is essential for the repositioning of the traps which can cover a diameter of 20 meters around it. However, the counting is done manually by tweezers separating the borers from the trap. A single trap can contain at least 200 drills, which makes counting slow and error prone. The computer vision system implemented is an intelligent agent that searches in the image taken from the trap those candidate geometric shapes to be borers discarding other insects, dirt and leaves that can provoke false positives in complex light conditions also streamlines the counting process Of insects.

**Borer, Computer Vision, Intelligent Agent**

**Citación:** SÁNCHEZ-MEDEL, Luis Humberto, MIRÓN-CHACÓN, María José, AVENDAÑO-CORTES, Isaías, GONZALEZ-SOBAL, Juan Manuel. Diseño e implementación de un sistema para detección y conteo de Brocas de Café mediante un sistema de visión por computadora. Revista de Tecnología e Innovación.2017, 4-13: 60-67

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El cultivo de café para la región de Huatusco, significa fuente de ingresos tanto para los productores como para los jornaleros que participan en la cosecha del fruto. Por la derrama económica que genera en la recolección del grano, se le considera un cultivo socio-productivo muy importante, ya que coadyuva en la estabilización social de la población dependiente que aporta la mano de obra no calificada, debido a las condiciones particulares donde se desarrolla este cultivo.

La broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari), es la plaga más importante en plantaciones comerciales de café en prácticamente todos los países productores del mundo. La apariencia física se muestra en la Figura 1, siendo su tamaño real de apenas unos milímetros. Todas las variedades y especies comerciales de café son atacadas por este insecto y su ataque reduce el rendimiento y merma la calidad del grano.



**Figura 1** Insecto plaga broca del café

Una de las actividades de mayor impacto en el sector cafetalero, en los últimos 10 años ha sido el trapeo, el cual consiste en colocar trampas artesanales con atrayente, y tiene como finalidad la de capturar la mayor cantidad de insectos hembras durante el periodo en que no hay frutos susceptibles de ser atacados (periodo inter-cosecha).



**Figura 2** Trampa para broca del café

El endosulfan es una sustancia plaguicida que se ubica en un contenedor plástico ubicado cada 500 metros como se muestra en la figura 2, el cual es auxiliado por una sustancia atrayente.

Sin embargo la broca de café ha encontrado ser resistente a estos químicos con el paso del tiempo, ya que la mayor parte de su vida transcurre en el interior del fruto del café donde los productos químicos que funcionan por contacto no tienen posibilidades de llegar por lo que la plaga se fue paulatinamente hacia otras entidades cafetaleras del país como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3** Broca alimentándose desde el interior del café

Investigadores del colegio de posgraduados del estado de Veracruz han determinado que esta trampa es la que mayor número de brocas puede capturar. El principal problema a que se enfrentan es el realizar el conteo de organismos capturados en la trampa, ya que dicho proceso lo realizan de forma manual.

Personal supervisor, toman de las trampas instaladas en los cafetos las placas con adhesivo y las trasladan a sus oficinas donde realizan el conteo de cada uno de los organismos atrapados de forma manual, llegándose a tardar en promedio de 2 a 3 horas por cada tableta.

## Metodología

La determinación del número de brocas de café es realizado mediante un sistema de visión por computadora implementado en LabVIEW. El sistema cuenta con las siguientes fases:

- Adquisición de imagen mediante webcam
- Extracción del plano de color
- Umbralización de la imagen
- Operaciones morfológicas
- Detección de círculos
- 



**Figura 4** Imagen de trampa adherente para broca de café

## Adquisición de la imagen

La adquisición de la imagen es realizada mediante una cámara web a 12 Mega Píxeles, a 20 centímetros del objeto en fondo no complejo con alto contraste como se muestra en la Figura 4.

Se implementó una etapa de pre-procesamiento del color para obtener la imagen en RGB normalizada, la cual mejora la calidad del color, sin alterar su tono para su distinción; aunque el sistema tiene un ambiente controlado, se empleó este algoritmo para que en avances futuros pudieran realizarse pruebas cambios de iluminación como es el caso de la luz solar. Se emplearon el conjunto de ecuaciones 1, 2 Y 3.

$$R=R/(R+G+B) \quad (1)$$

$$G=G/(R+G+B) \quad (2)$$

$$B=B/(R+G+B) \quad (3)$$

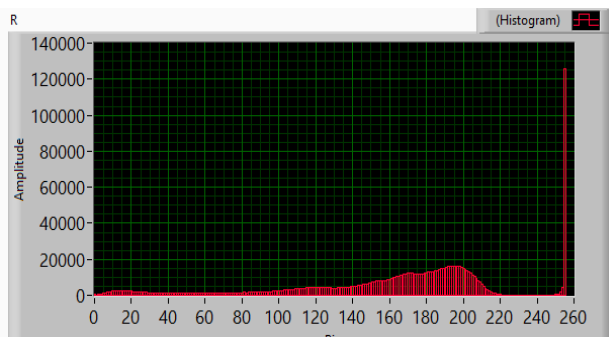


Figura 5 Histograma R

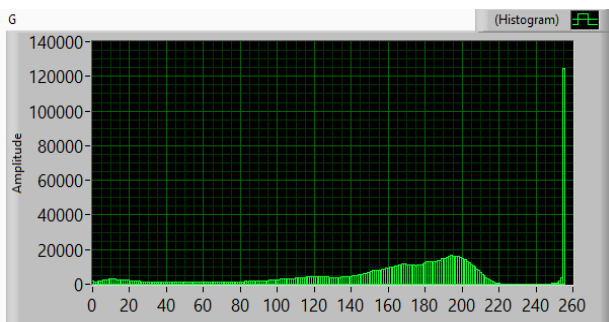


Figura 6 Histograma R

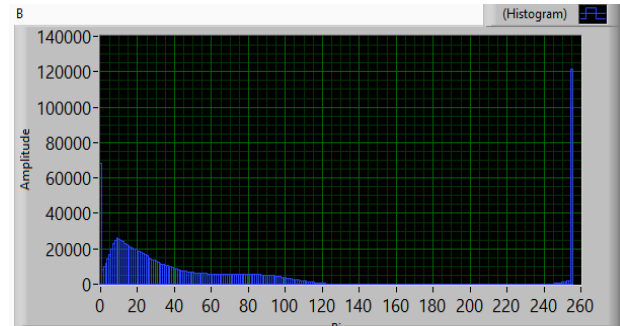


Figura 7 Histograma R

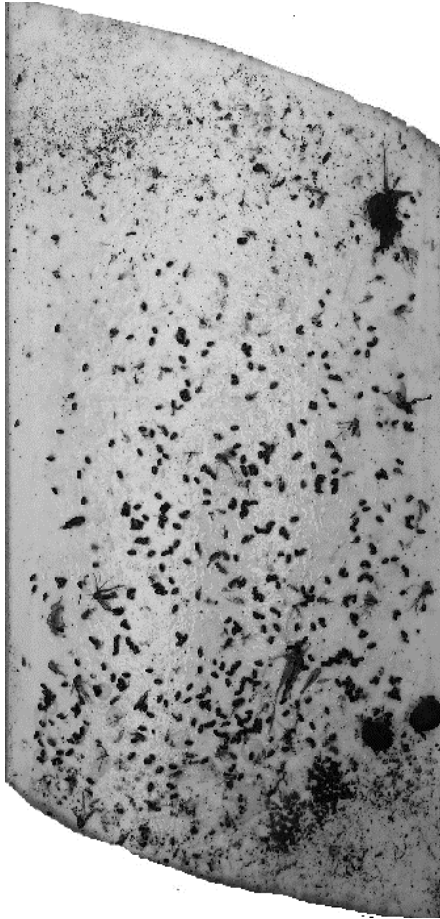
## Análisis de la imagen

La imagen se analiza mediante un histograma con objeto de conocer los niveles de colores incidentes, debido a que las trampas de café son de colores sólidos (amarillo o naranja) facilitan el proceso de detección de las brocas de café. La combinación de la información obtenida de los histogramas de las figuras 5 (rojo) y 6 (verde) indican que la imagen contiene un color amarillo en casi toda el área; no obstante el histograma de la figura 7 (azul) indica que hay zonas oscuras con baja incidencia.

Al conjuntar la información de los 3 histogramas se observa que los elementos que conforman el fondo de la imagen y los objetos de interés están separados, por lo que existe un alto contraste.

## Plano de color

La selección del plano de color debe de facilitar la umbralización de la imagen por lo que es deseable que la imagen contenga un alto contraste entre aquellas características deseables y aquellas que se deben de ignorar. El plano rojo y verde al ser similares cumplen con dicha características, la figura 8 muestra el resultado del criterio de selección.



**Figura 8.** Plano de color Verde

### Umbralización

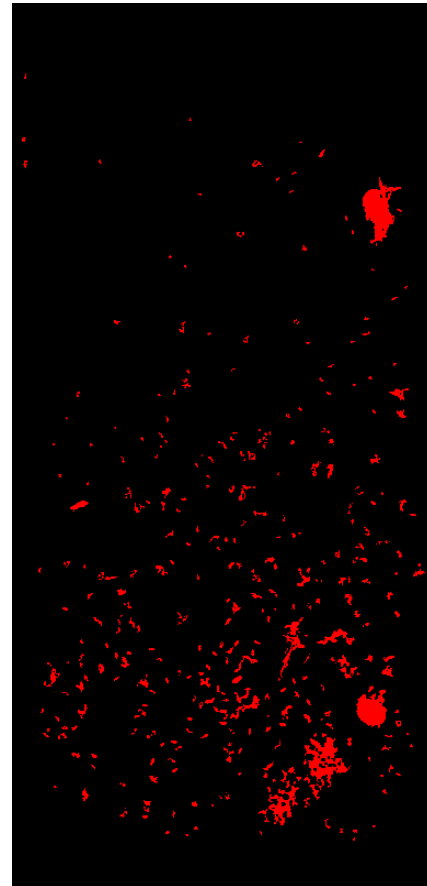
La información provista por el histograma R y B permite ubicar la Umbralización con la intensidad de pixeles entre 80 y 100, debido a que en esta región se observa una disminución media entre ambas incidencias de color, el resultado de esta etapa se muestra en la figura 9.

### Operaciones morfológicas

Las operaciones morfológicas binarias extraen y alteran las estructuras de las partículas en una imagen binarizada, mediante estas operaciones es posible mejorar la imagen removiendo áreas de pixeles que no contienen información importante.

Una imagen binarizada es aquella que contiene regiones de partículas de pixeles cuyo valor es 1(rojo) ó 0 (negro) y es obtenida a partir de un proceso de umbralización.

Debido a que el resultado del proceso de umbralización puede contener información indeseada como ruido de partículas, partículas que tocan el marco de la imagen, partículas que se tocan entre sí o partículas solitarias, se procesa la imagen mediante filtros morfológicos para mejorar el análisis de partículas.



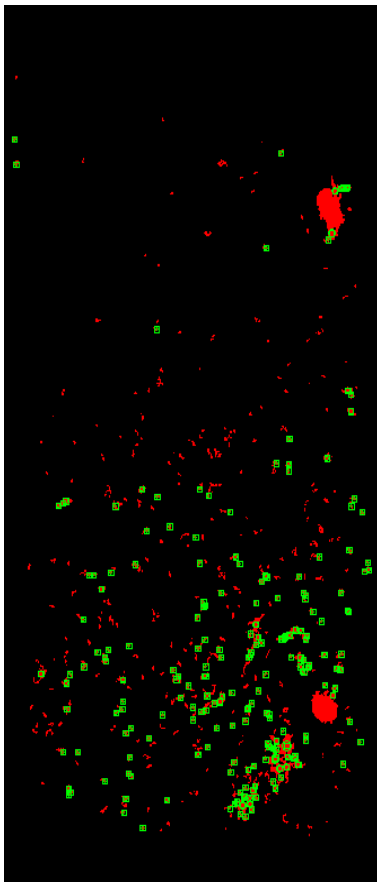
**Figura 9** Umbralización de la imagen

La figura 9 muestra en áreas color rojo los objetos candidatos a ser detectados, sin embargo al comparar con la Figura 4 se aprecia que existe otra variedad de insectos más grandes.

La sustancia atrayente y adherente también atrapan a otros insectos lo cual podría crear falsos positivos. Las operaciones morfológicas contribuyen a disminuir estos falsos positivos al procesar la imagen y eliminar aquellos objetos grandes o que se hayan pegados al borde de la imagen, pues son zonas en donde no se detectan brocas de café, como muestra la imagen 11.

### Detección de círculos

Se analizó en la imagen el tamaño de la broca, la cual tiene un área de 4 píxeles a 5 píxeles, directamente proporcionales a la distancia de captura de la imagen por ello la distancia de adquisición es fija. El resultado de la detección se muestra en la figura 10.



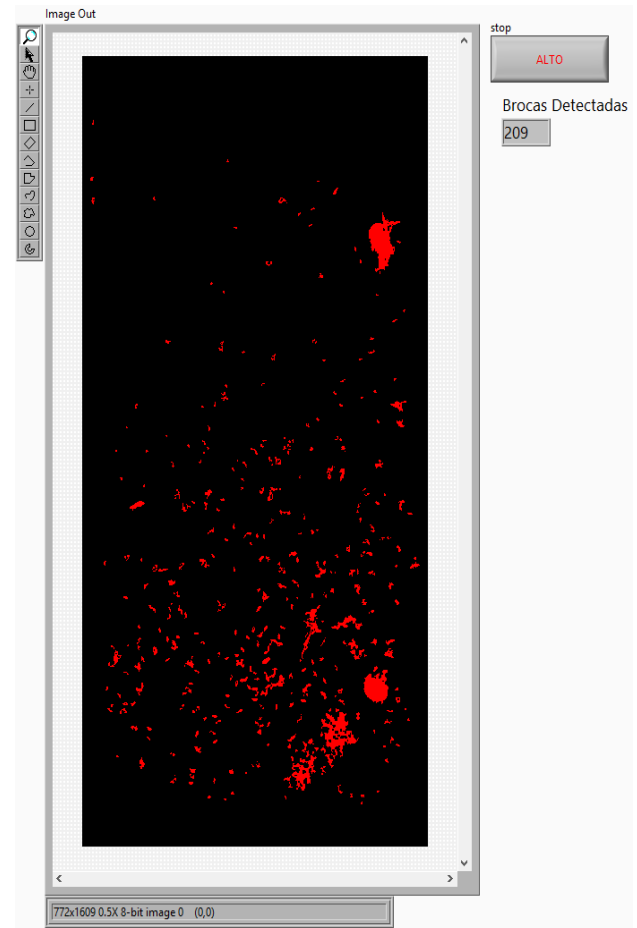
**Figura 10.** Brocas detectadas

### Resultados

La interface al usuario es mostrada en la figura 11, la cual determina la cantidad de brocas en una trampa de plaga para café. Se realizaron pruebas en diversas trampas y se obtuvo la siguiente relación como se muestra en la tabla 1.

Trampa	Brocas contadas	Brocas detectadas	Error
1	308	294	4.55%
2	212	209	1.42%
3	157	154	1.91%
4	223	215	3.59%
5	187	192	2.67%
6	135	143	5.93%

**Tabla 1** Relación brocas contadas y brocas detectadas



**Figura 11** Resultado de la detección de brocas del café



## Agradecimiento

El presente trabajo de investigación fue desarrollado con el apoyo del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, en el departamento de ingeniería en sistemas computacionales con el cuerpo de investigación Sistemas de información para administrar procesos bajo la LGCA Domótica y Robótica

## Conclusión

El proceso de detección de brocas de café es importante para poder reubicar las trampas y así aumentar su efectividad, sin embargo el conteo prueba ser tedioso y propenso a generar errores gruesos. El sistema de visión por computadora propuesto puede determinar la cantidad de brocas en trampas, sin embargo esta limitado a las condiciones de luz y ubicación de la cámara. Se propone el uso de un stand para homogenizar la toma de imágenes, de esta forma será posible disminuir el porcentaje de error.

## Referencias

Acacio, G., & Gil, J. (2013). EFECTO DEL COLOR DE TRAMPA EN LA CAPTURA DE LA BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei* Ferr.) EN TRES LOCALIDADES DE TINGO MARÍA. *Revista Investigación y Amazonía*, 2(1, 2), 27-34.

Beyerer, J. et al, “*Machine Vision*”, 1ra edición, Editorial Springer, 2016.

Beyerer, Jürgen et al, “*Machine vision: automated visual inspection, theory, practice and applications*”, Editorial Springer, 2017.

Burgos-Solorio, A., López-Martínez, V., & Tejada, I. A. (2015). COLEOPTERA: Primer registro de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en Morelos, México. *Dugesiana*, 15(2).

Bustillo, P., Cárdenas, A. E., Villalba, R., Benavides, D. A., Orozco, P., & J Posada, F. J. (1998). *Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia* (No. 633.7351 M274). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Chinchiná (Colombia) Centro Nacional de Investigaciones de Café Pedro Uribe Mejía, Chinchiná (Colombia).

Caicedo, D. R., Cure, J. R., & Cantor, F. (2016). Empleo de Trampas con Atrayente para el Control de la Broca Del Cafe (*Hypothenemus hampei* Ferrari Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): Diseños, Criterios de Uso en Campo y Efectividad. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 5(1-2), 12-21.

Cuevas, E., Wario, F., Osuna, V., Zaldivar, D., & Perez, M. (2014). Fast algorithm for Multiple-Circle detection on images using Learning Automata. *arXiv preprint arXiv:1405.5531*.

Guharay, F., Monterrey, J., Monterroso, D., & Staver, C. (2000). Manejo integrado de plagas en el cultivo del café. *Manual técnico*, (44).

*International Conference on Information Sciences, Machinery, Materials and Energy* (pp. 2028-2031).

Peters James F., “*Foundations of machine vision*”, Editorial Springer, 2017

Quispe-Condori, R., Loza-Murguía, M., Marza-Mamani, F., Gutiérrez, R., Riquelme, C., Aliaga, F., & Fernández, C. (2015). Trampas artesanales con atrayentes alcohólicos en el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) en la Colonia Bolinda, Caranavi. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 3(1), 2-14.

Sponagel, K. W. (1994). La broca del café *Hypothenemus hampei* en plantaciones de café robusta en la Amazonía Ecuatoriana. *Wissenschaftlicher, Fachverlag, Giessen, Germany*.

Wu, M., Song, Z., Li, B., Li, F., Li, B., & Shen, C. (2015). A Method to Detect Circle based on Hough Transform. In *Proceedings of the First*

Yadav, V. K., Trivedi, M. C., Rajput, S. S., & Batham, S. (2016). Approach to Accurate Circle Detection: Multithreaded Implementation of Modified Circular Hough Transform. In *Proceedings of International Conference on ICT for Sustainable Development* (pp. 25-34). Springer Singapore.

---

## 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)

#### Keyword

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

---

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

---

---

† Investigador contribuyendo como primer autor.

# Instrucciones para Autores

## Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del artículo

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

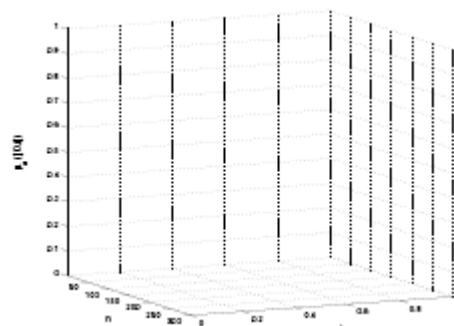
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

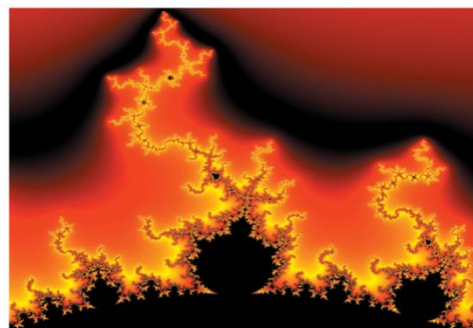
En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

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



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

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.



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

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.


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

No 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 Título secuencial.

## Instrucciones para Autores

---

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

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

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

### **Metodología a desarrollar**

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

### **Resultados**

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

### **Anexos**

Tablas y fuentes adecuadas.

### **Agradecimiento**

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

### **Conclusiones**

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

### **Referencias**

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

### **Ficha Técnica**

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencia

**Formato de Originalidad**



Sucre, Chuquisaca \_\_\_\_ 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 \_\_\_\_ 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 Tecnología e Innovación

## **“Benchmarking de manteniendo industrial”**

CASTILLO-FLORES, Angela Liliana, ESTRADA-CASTILLO, Francisco Javier, PÉREZ-OLVERA, Karina y RÍOS-RUBIO, Víctor Manuel  
*Universidad Tecnológica de Altamira.*

## **“Prototipo de dispositivo de alerta “Ay Tá”**

ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol, RAFAEL-PÉREZ, Eva, MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela, BENÍTEZ-QUECHA, Claribel y SÁNCHEZ-MÉNDEZ, José Eduardo  
*Instituto Tecnológico de Oaxaca*

## **“Modelo de comunicación para automatización del sistema de acondicionamiento de aire y refrigeración de edificios de escuelas públicas y privadas”**

ESPEJEL-BLANCO, Daniel Fernando, CHÁVEZ, José Manuel, HOYO-MONTAÑO -José Antonio y HERNÁNDEZ-AGUIRRE, Fredy Alberto  
*Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo*

## **“Metodología de desarrollo de software para videojuegos con tecnología Google Cast®”**

QUIJANO-ABAN, Víctor Manuel, CEH-VARELA, Edgar Eduardo, CHABLE-MUKUL, Rodrigo  
*Universidad Tecnológica Metropolitana*

## **“Método acelerado de la técnica de mallas para la solución de circuitos eléctricos en corriente directa”**

AMEZCUA-CASTREJÓN, Román & ROMO-GONZÁLEZ, Ana Eugenia  
*Universidad Tecnológica de Jalisco*

## **“Determinación de actividad electroencefalográfica en personas escuchando música mediante transformada wavelet y análisis espectral”**

ESQUEDA-ELIZONDO, José Jaime, ROA-RICO, David Octavio, PINTO-RAMOS, Marco Antonio y REYES-MARTÍNEZ, Roberto Alejandro  
*Universidad Autónoma de Baja California*

## **“Diseño e implementación de un sistema para detección y conteo de Brocas de Café mediante un sistema de visión por computadora”**

SÁNCHEZ-MEDEL, Luis Humberto, MIRÓN-CHACÓN, María José, AVENDAÑO-CORTES, Isaías, GONZALEZ-SOBAL, Juan Manuel  
*Instituto Tecnológico Superior de Huatusco*

