

REVISTA

# TECNOLOGICA

N° 12 / ENERO - DICIEMBRE 2019. PUBLICACIÓN ANUAL.



ISSN 2070-0458

ISSN 2072-568X

**PROCESO DE FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE MOLDES  
PARA INYECCIÓN DE PLÁSTICO UTILIZANDO HERRAMIENTAS  
DE DISEÑO Y MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA DETECCIÓN  
TEMPRANA Y ANUNCIO DE RIESGOS DE INUNDACIONES**

**DIVERSIFICACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS A BASE DE  
CÁSCARAS DE VEGETALES PARA USO COMO MATERIA PRIMA  
EN PREPARACIÓN DE ALIMENTOS**

**TECNOLOGÍA mHEALTH PARA LA INNOVACIÓN DE LOS SERVICIOS  
DE CLÍNICAS EMPRESARIALES: MODELO DE APLICACIÓN EN EL  
MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES**

**PLATAFORMA IoT PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE  
VARIABLES FÍSICAS CON TECNOLOGÍA OPEN HARDWARE**



**ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA - FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América.

[www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)



**REVISTA TECNOLÓGICA**  
**No. 12. Enero – Diciembre 2019**

MEd. Licda. Elsy Escolar Santo Domingo  
**Rectora**

Ing. Carlos Alberto Arriola  
**Vicerrector Académico**

Inga. Frineé Violeta Castillo  
**Vicerrectora Técnica Administrativa**

Ing. Mario W. Montes Arias  
**Director de Investigación y Proyección Social**  
**Coordinador Editorial**

**Equipo Editorial Afiliación ITCA-FEPADE**

Lic. Ernesto Israel Girón

Ing. Mario W. Montes

Ing. Jorge Agustín Alfaro

Licda. María Rosa de Benítez

Licda. Vilma Cornejo de Ayala

Ing. David Emmanuel Ágreda

Licda. María Auxiliadora Yanme de Heymans  
**Diagramación**

Téc. Krissia Edith Jacobo Orellana  
**Traducción**

607.3

R485

Revista Tecnológica

No. 12, Enero – Diciembre 2019. Escuela Especializada en Ingeniería  
ITCA-FEPADE. - Santa Tecla, El Salvador: ITCA Editores, 2019.

72p.:il.; 28 cm.

Anual

ISSN Impreso: 2070-0458

ISSN Digital: 2072-568X

1. Tecnologías de información. 2. Desarrollo científico y tecnológico.

3. Patrimonio cultural – El Salvador.

4. Innovaciones tecnológicas, Internet de las Cosas.

5. Publicaciones seriadas

Publicación Anual

Tiraje: 100 ejemplares

Revista Indizada en LATINDEX



La Revista Tecnológica es una publicación anual de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. La Revista publica artículos técnicos, académicos y de proyectos de investigación, asociados con las temáticas de las carreras técnicas e ingenierías que se imparten, tales como mecatrónica, gastronomía, arquitectura, química, eléctrica, computación, electrónica, logística, acuicultura y otros temas de interés relacionados con el quehacer institucional. Esta Revista ha sido concebida para difundirla con la comunidad académica, instituciones de educación superior y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. Los artículos que se publican cumplen criterios de originalidad, pertinencia y novedad. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores.



Atribución - No comercial  
Compartir igual  
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

**Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE**

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Correo electrónico: [revistatecnologica@itca.edu.sv](mailto:revistatecnologica@itca.edu.sv)

Sitio Web: [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

PBX: (503)2132-7423

Apartado Postal N° 133, Santa Tecla.





# IDENTIDAD INSTITUCIONAL

## VISIÓN

*Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.*

## MISIÓN

*Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial, tanto como trabajadores y como empresarios.*

## VALORES

**EXCELENCIA:** Nuestro diario quehacer está fundamentado en hacer bien las cosas desde la primera vez.

**INTEGRIDAD:** Actuamos congruentemente con los principios de la verdad en todas las acciones que realizamos.

**ESPIRITUALIDAD:** Desarrollamos todas nuestras actividades en la filosofía de servicio, alegría, compromiso, confianza y respeto mutuo.

**COOPERACIÓN:** Actuamos basados en el buen trabajo en equipo, la buena disposición a ayudar a todas las personas.

**COMUNICACIÓN:** Respetamos las diferentes ideologías y opiniones, manteniendo y propiciando un acercamiento con todo el personal.

# ÍNDICE

## 01 Proceso de fabricación y reparación de moldes para inyección de plástico utilizando herramientas de diseño y manufactura asistida por computadora

Ing. Keops Andrés Castro Castaneda

Pág. 6

## 02 Desarrollo de un sistema integral para la detección temprana y anuncio de riesgos de inundaciones

Téc. Fermín Osorio Gómez

Pág. 10

## 03 Diversificación de productos alimenticios a base de cáscara de vegetales para uso como materia prima en la preparación de alimentos

MCP. Inga. Alma Verónica García  
Lic. Salomé Danilo Ventura Santos  
Lic. José Roberto Mendoza Hernández

Pág. 14

## 04 Tecnología mHealth para la innovación de los servicios de clínicas empresariales: modelo de aplicación en el Ministerio de Relaciones Exteriores

Ing. Elvis Moisés Martínez Pérez  
Ing. Héctor Edmundo González Magaña  
Ing. Carlos Edgardo López Grande

Pág. 22

## 05 Plataforma IoT para el control y monitoreo de variables físicas con tecnología open hardware

Ing. Carlos Levi Cartagena Lobos  
Ing. Ricardo Edgardo Quintanilla Padilla

Pág. 29

## 06 Aplicación de realidad aumentada para promover el e-turismo del patrimonio cultural arquitectónico del Centro Histórico de Santa Ana

Lic. Miguel Ángel Velásquez Castillo  
MEd. Ing. Henry Magari Vanegas Rodríguez

Pág. 36

## 07 Innovación de banco probador de transmisiones automáticas del automóvil liviano

Téc. Francisco Ernesto Cortez Reinosa  
Téc. Kelmin Roberto Molina Salvador

Pág. 40

## 08 Estudio de factibilidad para fabricación de bloques de plástico reciclado por fundición

Arq. Eva Margarita Pineda Luna  
Ing. Gilmar Andrés Ramírez Azahar

Pág. 45

## 09 Diseño experimental de vehículo autónomo utilizando redes neuronales

Ing. Morris William Díaz Saravia

Pág. 52

## 10 Implementación de las tecnologías web como herramienta de apoyo para la disminución de la violencia de género en El Salvador

MBA. Ing. Edgardo Antonio Claros Quintanilla

Pág. 58

## 11 Aplicación de plataforma logística para el abastecimiento de repuestos en la industria aeronáutica

Ing. Joaquín Mauricio García  
Inga. Ana Cecilia Álvarez de Ventura

Pág. 62

## 12 El cambio tecnológico y los procesos de formación educativa

MCE. Lic. Francisco Sorto Rivas

Pág. 66

## Instrucciones a los Autores

Pág. 68

## Presentación

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, en el marco de su quincuagésimo aniversario de fundación como Instituto Tecnológico Centroamericano ITCA, celebra ser una Institución de Educación Superior de renombre y excelencia académica, dedicada a formar profesionales, técnicos integrales y competentes en áreas tecnológicas y desde el año 2008 a formar ingenieros especializados.

Las Autoridades Institucionales, la Dirección de Investigación y Proyección Social y el Equipo Editorial ITCA-Editores, se complacen en presentar la Revista Tecnológica No. 12, Año 2019, una publicación anual impresa y digital que se ha constituido en una herramienta eficaz para documentar, preservar y difundir los resultados de la investigación en Ciencia, Tecnología e Innovación y la producción intelectual de los docentes investigadores de la institución. Ha sido concebida para compartir el conocimiento, la experiencia y el quehacer tecnológico con la comunidad académica, estudiantes, el sector productivo y la sociedad en general. En este número se presentan artículos asociados con la Industria 4.0 y específicamente el uso del Internet de las Cosas IoT; se describe una aplicación para el monitoreo y el control de variables físicas utilizando una plataforma Open Hardware; así como una aplicación del IoT para el desarrollo de un sistema integral para la detección temprana y anuncios de riesgo de inundaciones. Se presenta un interesante proyecto desarrollado por tres Instituciones de Educación Superior, relacionado con el proceso de fabricación y reparación de moldes para inyección de plástico, utilizando herramientas de diseño y manufactura asistido por computadora.

En el área de desarrollo de software, se presentan varios artículos de proyectos ejecutados en asocio estratégico; uno hace referencia al uso de la tecnología m-Health para la innovación de servicios en clínicas médicas empresariales; otro presenta la implementación de una plataforma con tecnología web, como herramienta de apoyo y asistencia para la disminución de la violencia de género; y se muestra además un artículo sobre el diseño de una aplicación Android, que utiliza la Realidad Aumentada para promover el e-Turismo del patrimonio cultural arquitectónico del Centro Histórico de la Ciudad de Santa Ana.

Se incluye un proyecto multidisciplinario en las áreas de química y alimentos, en el cual se explora la diversificación de productos alimenticios, utilizando cáscaras de vegetales procesadas como materia prima para la preparación de alimentos.

En el área de arquitectura se presenta un artículo asociado al estudio de factibilidad técnica y ensayos de calidad bajo norma, realizados al plástico reciclado para ser utilizado en la fabricación de bloques para paredes de viviendas. En el área de electrónica se describe el diseño experimental de un vehículo autónomo utilizando redes neuronales; éste es controlado a través de sensores infrarrojos, ultrasónicos y LIDAR.

Se presenta un interesante artículo de opinión, que expone la necesidad de adaptar la labor educativa para responder al nuevo entorno digital, el cual está saturado de información que facilita el aprendizaje de “forma superficial”. Éste es una valiosa colaboración del Msc. Lic. Francisco Sorto Rivas, docente investigador de ISEADE-FEPADE y especialista en docencia universitaria.

En el área automotriz se describe la innovación tecnológica aplicada a un banco probador de transmisiones automáticas del automóvil liviano, el cual posee una patente de modelo de utilidad a título de ITCA-FEPADE. En el área de logística se presenta un artículo que describe una plataforma, diseñada para el abastecimiento de repuestos a nivel centroamericano para una empresa de la industria aeronáutica.

En esta celebración histórica del 50° aniversario de fundación de ITCA-FEPADE, el Equipo Editorial agradece el respaldo de las autoridades, así como el esfuerzo y el valioso aporte de los docentes investigadores de la Sede Central y sus cuatro centros regionales, cuyos interesantes artículos para esta edición especial de la Revista Tecnológica son muestra del progreso institucional en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación.

**ITCA-FEPADE, FORMANDO GENERACIONES, HACIENDO HISTORIA.**

**ITCA-EDITORES**

# PROCESO DE FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE MOLDES PARA INYECCIÓN DE PLÁSTICO UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE DISEÑO Y MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA

**Keops Andrés Castro Castaneda**

*Ingeniero Industrial y Técnico en Ingeniería Mecánica. Docente Investigador Escuela de Educación Dual. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla. Email: keops.castro@itca.edu.sv*

Recibido: 24/04/2019 - Aceptado: 11/07/2019

## Resumen

En el siguiente artículo se describe una metodología para la utilización de herramientas digitales en el diseño y fabricación de moldes de inyección de plásticos, siendo el principal objetivo del proyecto de investigación, ser una referencia para las empresas del sector del plástico, interesadas en mejorar y optimizar sus procesos productivos. Se busca fortalecer el sector, brindando un insumo que ayude a reducir los costos de los procesos de fabricación y reparación y, como consecuencia, la empresa se vuelva más eficiente en sus procesos productivos, utilizando nuevas tecnologías desarrolladas en el país. Para el proceso de diseño, fabricación y reparación de moldes para inyección de plástico, se utilizó una metodología de investigación cuantitativa/deductiva para el análisis y recolección de datos. El artículo muestra los resultados obtenidos para diseñar y fabricar un molde utilizando los programas de software CAD Computer Aided Design (Diseño Asistido por Computadora), el proceso de fabricación del mismo utilizando un software CAM Computer Aided Manufacture (Manufactura Asistida por Computadora) y además las pruebas de funcionalidad por medio de un software CAE Computer Aided Engineering (Ingeniería Asistida por Computadora). El molde fue utilizado y validado por una empresa del sector del plástico.

## Palabras clave

CAD, CAM, CAE, manufacturas con ayuda de computador, diseño con ayuda de computador, moldeo de plásticos por inyección.

## PROCESS OF MANUFACTURING AND REPAIRING OF MOLDS FOR PLASTIC INJECTION USING DESIGN TOOLS AND COMPUTER-AIDED MANUFACTURING

## Abstract

The following article describes a methodology for the use of digital tools in the design and manufacturing of molds for plastic injection, being the main objective of the research project, to be a reference for the companies in the plastic industry interested in improving and optimizing their production processes. It seeks to strengthen the sector, providing an input that helps to reduce the costs of manufacturing and repair processes, and as a result, the company becomes more efficient in its production processes, using new technologies developed in the country. For the process of design, manufacture and repair of the molds for plastic injection, a quantitative / deductive research methodology was used for the analysis and data collection. This article shows the results obtained for design and manufacture of the molds using the software CAD (Computer Aided Design), thus the manufacturing process using CAM (Computer-Aided Manufacturing), and CAE (Computer-Aided Engineering) for the functionality test. The mold was used and validated by a company of the plastic industry.

## Keyword

CAD, CAM, CAE, computer-aided manufacturing, computer-aided design, plastic injection molding.

## Introducción

En el contexto nacional, las empresas de plásticos generan una gran cantidad de empleos directos e indirectos, son una importante fuente de ingresos al país, ya que sus exportaciones representan un 7% del total a nivel nacional, solamente en 2018 se logró un valor de \$34.68 MM en exportaciones del sector [1].

Por la importancia que representa la industria de los plásticos en El Salvador, la agencia USAID (United States Agency for International Development) a través de RTI (Research Triangle Institute), en el marco del proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, financió el proyecto denominado “Fabricación de Moldes de Inyección de Plásticos por medio de CAD, CAM, CAE: Análisis de la Variables Asociadas a la Reparación y Fabricación de Moldes de Inyección de Plástico”, este proyecto fue ejecutado en el Clúster de Manufactura Liviana, del cual participaron la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA, la Universidad Don Bosco y la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Estas tres Instituciones de Educación Superior desarrollaron la metodología para diseñar, fabricar y reparar moldes para inyección de plástico, obteniendo resultados completamente funcionales. Se contó con la participación de la empresa IBERPLASTIC, la cual fue un socio estratégico que brindó todas las facilidades para validar el molde y que el proyecto se culminara con éxito.

El proyecto de investigación se destacó por ser un proyecto multidisciplinario, desarrollado en conjunto entre el sector académico y el empresarial.

## Desarrollo

Este artículo muestra las diferentes etapas de ejecución del proyecto:

**Primera etapa.** Consistió en recopilar información sobre los procesos de transformación de los plásticos, para conocer el estado de esta industria. Se diseñó una entrevista dirigida a gerentes de producción y empresarios del sector plásticos, la cual tuvo por objetivo conocer las estrategias, métodos, procesos y normas que se siguen en el procesamiento de este producto. Se identificaron las principales dificultades con las que se encuentran en sus cadenas productivas. Se contó con mucha apertura por parte de las empresas de este sector.

Una vez recabada la información necesaria por medio de las visitas y entrevistas, se procedió a clasificar y seleccionar los datos más relevantes para los propósitos de la investigación.

**Segunda etapa.** Se diseñó una serie de experimentos orientados a la simulación de procesos de reparación de moldes, enfocados principalmente en soldadura; en esa misma línea, se realizaron análisis de laboratorio sobre diferentes tipos de materiales. Se diseñaron probetas para ensayo de soldadura (fig.1), con placas de material P-20, el cual es un acero especializado para fabricación de moldes. Estas placas fueron fabricadas cumpliendo requerimientos de medidas y diseños, con la finalidad de observar la variabilidad de los resultados según la geometría de las piezas. Posteriormente las placas fueron soldadas aplicando una serie de variables en cada una, para observar los resultados de la soldadura, utilizando diferentes rangos de amperaje, material de aporte y polaridad.

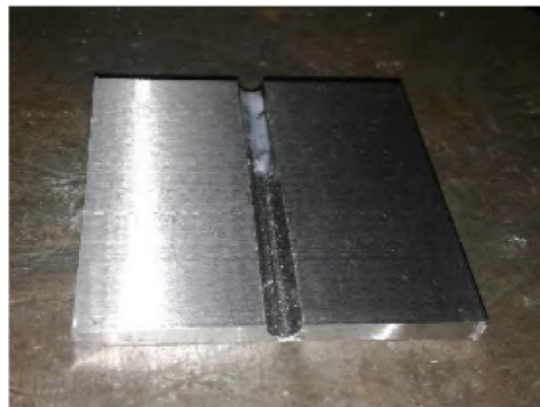


Figura 1. Probeta para ensayos de soldadura

Una vez soldadas las probetas, se procedió a darles tratamiento térmico; se utilizaron diferentes temperaturas y tiempos de tratamiento, con el objetivo de considerar múltiples variables de proceso. Posteriormente se realizaron pruebas de dureza en las probetas para determinar cuál de todos los métodos de soldadura y tratamiento térmico daba como resultado mejores propiedades (Fig. 2). Además, se realizaron pruebas de ultrasonografía y dureza para determinar la calidad de la soldadura y como ésta había afectado al material en su estructura interna.

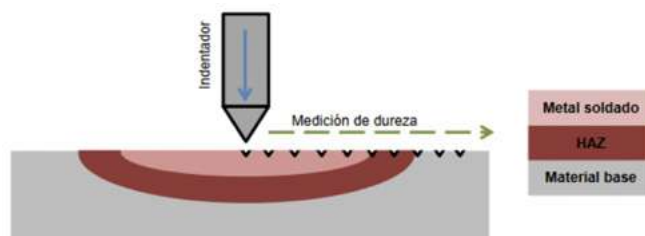


Figura 2. Esquema de prueba de dureza en la soldadura.

**Tercera etapa.** Esta consistió en el diseño del molde de inyección, la cual requirió mayor participación de la empresa privada para validar la viabilidad de la propuesta y evaluar objetivamente el diseño planteado.

En la etapa de diseño del molde, fue necesario definir requerimientos de tamaño, variables de proceso y todas las características y particularidades que esto implica. La empresa IBERPLASTIC mostró mayor interés en el asocio estratégico.

Las Instituciones de Educación Superior y un comité de la empresa, acordaron trabajar el diseño del molde para fabricar el prototipo. Una vez obtenido el archivo digital del prototipo, se procedió al diseño del molde utilizando el software especializado Inventor de Autodesk. Se contó además con el apoyo de un experto que asesoró el proceso de diseño.

Como resultado se desarrollaron ocho diferentes diseños de moldes durante esta etapa, siendo la versión 8.2 la que finalmente fue validada y aprobada por el comité de la empresa.



Figura 4. Mecanizado de placas de pines expulsores en el taller de ITCA.

**Quinta etapa.** Esta etapa estuvo a cargo del personal de la empresa IBERPLASTIC y consistió en el montaje y puesta en marcha del molde para inyección. Los resultados fueron exitosos.

## Resultados

El resultado principal que las empresas tendrán a su disposición, es el proceso industrial desarrollado para diseñar los moldes introduciendo herramientas de ingeniería. Lo cual ayudará a reducir, o en el mejor de los casos, eliminar los errores de diseño que los moldes puedan tener.

El proceso industrial tiene como objetivo guiar a los fabricantes en el desarrollo del diseño de un molde, de tal manera que tengan una base de conocimiento que les permita optimizar sus tiempos y minimizar los errores en diseño. La metodología básicamente puede resumirse en 3 etapas que se detallan a continuación:

1. **Diseño CAD.** Utilizando el software de diseño mecánico de Autodesk, Inventor, se desarrolló el molde de la pieza. Este software incorpora una serie de herramientas que permiten tomar un sólido digital y a partir de él diseñar un molde en su totalidad. Cuenta con una gran variedad de librerías digitales que permiten incorporar elementos pre fabricados, tales como: tornillos, barras guías, tuberías, conectores, etc. Así mismo, permite introducir automáticamente, canales de inyección, canales de enfriamiento y otras características propias.
2. **Análisis CAE.** Una vez terminado el diseño, se continúa con la parte del análisis con herramientas CAE, las cuales permiten verificar si el diseño realizado es factible; brinda la posibilidad de detectar errores tales como, piezas que interfieren entre sí, libertad de movimiento de todos los elementos, enfriamiento adecuado de todas las partes, inyección adecuada del material plástico y defectos en el modelo final. Si en esta etapa surgiera algún tipo de

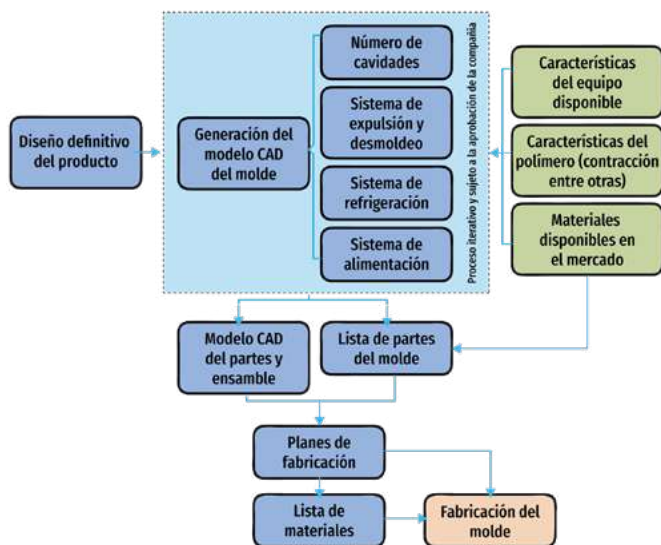


Figura 3. Proceso de diseño del molde, todas las etapas concluyen en la fabricación.

**Cuarta etapa.** La fabricación del molde. Esta etapa se realizó con éxito y quedó bajo la responsabilidad de la Escuela de Educación Dual de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, por contar con el Centro de Alta Tecnología en CNC, el cual tiene en sus instalaciones máquinas CNC industriales que permiten procesar todo tipo de piezas mecánicas en cualquier material, además de contar con personal altamente calificado en el área de diseño y fabricación metalmecánico.



error, entonces hay que regresar al modelo CAD y corregir; este es un proceso iterativo que permite optimizar el diseño y evita pasar a la etapa de fabricación con errores.

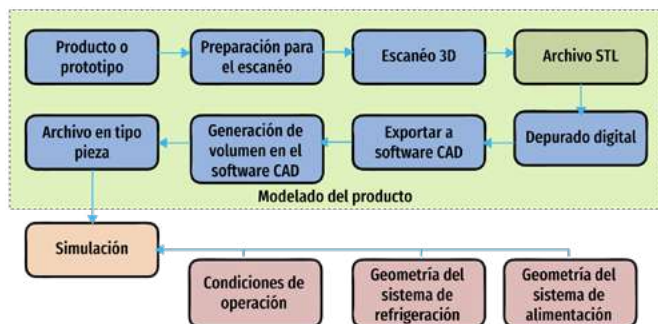


Figura 5. Proceso de análisis de modelo digital.

El software Inventor tiene incorporadas herramientas CAE que permiten realizar este análisis, sin embargo, en este proyecto se utilizó el software especializado, Moldflow, también de Autodesk, que está dirigido específicamente al análisis de moldes de inyección, este es un software más completo que cuenta con más herramientas de análisis y da información más amplia y detallada sobre los resultados del diseño.

3. **Proceso CAM.** Una vez terminado el análisis CAE y optimizado el diseño, se procede a la fabricación con herramienta CAM. Para esta etapa se utilizó el software Power Mill, también de Autodesk. Es un poderoso software que permite diseñar estrategias de mecanizado, optimizando los tiempos de fabricación por medio de la selección de herramientas y velocidades de corte adecuadas; además, permite la simulación de los mecanizados de forma digital, de tal manera que pueden visualizarse con antelación posibles defectos de fabricación y colisiones asociados a la máquina y al montaje de las piezas en la misma. Esto permite minimizar costos en cuanto a herramientas, montajes, tiempos y procesos.

La introducción de estas herramientas de software es fundamental para la profesionalización de los procesos, así se descarta el modelo de prueba y error que se utilizaba hasta ahora, ya que los softwar permiten revisar el diseño e identificar y corregir los errores antes del proceso industrial de fabricación.

## Conclusiones

1. El proceso industrial utilizando las herramientas CAD CAM CAE, fue utilizado para el diseño y fabricación de un molde completamente funcional, y su posterior montaje en la máquina de manera exitosa.

2. Con el resultado de este proyecto se demostró la capacidad tecnológica de las Instituciones de Educación Superior de pasar de la teoría a la práctica, diseñando y fabricando partes de máquinas complejas con estándares de calidad internacionales y que satisfagan los requerimientos de las empresas.
3. El sector de la industria del plástico se verá fortalecido, ya que tendrá a su disposición el proceso industrial para desarrollar el diseño, fabricar y reparar localmente los moldes utilizando herramientas de ingeniería.
4. Se logró definir el proceso industrial más adecuado para la reparación local de moldes dañados, ya sea por el uso mismo o por un mal manejo, incurriendo en ahorros y evitando inconvenientes al mandarlos a fabricar nuevamente en el extranjero.

El éxito del proyecto fue posible por el trabajo colaborativo entre las Instituciones de Educación Superior participantes UCA, UDB e ITCA-FEPADE y la empresa industrial involucrada IBERPLASTIC, así como el apoyo financiero de USAID en el marco del proyecto de Educación Superior para el Desarrollo Económico administrado por RTI.



Figura 6. Molde de inyección montado en la máquina y produciendo.



Figura 7. Máquina inyectora con el molde montado en su interior.

## Referencias

- [1] El Salvador. Dirección General de Aduanas. Unidad de Planificación y Gestión de la Calidad, "Estadísticas de comercio Exterior 2013-2018, enero" [En línea]. Disponible en: <http://www.transparenciafiscal.gob.sv/downloads/pdf/700-DGA-IF-2018-10193.pdf> [Accedido: 20-Mar-2019]

# DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA Y ANUNCIO DE RIESGOS DE INUNDACIONES

**Osorio Gómez Fermín**

*Técnico en Ingeniería Eléctrica. Docente Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional San Miguel. Email: fg.osorio@itca.edu.sv*

Recibido: 14/05/2019 - Aceptado: 11/06/2019

## Resumen

En este artículo se presenta una investigación aplicada multidisciplinaria ejecutada por las Escuelas de Ingeniería en Computación, Eléctrica y Civil de ITCA-FEPADE Centro Regional San Miguel. Se indagó sobre las tecnologías emergentes en el mercado tecnológico y se combinaron aquellas que juntas, a pesar de tener usos distintos de forma individual, permitieron el desarrollo de un sistema digital utilizado como herramienta para la detección y el anuncio oportuno de riesgo de inundaciones. Este sistema trabaja de forma independiente, tanto en la autogeneración de energía para su funcionamiento, como en la generación de datos y alertas para su operatividad. Es un sistema integral que permite a las entidades de Protección Civil y Alcaldía Municipal de San Miguel, detectar en tiempo real los riesgos de crecidas del río Grande de San Miguel. El sistema desarrollado y validado, se instaló en el río, convirtiéndose en una herramienta útil para la toma de decisiones. El proyecto llevó al equipo investigador a incursionar en diferentes tecnologías de control de nivel, sistemas de automatización, tecnologías de comunicación remota, tecnología satelital y energía renovable fotovoltaica. Como resultado de la investigación aplicada se creó un sistema integrado que cumple los objetivos planteados, ya que informa sobre la variación de los niveles del río en tiempo real durante las veinticuatro horas del día, sin la necesidad de exponer vidas humanas para acceder a la información; proporciona además mensajes de alertas tempranas a dispositivos móviles. Este sistema puede ser instalado con el mismo propósito en otros ríos.

## Palabras clave

Ingeniería hidráulica, innovaciones tecnológicas, control automático, prevención de daños por inundaciones, previsión tecnológica, energías renovables.

## DEVELOPMENT OF A COMPREHENSIVE SYSTEM FOR EARLY DETECTION AND ANNOUNCEMENT OF FLOOD RISKS

## Abstract

This article presents a multidisciplinary applied research executed by Escuela de Ingeniería en Computación, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica and Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura of ITCA-FEPADE San Miguel. We investigated about the emerging technologies in the technological market and those ones that, despite of having different individual uses, were combined; allowing the development of a digital system used as a tool for the detection and timely announcement of flood risk. This system works independently, both in the self-generation of energy for its operation, and in the generation of data and alerts for its operation. It is an integral system that allows the entities of Protección Civil and the City Hall of San Miguel to detect in real time the flood risks of Rio Grande de San Miguel. The developed and validated system was installed in the river, becoming a useful tool for decision making. The project led the research team to venture into different level control technologies, automation systems, remote communication technologies, satellite technology and renewable photovoltaic energy. As a result of applied research, an integrated system that meets the stated objectives was created, since because it reports about the variation of river levels in real time during the twenty-four hours of the day, without the need to expose human lives to access information. It also provides early warning messages to mobile devices. This system can be installed with the same purpose in other rivers.

## Keyword

Hydraulic engineering, technological innovations, automatic control, prevention of flood damage, technological foresight, renewable energies.

## Introducción

Pocos lugares sobre la faz de la tierra están exentos de riesgo de inundaciones. El cambio climático ha agravado esta situación, ante la cual El Salvador y su Zona Oriental se han visto vulnerables. El país ha tenido poca preparación para enfrentar con anticipación los problemas que generan las inundaciones. Los sistemas de alerta temprana comunitarios y estaciones telemétricas que se han estado utilizando, requieren de alguna actualización tecnológica y otros ponen en riesgo a los responsables de operarlos. El presente artículo contiene información concerniente al proyecto de investigación llevado a cabo por docentes con la colaboración de los estudiantes de las carreras técnicas de Ingeniería Eléctrica, Sistemas Informáticos y Civil del Centro Regional de San Miguel. El proyecto se enfocó en la búsqueda y el uso de tecnología para elaborar un sistema autónomo digital que permite monitorear en tiempo real el estado del nivel de agua del río Grande de San Miguel, ante los problemas históricos de inundaciones y falta de prevención oportuna.

El objetivo de la investigación fue crear un sistema autónomo alimentado con energía fotovoltaica, que envía información todos los días a una base de datos, registra todo evento extraordinario que se presente y, que al alcanzar el nivel del río los umbrales predeterminados como alertas o puntos de amenaza, emite información oportuna en el instante mismo a dispositivos móviles con acceso a datos telefónicos previamente establecidos, sin ser necesaria la intervención humana.

## Desarrollo

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE desarrolló este sistema digital que trabaja de forma autónoma, inteligente, automatizada y programada.

Como resultado de la investigación, se identificó en el mercado tecnológico diferentes dispositivos, entre ellos un sensor de nivel y una estación remota tipo CWT5111 GPRS RTU. Para la autonomía energética se optó por la solar fotovoltaica. La combinación de estas tecnologías permitió construir el sistema deseado.

En la búsqueda de sensores se descartaron aquellos no diseñados para soportar la intemperie, el paso de agua contaminada y químicos y las inclemencias de la naturaleza, tanto en invierno como verano. Se descartaron sensores de electro nivel para cisternas, sensores ultrasónicos y otros con comunicación Arduino, que no alcanzaron las exigencias en calidad y excelencia esperada en el sistema. Finalmente se

decidió utilizar un sensor GLT 500, el cual es un pequeño sensor de nivel de agua que tiene la estructura y aplicaciones especiales con alta precisión, estabilidad, resistencia a la abrasión, al aceite, al ácido y al álcali. Este dispositivo es fabricado en acero inoxidable, tiene una extensión o sonda flexible sumergible, a prueba de explosión. Se usa individualmente para realizar mediciones a grandes profundidades, control de aguas residuales y control hidráulico en ríos y mares. Es capaz de medir líquidos lodosos y con una precisión en segundos y exactitud en milímetros.

El sensor se combinó con una estación remota, CWT5111 RTU Data Logger. Este dispositivo se usa para recibir y transmitir señales del sensor hacia dispositivos electrónicos remotos que tenga registrados. Entre las características de este equipo, la más relevante para el proyecto, es que contiene una ARM industrial de 32 bits altamente integrada dentro del módulo celular, que soporta comunicación SMS y que puede establecer parámetros para cada canal en la colección de señales o alarmas.



Figura 1. GLT500 Sensor de nivel.



Figura 2. CWT5111 Data Logger GPRS RTU.



Para lograr la autonomía en el suministro de energía al sistema se optó por un kit compuesto de un panel solar, una batería de almacenamiento de carga ciclo profundo, un inversor y un controlador de carga.

Se realizaron obras previas, como el armado de la estructura y base para protección y resguardo de la sonda y el sensor. Se armó la estructura de soporte para la estación fotovoltaica y el gabinete de resguardo de los equipos electrónicos de control. Cada elemento fue cuidadosamente seleccionado, cumpliendo las normativas de calidad y estándares de seguridad.

Se realizó la programación de la estación remota RTU y se hicieron pruebas de funcionamiento y comunicación entre la estación y el teléfono celular en un ambiente simulado y controlado; se observó el proceso de registro de las variaciones de nivel de agua que realiza el sensor. También se procedió a observar la información que el sistema registra en la base de datos en la nube.

Se realizaron visitas periódicas al río para determinar los umbrales que serían puntos de alerta y para observar después de cada precipitación lluviosa experimentada durante la época invernal del año 2017 y 2018. Se llevaron registros de cómo afectan las crecidas del río a las comunidades aledañas y cómo la continuidad de una corriente o permanencia de un caudal hídrico, llega a presentar inundaciones aguas abajo del punto de investigación. Esto sirvió para registrar los umbrales de las diferentes emergencias que reportaría el sistema.

Con las respectivas pruebas y sondeos de funcionamiento experimental en el ambiente simulado, se logró comprobar lo exitoso del sistema, el cual de forma oportuna registraba las variaciones del nivel de agua y enviaba la información a los dispositivos móviles o teléfonos celulares programados para tal efecto. Las demostraciones fueron realizadas ante las autoridades de Protección Civil del Municipio de San Miguel, ante autoridades del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Alcaldía Municipal de San Miguel.

Realizadas las pruebas y validado el sistema, se procedió al ensamblaje y montaje en la base y en el Puente Urbina del río Grande de San Miguel, en los puntos previamente definidos. Una vez instalado todo el sistema, se hicieron nuevamente todas las pruebas, siendo validadas por las autoridades respectivas.

Posteriormente se hizo la coordinación para la entrega y administración del proyecto a la Alcaldía Municipal y autoridades de Protección Civil de San Miguel.



Figura 3. Vista panorámica, estación hidrométrica, instalada, con su fuente solar fotovoltaica.



Figura 4. Inauguración de proyecto y entrega oficial en convenio con Alcaldía Municipal de San Miguel.



## Resultados

Diseño e implementación de un sistema integral compuesto de hardware y software, utilizado para la detección temprana y alerta de inundaciones, instalado en el Puente Urbina de San Miguel.

- El sistema integral fue comprobado y validado por las instituciones gubernamentales asociadas al proyecto.
- Se utilizaron tecnologías emergentes con las condiciones de calidad y seguridad requeridas para el diseño digital inteligente e implementación del proyecto.
- Se construyó una fuente fotovoltaica para la autonomía energética de la estación hidrométrica.
- Se determinaron los umbrales y puntos de posibles alertas de inundación, así como la red de comunicación de los actores de protección civil involucrados.

## Conclusiones

- ▶ La integración de las tecnologías emergentes es la alternativa más viable y funcional para el desarrollo de un sistema inteligente de anuncio temprano y oportuno de alertas contra inundaciones.
- ▶ El novedoso e inteligente sistema de alertas tempranas que se ha desarrollado, es una herramienta útil para que las autoridades correspondientes tomen decisiones correctas a la hora de emitir una alerta temprana contra inundaciones.
- ▶ La investigación concluyó con un prototipo comprobado y validado por las autoridades del MARN y Protección Civil, como una herramienta para el monitoreo y control del estado del río.
- ▶ Es factible técnica y económicamente replicar el sistema creado en otros ríos del país.

## Recomendaciones

- ✓ Para garantizar el funcionamiento y la durabilidad del sistema, es necesario monitorear al menos una vez cada tres meses la alimentación eléctrica del panel solar a las baterías para garantizar su vida útil.

- ✓ Monitorear una vez cada tres meses el gabinete de resguardo de los equipos electrónicos para prevenir el acceso a insectos que puedan anidar y dañar los dispositivos.
- ✓ Monitorear constantemente el sistema en la web y los dispositivos móviles conectados para tener las alertas inmediatas y verificar el historial y estado de los niveles del río.
- ✓ Si se desea lograr un control pleno en todos los puntos críticos del río Grande de San Miguel, el proyecto puede es técnica y económicamente factible replicarlo.

## Referencias

- [1] H. M. Domínguez y F. Sáez Vacas, Domótica: un enfoque sociotécnico. Madrid: E.T.S.I. de Telecomunicaciones, 2006.
- [2] Chow Ven Te, D. R. Maidment y L. W. Mays, Hidrología aplicada. Santafé de Bogotá, Colombia : McGraw-Hill, 1994.
- [3] F. J. Cembranos Nistal, Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos: instalaciones y mantenimiento electromecánico de maquinaria y conducción de líneas. Madrid: International Thomson, 2008.

# DIVERSIFICACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS A BASE DE CÁSCARAS DE VEGETALES PARA USO COMO MATERIA PRIMA EN LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS

**Alma Verónica García Barrera**

*Máster en Sistemas de Calidad y Productividad. Ingeniera Química. Docente Investigadora Escuela de Ingeniería Química. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla. Email: alma.garcia@itca.edu.sv*

**Salomé Danilo Ventura Santos**

*Licenciado en Educación. Docente Escuela de Tecnología en Alimentos. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla. Email: sventura@itca.edu.sv*

**José Roberto Mendoza Hernández**

*Licenciado en Nutrición. Docente Escuela de Tecnología en Alimentos. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla. Email: roberto.mendoza@itca.edu.sv*

Recibido: 27/03/2019 - Aceptado: 09/04/2019

## Resumen

En esta investigación aplicada, desarrollada por la Escuela de Ingeniería Química y la Escuela de Tecnología en Alimentos, se presentan alternativas para utilizar cáscaras de vegetales como materia prima para la elaboración de productos alimenticios. Para lograrlo se utilizaron cáscaras de papa, plátano y restos de repollo de la Cafetería Escuela de ITCA – FEPADE. Estos fueron procesados para transformarlos en polvos, a los cuales se les practicaron análisis físico químicos, bromatológicos y microbiológicos. Se utilizaron métodos gravimétricos e instrumentales, espectrofotometría de absorción atómica y molecular. Resultado de esos análisis se determinó que: los polvos son productos inocuos, que su tamaño de partícula es mayor a las 212 micras (tamices acoplados). Además, el análisis reveló que el polvo con mayor aporte nutricional es el proveniente de la cáscara de plátano con contenido de carbohidratos (23.74%), hierro (63.83 mg), potasio (47.82 mg) y calcio (54.03 mg). Del polvo de cáscara de papa se destaca su contenido de hierro (110.58 mg). Los polvos se utilizaron como materia prima combinada con harinas de trigo, sorgo y maíz para preparar productos alimenticios. Se evaluaron sus características sensoriales a través de un grupo focal. También, como producto de esta investigación, se desarrolló una guía de manipulación de los restos vegetales y un recetario con información nutricional de los productos elaborados. Se concluyó que los polvos obtenidos son aptos para ser utilizados como materia prima de productos alimenticios y se recomienda particularmente el polvo obtenido de la cáscara de plátano por su riqueza nutricional en cuanto a contenido de carbohidratos, hierro y potasio.

## Palabras clave

Análisis bromatológico, cáscaras vegetales, química de los alimentos.

## DIVERSIFICATION OF FOOD PRODUCTS BASED ON VEGETABLE HUSKS FOR USING AS RAW MATERIAL IN FOOD PREPARING

## Abstract

In this applied research developed by the School of Chemical Engineering and the School of Food Technology, alternatives are presented to use vegetable husks as raw material for the elaboration of food products. In order to achieve this, potato and banana peels, and cabbage remains from Cafeteria Escuela ITCA-FEPADE were used. These were processed to transform them into powders, which were subjected to physical, chemical, bromatological and microbiological analysis. Gravimetric and instrumental methods, atomic and molecular absorption spectrophotometry were used. The result of these analysis was that powders are innocuous products which particle size is greater than 212 microns (coupled sieves). In addition, the analysis revealed that the powder with the greatest nutritional contribution comes from banana due to his carbohydrate content (23.74%), iron (63.83 mg), potassium (47.82 mg) and calcium (54.03 mg). From potato peel powder, it stands out its iron content

(110.58 mg). The powders were used as a raw material combined with wheat, sorghum and corn flours to prepare food products. Their sensory characteristics were evaluated through a focal group. Also, as product of this research, a guide for the manipulation of vegetable remains and a recipes book with nutritional information of the produced products were developed. It was concluded that the powders obtained are suitable for using as raw material in food preparing and the powder obtained from the banana peel is particularly recommended for its nutritional richness in terms of carbohydrate, iron and potassium content.

## Keyword

Bromatological analysis, vegetable husks, food chemistry.

## Introducción

Este proyecto se enfocó en la elaboración de alimentos a partir de cáscaras de papa, plátano y restos de repollo, transformándolas en polvos para combinar con harinas-almidón, a fin de presentar alternativas de aprovechamiento de recursos en la industria restaurantera.

Los resultados de esta investigación han permitido concluir que las materias primas tradicionales denominadas harinas, pueden enriquecerse con macro y micronutrientes a partir de cáscaras sobrantes de vegetales de consumo diario.

La parte experimental inició con la caracterización de los desechos orgánicos generados en la Cafetería Escuela de ITCA-FEPADE; luego, las cáscaras de papa, plátano y restos de repollo se procesaron para convertirlos en polvos, a los cuales se les realizaron análisis microbiológico y bromatológico, como parte del control de calidad y para poder realizar recetas aptas para el consumo humano. Con estos resultados se dio origen a la propuesta de crear recetas de cocina, entre las que se incluyen cremas, atoles, pastas, pan, crepas, galletas, entre otras, que se incluyeron en el recetario.

Los resultados de la investigación han generado expectativas para el sector agroindustrial a través del Parque Tecnológico de Agroindustria PTA, ya que tienen un potencial muy alto para poder desarrollar este rubro.

## Desarrollo

### A. Metodología

Es una investigación de tipo experimental y retrospectiva, además de poseer un carácter exploratorio. A los polvos provenientes de la molienda de las cáscaras desecadas se les realizaron las siguientes determinaciones fisicoquímicas: tamaño de partícula, con tamices acoplados; cenizas y humedad, método gravimétrico; carbohidratos, método fenol sulfúrico; proteínas, Método Kjeldahl; grasas, Método Soxhlet; contenido de hierro, potasio, calcio y zinc, por

espectrofotometría de absorción atómica. Además, se evaluó la inocuidad de los sustratos obtenidos por medio de análisis microbiológico, coliformes totales, E. coli, mohos y levaduras. Por último, se evaluaron las características sensoriales de los productos formulados con los polvos de restos de vegetales, a través de un grupo de enfoque.

### B. Parte experimental

Se desarrolló en los laboratorios de las Escuelas de Tecnología en Alimentos y de Ingeniería Química de ITCA - FEPADE y en el laboratorio de Desarrollo de Nuevo Producto del Parque Tecnológico en Agroindustria, PTA. La parte experimental buscaba caracterizar los desechos orgánicos de la Cafetería Escuela de la institución para determinar cuales tenían mayor potencial de ser utilizados como materia prima. Luego se evaluó la calidad nutricional de los polvos obtenidos por medio de un análisis bromatológico y su inocuidad a través de análisis microbiológicos. Además, se desarrollaron productos alimenticios conservados y no conservados, a los cuales se les valoraron sus propiedades sensoriales por medio de un grupo de enfoque. Se realizó en las siguientes etapas:

### C. Caracterización de desechos orgánicos de la Cafetería Escuela de ITCA - FEPADE

Con la finalidad de conocer qué residuos de la Cafetería Escuela institucional tenían mayor potencial para ser aprovechados, se procedió a segregar y pesar las cáscaras y restos vegetales del establecimiento durante una semana laboral. Los resultados son los siguientes:

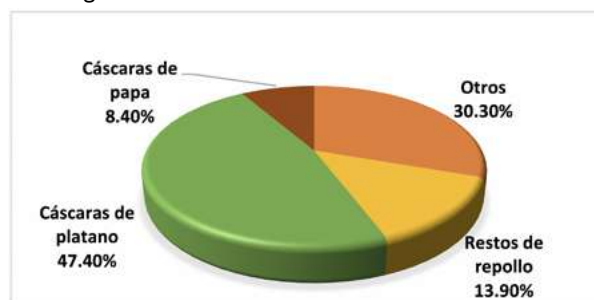


Figura 1. Porcentaje del peso de los restos vegetales generados en Cafetería Escuela. [Elaboración propia].

Al apreciar estos resultados, se tomó la decisión de procesar los restos de vegetales siguientes: cáscara de plátano, cáscaras de papa y restos de repollo (centros y hojas externas).

#### D. Recolección, tratamiento y pulverización de las cáscaras de plátano, papa y restos de repollo

Los restos vegetales fueron separados desde el origen, se limpiaron luego se desinfectaron y se secaron en estufas eléctricas a temperaturas con un rango de 65 °C a 105 °C, por último, se pulverizaron con un procesador de alimentos industrial y se tamizaron. Posteriormente fueron conservadas en recipientes plásticos etiquetados. En el esquema siguiente se muestran imágenes de este procedimiento:



Figura 2. Elaboración de polvos de cáscaras y restos de vegetales. [Elaboración propia].

#### E. Rendimiento del proceso de obtención de polvos de cáscaras de vegetales.

Con el fin de cuantificar el porcentaje de masa aprovechada de las cáscaras de plátano, papa y restos de repollo, se realizaron varias pesadas a lo largo de todo el proceso de transformación. Se muestra como ejemplo, un esquema con los resultados del balance de masa de polvo de cáscara de plátano.

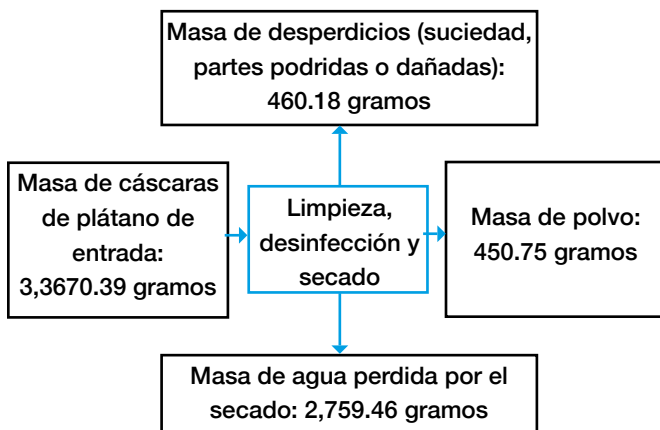


Figura 3. Balance de masa de obtención de polvo de cáscara de plátano. [Elaboración propia].

En la siguiente tabla resumen se detalla el rendimiento por cada sustrato y la masa de cáscaras necesaria para obtener un kilogramo de polvo.

Tabla I.  
Masas de cáscaras a procesar vs. Masas de polvos a obtener

	% Rendimiento	Masa de cáscaras necesarias para obtener un kilogramo de polvo (producto terminado)
Cáscaras de plátano	12.28	8.14 kg
Cáscaras de papa	13.26	7.54
Restos de repollo	8.24	12.14 kg

## Resultados

#### A. Pruebas microbiológicas de polvos procesados

Como parte del control de calidad del producto obtenido, se les realizó un estudio microbiológico para evaluar su inocuidad. Los microorganismos que se analizaron fueron: coliformes totales, E. coli, mohos y levaduras. Los resultados se muestran en la Tabla II.

Tabla II.  
Resultados de análisis microbiológicos a polvos de restos vegetales

	Cáscara de plátano	Cáscara de papa	Restos de repollo	Límite máximo RTCA 67.04.50:08.
E. Coli AOAC Método Oficial 991.14	Ausencia	Ausencia	< 50 UFC/g	< 3 NMP/g
Coliformes Totales Método Oficial AOAC 991.14	Ausencia	Ausencia	< 50 UFC/g	No especifica
Mohos y levaduras	Ausencia	Ausencia	< 50 UFC/g	No especifica



A partir de estos resultados, puede deducirse que estos polvos no representan riesgo de contaminación microbiológica para el producto alimenticio del cual formarían parte.

### B. Pruebas físicas: tamaño de partícula

La granulometría de una mezcla en polvo puede determinar la textura y facilidad de integrarse con otros ingredientes de un producto alimenticio. Esta prueba se realizó en el laboratorio del Parque Tecnológico en Agroindustria, PTA y estos son los resultados:

Tabla III.  
Resultados de granulometría de muestras de polvo de restos de vegetales

Tipo de polvo	Granulometría	
	( $\mu\text{m}$ )	Mesh
Polvo de cáscara de plátano testigo sin fecha	425	40
Polvo de cáscara de plátano testigo sin fecha	425	40
Polvo de cáscara de plátano (17-21 sept.)	250	60
Polvo de repollo testigo sin fecha	425	40
Polvo de repollo 1 (17-21 sept.)	425	40
Polvo de repollo 2 (17-21 sept.)	250	60
Polvo de cáscara de papa (2-3 julio)	425	40
Polvo de cáscara de papa 1 (17-21 sept.)	425	40
Polvo de cáscara de papa 2 (17-21 sept.)	250	60

De acuerdo con lo especificado en el “Reglamento Técnico Centroamericano NSO RTCA 67.01.15:06. Harina de Trigo Fortificada. Especificaciones” [1], el tamaño de partícula para la harina de trigo, debe ser tal que el 98% de la harina pase a través de un tamiz N° 70 (212  $\mu\text{m}$ ). Por los resultados obtenidos en las muestras de polvos, en todos los casos el tamaño de partícula es mucho mayor a las 212 micras; lo cual influye grandemente en la textura del producto final.

### C. Pruebas fisicoquímicas: determinación de cenizas y humedad

Ambas pruebas se realizaron por método gravimétrico. Los resultados de ambas pruebas se muestran a continuación.

Tabla IV.  
Resultados de análisis de cenizas y humedad a muestras de polvos de restos de vegetales

	% Promedio de cenizas	% Promedio de humedad.
Polvo de cáscara de papa	6.23%	1.72%
Polvo de cáscaras de plátano	10.76%	1.10%
Polvo de restos de repollo	7.57%	2.19%

Tomando como referencia el “NSO RTCA 67.01.15:06. Harina de Trigo Fortificada” [1], puede verse que el porcentaje máximos de cenizas es 1% p/p. El contenido de cenizas de los polvos de restos de vegetales, en todos los casos, es mucho mayor. Esto puede deberse a que las cáscaras de las frutas y verduras suelen contener mayor cantidad de nutrientes (fibra y minerales) que la pulpa; por lo cual se espera que esto se vea reflejado en un mayor porcentaje de cenizas que la harina de trigo.

En cuanto a la humedad, el RTCA expresa que en harinas debe ser un máximo de 14.0%; por lo tanto, los polvos de restos de vegetales procesados cumplen con esta especificación.

### D. Análisis bromatológico: macronutrientes (carbohidratos, proteínas y grasas).

#### Carbohidratos

Se determinaron por espectrofotometría de absorción molecular, espectro visible, por el método de fenol sulfúrico. Para ello fue necesario elaborar una curva de calibración de soluciones estándares de glucosa (Ver gráfico siguiente). Este análisis es importante debido a que los carbohidratos son macronutrientes indispensables en la dieta de una persona. Los resultados son:

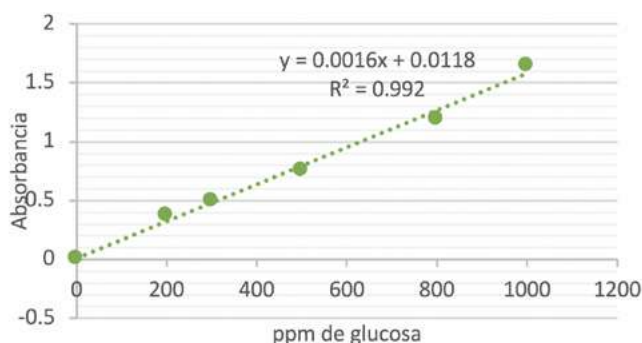


Figura 4. Curva de calibración para carbohidratos (como glucosa) a 540 nm. [Elaboración propia]

Las concentraciones respectivas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla V.  
Resultados de carbohidratos totales (como glucosa)

Polvo	% p/p promedio
Cáscara de papa	4.51%
Cáscara de plátano	23.74%
Restos de repollo	4.43%

De los polvos analizados, el que mayor contenido de carbohidratos presenta es el obtenido de la cáscara de plátano. Este resultado no es de extrañar debido a que se utilizaron cáscaras de frutos maduros y en ese punto, la concentración de carbohidratos, específicamente de almidones, es mayor.

### Grasas

Los lípidos o grasas también son un componente mayoritario en la composición de un alimento, y pueden definir la calidad nutritiva del mismo. Para su cuantificación se utilizó el Método Soxhlet. Estos son los resultados:

Tabla VI.  
Resultados globales de porcentaje de grasas en muestras de polvos

	% Grasas (en peso/peso)
Cáscara de papa deshidratadas	15.42
Cáscara de plátano deshidratadas	25.33
Restos de repollo deshidratado	16.82

En todos los casos, las muestras reportan valores inusualmente altos. Esto se podría deber a que, si bien es cierto las cáscaras contienen ácidos grasos libres y ceras en proporciones que no son despreciables, también hay presencia de compuestos resinosos que pudieron haber sido interferentes en el proceso de cuantificación de las grasas.

### Proteínas

La cantidad de proteínas contenida en las muestras de cáscaras deshidratadas se determinó por el Método Kjeldahl. Estos compuestos son de gran importancia nutricional, pues forman parte de los cartílagos y músculos del cuerpo. Los resultados de la determinación son los siguientes:

Tabla VII.

Resultados de determinación de proteínas en muestras de polvos

	% Proteínas
Polvo de cáscaras de papa	0.66
Polvo de cáscara de plátano	5.03
Polvo de restos de repollo	0.53

Como puede verse, de las tres muestras, la que presenta el mayor contenido de proteínas es el polvo de cáscara de plátano.

### E. Análisis bromatológico: micronutrientes (hierro, potasio, calcio y zinc)

Los micronutrientes son sustancias que nuestro organismo necesita en pequeñas dosis. En este estudio solo se determinaron los siguientes minerales: hierro, potasio, calcio y zinc. Se cuantificaron por medio de espectrofotometría de absorción atómica.

Como resultados de los análisis por absorción atómica, se determinó la concentración de micronutrientes en las tres muestras, tal como se observa en la Tabla VIII.

Tabla VIII.  
Concentración de micronutrientes en polvos de cáscaras vegetales (100 gramos base seca)

Determinación	Polvo de cáscara de plátano	Polvo de cáscara de papa	Polvo de restos de repollo
Hierro	63.83 mg	110.58 mg	39.76 mg
Potasio	47.82 mg	29.58 mg	32.27 mg
Calcio	54.03 mg	24.00 mg	22.33 mg
Zinc	0.71 mg	0.39 mg	1.68 mg

### F. Aportes del equipo de investigación del PTA

Con el fin de enriquecer esta investigación, se trabajó en asocio colaborativo con el equipo de investigación del Parque Tecnológico en Agroindustria PTA, conformado por profesionales expertas en el área de la formulación de productos para la industria alimentaria. Se les entregaron 2.5 kilogramos de muestras de cada polvo, producidos en ITCA – FEPADE. En el PTA se les practicó análisis granulométrico y se utilizaron como materia prima de premezclas con sorgo para formular y elaborar productos alimenticios conservados, tales como:

- Galleta de polvo de cáscara de plátano.
- Barra nutritiva de polvo de cáscara de plátano.
- Infusión de polvo de cáscara de papa con sabor a mango.

El equipo de investigadoras entregó un informe con la ficha técnica, descripción y diagrama de flujo del proceso de elaboración, así como la vida útil y recomendaciones de empackado para cada producto formulado y elaborado en el PTA.

### G. Fichas técnicas de las premezclas

Las premezclas se realizaron en la Cafetería de la Escuela de Tecnología en Alimentos, se eligió la harina de trigo como componente por su disponibilidad en el mercado, no es un producto difícil de encontrar. Las proporciones utilizadas se presentan a continuación:

Tabla IX.  
Ficha técnica de las premezclas de polvos con harina de trigo

Producto base	Porcentaje en peso	Polvo utilizado	Porcentaje en peso
Harina de trigo	75%	Plátano	25%
Harina de trigo	85%	Repollo	15%
Harina de trigo	75%	Papa	25%

### H. Descripción del proceso de elaboración de premezclas en la Cafetería Escuela

- Se realizaron premezclas con polvos de plátano, papa, repollo y harina de trigo, como se muestra en la Tabla IX. Los porcentajes de las premezclas fueron los recomendados por expertas del PTA.
- Posteriormente se creó una propuesta inicial de 25 recetas de alimentos, considerando las propiedades del olor, sabor y texturas de cada premezcla. Luego se redujo a 16 recetas, a las que se les realizaron pruebas sensoriales o hedónicas a través de la técnica cualitativa de grupo focal para obtener las opiniones de la percepción de las recetas elaboradas.
- Se calculó el valor nutricional de cada receta considerando los siguientes elementos.
  - ♦ Calorías
  - ♦ Proteínas (g)
  - ♦ Carbohidratos (g)
  - ♦ Grasas (g)
  - ♦ Sodio (mg)
  - ♦ Colesterol (mg)
  - ♦ Fibra (g)

Los datos se obtuvieron de la tabla de composición química de INCAP [2], según las cantidades que se necesitan en la receta y se calculan por regla de tres simple.

Valores calculados para las recetas

Alimento	Cantidad (g)	Calorías	CHON (g)	GRASA (g)	CHO (g)	Colesterol (mg)	Sodio (mg)
Papa	460	354.2	9.292	0.414	80.362	0	27.6
Agua	2000	0	0	0	0	0	0
Sal	10	0	0	0	0	0	38.55
Queso mozzarella	120	360	26.604	26.82	2.628	94.8	752.4
Huevo	120	176.4	15.096	11.928	0.924	507.6	168
**Polvo de papa	120	190.8	0.792	18.504	5.412	0	0
Aceite vegetal	240	2121.6	0	240	0	0	0
TOTAL	3070	3203	51.784	297.666	89.326	602.4	986.55
Por porción (120 g la porción)	120	125.19	2.02	11.63	3.49	23.54	38.56

Figura 4. Ej. Croqueta con premezcla de papa

### I. Proceso de selección de las recetas.

Las recetas se desarrollaron en un laboratorio de cocina de la Escuela de Tecnología en Alimentos, con la participación de estudiantes y docentes de la carrera de Técnico en Gastronomía. Las 16 recetas seleccionadas se mencionan a continuación:

- Pan cake con premezcla de plátano.
- Pan cake con premezcla de repollo.
- Cup cake con premezcla de plátano.
- Crepas con premezcla de repollo.
- Crepas con premezcla de plátano.
- Galletas con premezcla de plátano.
- Pan bollo con premezcla de repollo.
- Pan dulce con premezcla de plátano.
- Atol con premezcla de plátano.
- Crema con premezcla de papa.
- Jalea de plátano.
- Pasta fresca con premezcla de papa.
- Ravioli con premezcla de papa.
- Velouté con premezcla de repollo.
- Croquetas con premezcla de papa.
- Croquetas con premezcla de repollo.

Todas las recetas elaboradas, degustadas y evaluadas se incluyeron en el libro de recetas desarrollado por el equipo de investigadores de ITCA-FEPADE, incluyendo el valor nutricional de cada una.



Figura 6. Participantes en grupo focal.

## Análisis de los resultados

### A. Rendimiento del proceso de obtención de polvos

De acuerdo con los datos recopilados del proceso de deshidratado de cáscaras de plátano, papa y repollo, se presenta un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla X.

Rendimientos globales del proceso de obtención de los polvos de restos de vegetales

Proceso	Rendimiento
Obtención polvo cáscara de plátano	12.28 kg de polvo/100 kg de cáscara
Obtención polvo cáscara de papa	13.26 kg de polvo/100 kg de cáscara
Obtención polvo restos de repollo	8.24 kg de polvo/100 kg de restos

Como se aprecia en la tabla anterior, los rendimientos obtenidos son bajos, lo cual quiere decir que en el proceso de elaboración de polvos de cáscaras de plátano, papa y restos de repollo se requieren grandes cantidades de materia prima para producir cantidades significativas de producto final.

### B. Inocuidad del proceso y del producto terminado

Por los resultados obtenidos en las pruebas microbiológicas, en las que se detectó ausencia de microorganismos patógenos y conforme a lo estipulado en el Reglamento Técnico Centroamericano “Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos. Subgrupo 4.2.2 frutas y hortalizas desecadas o deshidratadas” [3], se puede decir que los polvos de restos de vegetales cumplen con los requisitos microbiológicos de la normativa local. Además se puede concluir que en el proceso de transformación de restos de vegetales a polvos, se siguieron las Buenas Prácticas de Manufactura, elaborando un producto inocuo en términos microbiológicos.

### C. Características fisicoquímicas de los polvos obtenidos

En cuanto a características como: tamaño de partícula, porcentajes de humedad y cenizas, los polvos obtenidos, difieren grandemente de la harina de trigo, que es el otro sustrato con el que se fabricaron las premezclas. Esto no es un defecto, pero podría generar problemas a la hora de integrar los polvos con la harina y originar algunas características que podrían disgustar al consumidor final, tales como apariencia heterogénea, grumos en la premezcla, textura de los alimentos “arenosa”, entre otros.

### D. Valor nutricional de los polvos obtenidos.

Se tomaron como referencia documentos y recomendaciones de la FAO/OMS [4] [5] y de la Food and Nutrition Board (Estados Unidos) [6] [7], en cuanto a cantidades diarias recomendadas de los nutrientes contemplados en este estudio. Se puede decir que de los polvos obtenidos, el que presenta aportes significativos en casi todos los nutrientes es el polvo de cáscara de plátano, resultado que no es sorprendente, pues la materia prima utilizada consistió en cáscaras de plátanos maduros y se sabe que en esta fase, el fruto y su cáscara también albergan la mayor cantidad de nutrientes. En cuanto a los polvos de cáscaras de papa y de restos de repollo, su aporte es más modesto, pero no es despreciable, sobre todo llama la atención su relativo alto contenido de minerales potasio y hierro, los cuales son indispensables para el funcionamiento correcto de nuestro organismo.



## Conclusiones

- » Se logró comprobar la hipótesis planteada en este estudio, pues los polvos obtenidos de las cáscaras deshidratadas se pudieron utilizar como materia prima para la elaboración de diversos productos alimenticios, conservados, PTA y no conservados, ITCA-FEPADE.
- » La importancia de este estudio radica en que se utilizó materia prima considerada como sub productos e incluso como desechos en la industria alimentaria y se demostró que es posible reciclarlos.
- » Con los resultados del proyecto se brinda información valiosa para establecimientos como restaurantes o cocinas industriales, que busquen aprovechar al máximo sus recursos y minimizar la generación de desechos.
- » Los polvos de cáscara de plátano, papa y restos de repollo elaborados en la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, cumplen con los requisitos microbiológicos estipulados en el Reglamento Técnico Centroamericano. "Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos" [3]. Por lo tanto, son productos inocuos, aptos para ser usados como materia prima en la elaboración de alimentos.
- » Tomando como referencia las recomendaciones de la FAO/OMS y de la Food and Nutrition Board (Estados Unidos) [6], en cuanto a cantidades diarias recomendadas de los nutrientes contemplados en este estudio, se puede concluir que el polvo obtenido de la cáscara de plátano presenta gran riqueza nutricional en cuanto a contenido de carbohidratos (23.74%), grasas (25.33%), proteínas (5.03%), hierro (63.83 mg), potasio (47.82 mg), zinc (0.71 mg) y calcio (54.03 mg). Del polvo de cáscara de papa se destaca su contenido de carbohidratos (4.51%), grasas (15.42%), proteínas (0.66%), hierro (110.58 mg), potasio (29.58 mg), zinc (0.39 mg) y calcio (24.00 mg). Del polvo de los restos de repollo se puede decir que no presenta aportes relevantes en cuanto a macro o micro nutrientes analizados en este estudio, los cuales son: carbohidratos (4.43%), grasas (16.82%), proteínas (0.53%), hierro (39.76 mg), potasio (32.27 mg), zinc (1.68 mg) y calcio (22.33 mg).
- » Los bajos rendimientos obtenidos en el proceso de elaboración de los polvos se deben a que los restos vegetales tienen una gran cantidad de agua en su composición, especialmente el repollo. Si se busca replicar este proyecto a gran escala, es importante considerar este punto, el cual puede ser solventado con

una etapa de pre secado, utilizando alternativamente energía solar en lugar de estufas eléctricas.

## Recomendaciones

- ✓ Considerar la utilización del polvo de la cáscara de plátano en la bio fortificación de premezclas para panificación o bebidas instantáneas por su gran contenido nutricional y su agradable sabor.
- ✓ Para la producción a gran escala de polvo de la cáscara de plátano y la obtención de materia prima deberá identificarse las mejores estrategias para la recolección y procesamiento.

## Referencias

- [1] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Reglamento Técnico Centroamericano NSO RTCA 67.01.15:06. "Harina de Trigo Fortificada. Especificaciones", 2006.
- [2] M. M. H. Menchu, Tabla de composición de alimentos INCAP. Guatemala: Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2007.
- [3] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.50:08. "Alimentos Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos", 2008.
- [4] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Grasas y ácidos grasos en la nutrición humana. Consulta de expertos., FAO, Ed., 2008, p. 204.
- [5] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Los carbohidratos en la nutrición humana, FAO. Ed., 1999, p. 152.
- [6] Food and Nutrition Board, «Dietary Reference Intakes (DRIs): Elements,» n.d.
- [7] Food and Nutrition Board, «Dietary Reference Intakes: Macronutrients,» n.d.

# TECNOLOGÍA mHEALTH PARA LA INNOVACIÓN DE LOS SERVICIOS DE CLÍNICAS EMPRESARIALES: MODELO DE APLICACIÓN EN EL MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

**Elvis Moisés Martínez Pérez**

Ingeniero en Sistemas Informáticos. Docente Investigador Escuela de Ingeniería en Computación. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla. Email: emmartinez@itca.edu.sv

**Héctor Edmundo González Magaña**

Ingeniero en Sistemas Informáticos. Docente Escuela de Ingeniería en Computación. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla. Email: hector.gonzalez@itca.edu.sv

**Carlos Edgardo López Grande**

Ingeniero en Sistemas Informáticos. Docente Investigador Escuela de Ingeniería Eléctrica. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla. Email: carlos.lopez@itca.edu.sv

Recibido: 27/03/2019 - Aceptado: 09/04/2019

## Resumen

La salud de las personas cada día se ve beneficiada con diferentes descubrimientos ya sea científicos o tecnológicos; una de las áreas con más innovaciones es el de las aplicaciones móviles. Estas aplicaciones pueden ir evolucionando en función de los cambios y accesorios que los dispositivos móviles puedan tener; tenemos el caso de los smartwatch que permiten tomar pulsaciones del corazón, medir la cantidad de pasos dados durante el día o en un intervalo de tiempo determinado; con iguales funciones tenemos los celulares, con la ventaja que estos pueden ser adaptados a dispositivos con funcionalidades bien específicas para el ámbito de la salud. En esta línea tenemos el concepto de mHealth o la salud móvil, que hace un énfasis en el empleo de tecnología móvil para tratar la salud y el bienestar de las personas. El objetivo de esta investigación es desarrollar una aplicación móvil con metodología mHealth para la modernización y automatización de los servicios ofrecidos por Clínicas Empresariales. Por el tipo de proyecto realizado se ha implementado una metodología cuantitativa. Los lenguajes de programación utilizados como parte de la tecnología empleada en el desarrollo del proyecto están Java, HTML5, CSS3, JavaScript y PHP, auxiliados con los frameworks de Android Studio y CodeIgniter; como base de datos utilizada esta PostgreSQL. Los resultados obtenidos son un módulo para dispositivos móviles Android (cliente) y otro en formato Web multiplataforma para la administración de los registros.

## Palabras clave

Innovaciones tecnológicas, servicios de salud, automatización de servicios, mHealth.

## mHEALTH TECHNOLOGY FOR THE INNOVATION OF COMPANY CLINICS SERVICES: APPLICATION MODEL AT MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

## Abstract

The health of people every day is benefited with different discoveries whether scientific or technological; one of the areas with more innovations is the mobile applications field. These applications may evolve depending on the changes and accessories that mobile devices may have; we have the case of smartwatch that allows you to take heart beats, measure the number of steps taken during the day or in a certain time interval; with the same functions we have cell phones, with the advantage that these can be adapted to devices with very specific functionalities for the field of health. In this line, we have the concept of mHealth or mobile health, which emphasizes the use of mobile technology to treat the health and well-being of people. The objective of this research is to develop a mobile application with mHealth methodology for the modernization and automation of the services offered by company clinics due to the type of project carried out, a quantitative methodology has been implemented. The programming languages used as part of the technology used in the development of the project are Java, HTML5, CSS3, JavaScript and PHP, supported by the frameworks of Android Studio and CodeIgniter; as database we

used PostgreSQL. The results obtained are a module for Android mobile devices (client) and a multiplatform Web format for the administration of records.

## Keywords

Technological innovations, health services, service automation, mHealth.

## Introducción

Una de las industrias con más avances en los últimos años es la de los dispositivos móviles, con la evolución de éstos y sus gadgets a lo que ahora conocemos como teléfonos inteligentes o Smartphones. Según Ashari “et al” [1] “Los gadgets de hoy en día se convierten en una de las necesidades más importantes de la vida humana. El uso de dispositivos no solo se convierte en una práctica generalizada entre los adultos, sino que la generación más joven también está expuesta a esta tecnología diversa”. La industria del software y hardware encontró en estos dispositivos un gran reto: lograr el funcionamiento y la comunicación de una forma rápida, flexible y que cumpla las necesidades del usuario [2].

La constante movilidad de las personas y la rápida propagación de dispositivos móviles, están obligando a empresas tanto públicas como privadas a adoptar nuevas estrategias portátiles. Podemos observar que, en las tiendas de aplicaciones móviles, tanto de Android como IOS, ofertan una enorme gama de Apps para diferentes rubros, en particular, la industria del cuidado de la salud es de las más demandadas.

Actualmente, muchos de los profesionales de la salud y pacientes utilizan sus Smartphone o tabletas para trabajar, así como para uso personal. Con el empleo de tecnologías mHealth los profesionales pueden optimizar sus operaciones, ofrecer un mejor servicio y mejorar la experiencia de los pacientes. La Escuela de Ingeniería en Computación en asocio con la Clínica Empresarial del Ministerio de Relaciones Exteriores, desarrolló en el año 2018 el proyecto de investigación aplicada: “Aplicación de tecnología mHealth para la modernización y automatización de los servicios de clínicas empresariales”, como una estrategia de optimización en el proceso de citas y generación de datos estadísticos para la toma de decisiones que ésta posee.

El principal resultado obtenido con el desarrollo de este proyecto, es el de proveer a la Clínica Empresarial una herramienta de software innovadora, en beneficio del personal y aplica para cualquier clínica empresarial que requiera implementar este proyecto.

## Desarrollo

El mundo de la salud no está al margen de los cambios de la tecnología, han ido surgiendo paralelos al concepto de “Web 2.0” el de “Salud 2.0” y como parte de ésta última el de mHealth. La eSalud (eHealth en su terminología en inglés) es el término con el que se define al conjunto de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) que, a modo de herramientas, se emplean en el entorno sanitario en materia de prevención, diagnóstico, tratamiento, seguimiento, así como en la gestión de la salud, ahorrando costes al sistema sanitario y mejorando la eficacia de éste [3].

Todas estas tecnologías que han ido surgiendo vinculadas a dispositivos móviles y que están de una u otra forma relacionadas con el ámbito de la salud tienen entidad propia que recibe el nombre de mHealth [4].

### Uso y aplicaciones de mHealth

#### a) Recopilación de datos de la salud

Actualmente se pueden rastrear enfermedades como la malaria, el SIDA y la tuberculosis a través de los dispositivos móviles, baratos y eficientes.

#### b) Suministrar información sobre salud

La mejor biblioteca médica está en la mano, en forma de un Smartphone. Existe la posibilidad de enviar fotos de radiografías o incluso de fluidos corporales, a través de herramientas como CellScope, un periférico para Smartphone.



Figura 1. Imagen de un dispositivo cellscope, utilizado para visualizar y examinar el conducto auditivo externo y el tímpano, similar a un otoscopio

### c) Monitoreo en tiempo real de los signos vitales de pacientes, entre otras variables

En países desarrollados, mHealth es útil para enfermedades crónicas con dispositivos como ViSi, aprobado en agosto de 2012 por la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE.UU. (FDA por sus siglas en inglés) para su uso en hospitales fuera de la UCI. Es razonable suponer que, en el futuro, se extenderá su uso a situaciones de salud en el hogar, en las regiones rurales, así como en los países no desarrollados.

La Clínica Empresarial asociada al proyecto de investigación pertenece al Ministerio de Relaciones Exteriores, ubicado en el Boulevard Cancillería y Calle El Pedregal, Ciudad Merliot. Surge como una prestación institucional en coordinación con el Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS).

El objetivo de esta clínica médica es brindar un servicio adicional al actual plan de prestaciones de salud que se ofrece a los empleados. Se caracteriza por el enfoque integral de los servicios médicos.



Figura 2. Ubicación de las instalaciones del Ministerio de Relaciones Exteriores

### Software para desarrollo de aplicación móvil y módulo administrativo

Como parte del desarrollo del proyecto, contamos con las siguientes herramientas utilizadas para lograr los objetivos planteados:

**Android Studio:** es la plataforma vigente que Google ofrece gratuitamente para realizar el desarrollo de Android. En la actualidad, Android Studio está disponible para Microsoft Windows, Mac OS X y GNU/Linux [5]. Sitio Web: <https://developer.android.com/studio/index.html>

**Firebase Cloud Messaging (FCM):** es una solución de mensajería multiplataforma que permite enviar mensajes de forma segura y gratuita. Con FCM se proporciona una conexión confiable y con un bajo consumo de batería entre el servidor y los dispositivos, lo que permite enviar y recibir

mensajes y notificaciones en Android, iOS y la Web sin costo. Sitio Web:

<https://firebase.google.com/docs/android/setup>

**Material design:** es una normativa de diseño enfocado en la visualización del sistema operativo Android, además en la Web y en cualquier plataforma. Fue desarrollado por Google y anunciado en la conferencia Google I/O celebrada el 25 de junio de 2014. Sitio Web: <https://material.io/design/>

Como una contraparte de la aplicación móvil para los usuarios, se desarrolló un módulo de administración Web para la clínica, implementando las siguientes herramientas:

**SERVIDOR APACHE:** el Proyecto de Servidor HTTP Apache es un esfuerzo para desarrollar y mantener un servidor HTTP de código abierto para sistemas operativos modernos, incluyendo UNIX y Windows.

Sitio Web: <https://httpd.apache.org/>

**PHP:** acrónimo recursivo de Hypertext Preprocessor. Preprocesador de Hipertexto. Es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo Web y que puede ser incrustado en HTML. Sitio Web: <http://php.net/downloads.php>

**CODEIGNITER:** es un framework para el desarrollo de aplicaciones en PHP, que utiliza MVC (Modelo-Vista-Controlador). Sitio Web: <https://codeigniter.com/>

**POSTGRESQL:** es un potente sistema de bases de datos relacionales de objetos de código abierto, con más de 30 años de desarrollo activo que ha ganado una sólida reputación de confiabilidad, solidez de características y rendimiento. Funciona muy bien con grandes cantidades de datos y una alta concurrencia de usuarios accediendo a la vez al sistema. Sitio Web: <https://www.postgresql.org/>

## Metodología de investigación

Como resultado del proceso de trabajo realizado durante el período de investigación 2018, se desarrollaron dos aplicaciones que trabajan en conjunto para administrar el proceso de citas de la clínica empresarial del Ministerio de Relaciones Exteriores, así como, el historial de consultas por paciente y de sus beneficiarios.

Para tal fin, la Escuela de Ingeniería en Computación de ITCA-FEPADE conformó un equipo de docentes investigadores, que contó con la ayuda de un grupo de estudiantes destacados previamente seleccionados de la carrera de Técnico en Ingeniería de Sistemas Informáticos, así como con la colaboración del



personal de la Clínica y de la Unidad de Tecnologías Informáticas y Telecomunicaciones UTIT del Ministerio. Según Hernández Sampieri [6] el método cuantitativo ha sido el más usado por ciencias como la física, química y biología. Por ende, es más propio para las ciencias llamadas “exactas o naturales”. Las fases empleadas en esta metodología son las que se describen a continuación:

### Primera Fase

La fase inicial consistió en la recolección de la información necesaria para determinar qué tecnologías simplificarían el desarrollo de la Aplicación en dos modalidades, móvil y Web. En esta fase, el equipo de trabajo de ITCA-FEPADE coordinaron esfuerzos con personal de la Clínica Empresarial y de UTIT para obtener todos los requerimientos funcionales del proyecto. Se capacitaron estudiantes destacados en las herramientas a utilizar.



Figura 3. Docente investigador Ing. Elvis Martínez impartiendo capacitación a estudiantes.

### Segunda Fase

En esta fase se llevó a cabo el trabajo de análisis y diseño del aplicativo así como la recopilación de datos; en esta parte el equipo de investigación estableció las herramientas óptimas para la programación de la App y del módulo Web.



Figura 4. Reunión de trabajo con el Ministerio de RR.EE. para toma de requerimientos.

### Tercera Fase

Consistió en el desarrollo y prueba del aplicativo móvil y Web. En esta etapa se procedió a realizar la codificación del aplicativo y su respectiva prueba en el móvil y en la Web.

### Cuarta Fase

Como última etapa tenemos la implementación; esta consistió en la preparación de todo el ambiente de producción en la Unidad de Tecnologías de Información y Telecomunicaciones, UTIT. Se establecieron políticas de seguridad dentro del servidor donde estará alojada la aplicación Web.



Figura 5. Reunión de trabajo de ITCA-FEPADE y UTIT; configuración de servidor y aplicación móvil.

### Preparación del servidor

El sitio Web y la base de datos estarán alojados en un servidor CentOS, con base de datos PostgreSQL. Se eligió esta base de datos y servidor por recomendaciones de la Unidad de Tecnologías de Información y Telecomunicaciones del Ministerio de Relaciones Exteriores. Los servicios que se instalaron en el servidor fueron los siguientes:

1. Apache Server 2.4.6
2. Lenguaje PHP 7.2
3. Servicio de base de datos PostgreSQL 9.6

## Resultados

### Descripción de la Aplicación Móvil

La aplicación desarrollada, integra toda la metodología antes expuesta. Se presenta en versión para Android. Dicha App puede funcionar con plan de datos móviles o red WiFi. La descripción de las pantallas del aplicativo son las siguientes.

**Pantalla de inicio de sesión:** permite identificar o registrar a los usuarios de la aplicación. Si es la primera vez que se usa deberá de presionar sobre el texto **¡Regístrate!**



Figura 6. Pantalla de acceso a la aplicación por parte de los pacientes de la clínica.

La opción **¡Regístrate!** permite la creación de un nuevo usuario dentro del sistema; con este usuario podrá realizar las citas médicas.



Figura 7. Pantalla de registro de usuario.

El **Menú Principal**, consta de 4 opciones fáciles de identificar y sobre todo amigables para el usuario.



Figura 8. Pantalla de menú principal de la aplicación.

**Nueva cita:** en esta opción los usuarios podrán reservar su cita médica. Los horarios en que se puede reservar consulta dependerán del tipo de servicio a requerir; ya sea consulta general, pediatría, consulta metabólica o control prenatal.

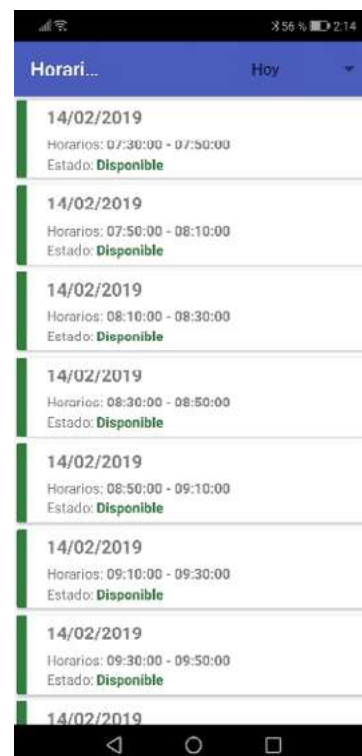


Figura 9. Pantalla de horarios para reserva de citas

**Historial:** esta opción es para consultar todas las citas que se han realizado durante todo el periodo que el empleado este activo en la institución. Dentro de esta opción también se pueden anular citas activas por parte del mismo paciente.

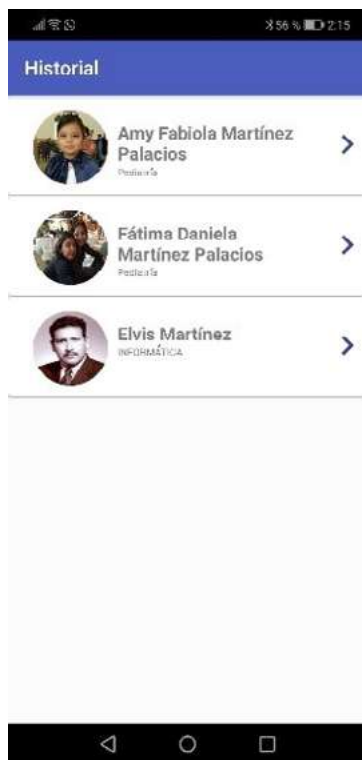


Figura 10. Pantalla principal de historial del paciente y sus beneficiarios.

**Noticias:** esta opción es para consultar las notificaciones enviadas por parte del administrador del sistema de la clínica empresarial para todos los usuarios. Estas alertas son mostradas en forma de aviso emergente que se elimina al presionar sobre él, para luego poderse revisar desde la aplicación.

**Perfil:** en esta opción el usuario podrá actualizar sus datos personales, así como el cambio de contraseña y el poder gestionar sus beneficiarios.

**Salir:** para cerrar sesión deberá de presionar sobre los tres puntos verticales que aparecen al lado superior derecho de la pantalla del menú principal y elegir la opción “Cerrar Sesión”.



Figura 11. Menú de opción para Cerrar Sesión.

## Descripción de la aplicación web

### Módulo Administrativo

El módulo de administración está desarrollado con el framework CodeIgniter. Dicho módulo será utilizado por la enfermera de la clínica empresarial encargada de la recepción de pacientes. La descripción de pantallas es la siguiente:

**Identificación de usuario:** pantalla que solicita las credenciales de acceso al sistema: Usuario y Contraseña.

**Menú de principal:** presenta las opciones de Cerrar Sesión, Configuración, Inicio, Usuarios, Citas, Médicos, Diagnóstico, Pacientes, Estadísticas y Notificaciones.



Figura 12. Menú principal del módulo.

**Horarios:** esta opción está dentro de Configuración. Permite gestionar los horarios disponibles para cada servicio que brinda la clínica: consulta general, pediatría, consulta metabólica o control de embarazo.

**Usuarios:** permite gestionar los registros de todos los pacientes y médicos que se han registrado en la aplicación o que el administrador ha adicionado desde el módulo Web.

**Citas:** en esta pantalla se pueden visualizar y gestionar las reservas de citas de los pacientes para la clínica en cualquiera de sus servicios prestados: general, metabólica, control prenatal y pediatría. Solo se visualizan las citas del día o del día inmediato. Para revisar citas atendidas en otros periodos usar la pantalla de historial.

**Historial de citas:** en esta pantalla se puede realizar la consulta de citas atendidas en días que no sean el actual o del siguiente. Sirve para futuras revisiones de casos atendidos por pacientes.

**Médicos:** permite la gestión de registros de los médicos que prestan sus servicios en la clínica empresarial.

**Diagnósticos:** son los causales por los que se registra una consulta, es decir, que son todos los tipos de síntomas que presenta el paciente al momento de la consulta.

**Pacientes:** permite la gestión de los registros de pacientes que posee la clínica empresarial.

**Estadísticas:** usada para obtener un resumen estadístico gráfico de todos los casos atendidos durante un periodo determinado de tiempo.

**Notificaciones:** permite registrar todas las alertas que se requieren enviar a los pacientes que tienen la aplicación móvil instalada en sus celulares. Dichas alertas son mostradas durante un periodo de vigencia. En el módulo Web siempre estarán visibles hasta que el administrador las elimine.

## Conclusiones

1. La App innovadora de software desarrollada, ha impactado positivamente la manera en que se gestionan las citas médicas dentro de la clínica empresarial del Ministerio de Relaciones Exteriores.
2. La herramienta tiene la capacidad de integrar dos módulos, App Android y módulo Web, que en conjunto optimizan los procesos de la clínica.
3. La App tiene las funcionalidades tanto en el aspecto de presentación dinámica y amigable al usuario final, como en el aspecto de la eficiencia en el almacenamiento y manejo de los registros de citas y consultas de los pacientes.
4. Se realizó un estudio de requerimientos para la selección de las herramientas óptimas del proyecto, estableciendo Android Studio para la parte móvil y CodeIgniter para la parte Web.
5. Se diseñó y programó un modelo informático con metodología mHealth en base a los requerimientos proporcionados por el personal de la Clínica Empresarial y la UTIT del Ministerio de Relaciones Exteriores.
6. Se configuró todo el ambiente de producción en colaboración con el personal de la UTIT y el grupo de trabajo del proyecto de investigación de ITCA-FEPADE, teniendo un servidor seguro y confiable para el resguardo de los datos y las aplicaciones.
7. El resultado de este proyecto de investigación contribuirá con las instituciones que lo implementen, dotándolas de una herramienta innovadora con metodología mHealth.

8. Docentes y estudiantes fortalecieron competencias técnicas e innovaron un proceso en el área de salud para la clínica empresarial, en beneficio de una institución de servicio público.

## Recomendaciones

- ✓ Aprovechar las funcionalidades ya desarrolladas y expandirlas de tal forma que los servicios administrados por la aplicación móvil y Web no solo se limiten a reserva de citas, sino también a otras áreas que puedan necesitar más controles: recetas de medicamentos, exámenes de laboratorio, entre otros.
- ✓ Los resultados de este proyecto abren las puertas a muchas ideas innovadoras que pueden ser aprovechadas para mejorar los servicios de atención no solo en clínicas sino también en hospitales.
- ✓ Se propone que este proyecto en el marco de la Proyección Social de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE pueda ser donado e implementado en cualquier clínica empresarial que lo requiera.

## Referencias

- [1] Z. M. Ashari, A. A. Ngadiman, N. F. Zainudin, y N. F. Jumaat, "The Relationship between Knowledge and Attitude towards Technology Gadget Usage with Students' Socio-Emotions Development", *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, vol. 12, núm. 7, pp. 152-163, nov. 2018.
- [2] J. D. Luján Castillo, *Android. Aprende desde cero a crear aplicaciones*, 1er. Edición. México: Alfaomega, 2015.
- [3] COM SALUD, "¿Qué es la eSalud? Definición y concepto | LaeSalud.com", *La eSalud*, Web de referencia en eHealth en español, 2016.
- [4] espais, "EspidiDoctor", 22-dic-2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.espididocor.com/que-es-la-mhealth/>. [Consultado: 18-ene-2018].
- [5] S. Ramón, P. F. de la Puente, Á. Vázquez, y J. A. Gómez, *Aprender a programar Android con 100 ejercicios prácticos*, 1er. Edición. México: Alfaomega, 2017.
- [6] F. C. Sampieri Roberto y Baptista Pilar, *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill, 2003.



# PLATAFORMA IoT PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE VARIABLES FÍSICAS CON TECNOLOGÍA OPEN HARDWARE

**Carlos Levi Cartagena Lobos**

Ingeniero Industrial. Docente Investigador Escuela de Ingeniería Eléctrica. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional Santa Ana.  
Email: carlos.cartagena@itca.edu.sv

**Ricardo Edgardo Quintanilla Padilla**

Ingeniero en Ciencias de la Computación. Docente Investigador Escuela de Computación. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional Santa Ana.  
Email: repadilla@itca.edu.sv

Recibido: 27/03/2019 - Aceptado: 09/04/2019

## Resumen

El control y monitoreo de variables físicas en tiempo real es de vital importancia en la industria para garantizar la calidad de los productos, la seguridad industrial, el funcionamiento correcto de las máquinas y procesos de fabricación. En la actualidad la industria salvadoreña debe adoptar tecnologías asociadas al Internet de las Cosas. Entendiendo al internet de las cosas como dotar de conectividad a internet a cualquier objeto sobre el que se pueda medir parámetros físicos o manipular remotamente. Para que la industria no se quede rezagada y sea competitiva a nivel internacional. En este sentido, por la importancia que representa el control y monitoreo de variables físicas en la industria, en el Centro Regional de ITCA-FEPADE Santa Ana, se diseñó e implementó una plataforma IoT para el monitoreo de variables físicas con fines didácticos. Para el diseño de la plataforma se utilizaron herramientas de software y hardware abierto tales como el microcontrolador ATmega 328p, antenas XBee, lenguajes de programación C, PHP y Java. Esta plataforma IoT permite el control de cargas eléctricas y el monitoreo de variables tales como: corriente eléctrica, potencia eléctrica, energía eléctrica y temperatura de áreas específicas de la institución. Para efectos de muestreo se eligieron el Centro de Cómputo 2 y el Aula 103. La plataforma permite visualizar y controlar variables físicas desde un smartphone, una computadora o una tablet que estén conectados a la Red del Centro Regional de ITCA-FEPADE Santa Ana.

## Palabras clave

Redes inalámbricas, Internet de las Cosas, IoT, herramientas open-source, ZigBee, soporte lógico de computadores.

## IoT PLATFORM FOR THE CONTROL AND MONITORING OF PHYSICAL VARIABLES WITH OPEN HARDWARE TECHNOLOGY

## Abstract

The control and monitoring of physical variables in real time is very important to the industry to guarantee the quality of products, industrial safety, the operation of the machines and the manufacturing process. Nowadays, the Salvadoran industry must adopt technologies associated with the Internet of Things. Understanding Internet of Things as the possibility to provide internet connection to any object which makes possible to measure physical parameters or controlling remotely and as a help to the industry to stay in touch and be competitive at international levels, at Centro Regional ITCA-FEPADE Santa Ana was designed and implemented an IoT platform to monitor the physical variables with educational purposes. Some hardware and software open source tools like ATmega 328p microcontroller, XBee antennas, PHP, Java and C programming languages were used for the design of the platform. This IoT platform can control the electric charges and monitoring variables of a specific area like: electric current and power, electrical energy and temperature. For statistical measurement the computer center 2 and classroom 103 were chosen. For the use of this software, the user just needs a smartphone, a computer or a tablet to connect to the IoT platform. The user can visualize and have control of physical variables using the platform interface. Both devices (user device and the server) must be connected to the same network, in this case ITCA-FEPADE Santa Ana's network.

## Keyword

Wireless networks, Internet of Things, IoT, open-source tools, ZigBee, computer software.

## Introducción

El Internet de las Cosas IoT, por sus siglas en inglés, se orienta a la interconexión de los objetos de uso diario con la World Wide Web, WWW, término acuñado por Kevin Ashton en 1999 [1]. Estos objetos se conectan entre sí utilizando sensores, actuadores y controladores.

El IoT se está integrando de manera muy rápida en la sociedad; basta con ver la cantidad de elementos que se encuentran para la solución de problemas diarios.

En el área industrial el IoT es la columna vertebral para la implementación de la Industria 4.0, la cual describe cómo los procesos industriales pueden llegar a ser digitalizados e interconectados entre ellos. Este término fue acuñado en el año 2011 en Alemania en la Feria Industrial de Hannover por los profesores Henning Kagermann, físico ex director de SAP AG y Wolfgang Wahster, del Centro Alemán de Inteligencia Artificial, DFKI [1].

El IoT está evolucionando debido a las nuevas tecnologías y al mejoramiento de las interconexiones de los dispositivos; la fabricación de nuevos sensores encapsulados de pequeñas dimensiones ayuda a que su difusión y puesta en marcha sea cada vez más fácil.

A nivel mundial, Alemania es uno de los países pioneros en el desarrollo de tecnologías del IoT para la Industria 4.0, con el soporte de empresas tecnológicas de gran peso industrial, SAP, Bosch, Siemens, Festo, entre otras [1]. En El Salvador, el IoT es una tecnología poco desarrollada, la cual requiere de mayor difusión en el entorno académico e industrial para encontrar aplicaciones innovadoras que mejoren la competitividad del país a nivel mundial.

Este proyecto es un esfuerzo para comprender el funcionamiento y las aplicaciones potenciales de esta tecnología. Se ha diseñado y construido una plataforma IoT utilizando herramientas de software y hardware libre para el control y la medición de variables físicas tales como: temperatura, corriente eléctrica, potencia eléctrica y energía eléctrica. La implementación de la plataforma IoT se ha realizado en el Centro de Cómputo 2 y el Aula 103 del Centro Regional Santa Ana de ITCA-FEPADE.

## Estado de la técnica

### Protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4)

ZigBee es una tecnología inalámbrica de corto alcance y bajo consumo eléctrico, que surge de la antigua alianza HomeRF y que se define como una solución inalámbrica de baja capacidad

para aplicaciones en el hogar, tales como la seguridad y la automatización [2]

Entre las aplicaciones que puede tener están:

- Domótica.
- Automatización industrial.
- Reconocimiento remoto.
- Juguetes interactivos.
- Medicina.
- Otros.

El objetivo de esta tecnología no es obtener velocidades muy altas, ya que solo puede alcanzar una tasa de 20 a 250 Kbps en un rango de 10 a 75 metros, sino que es contar con sensores cuyos transceptores tengan un bajo consumo energético. De hecho, algunos dispositivos alimentados con dos pilas AA pueden durar 2 años sin el cambio de éstas. Por tanto, dichos dispositivos pasan la mayor parte del tiempo en un estado latente para consumir menos energía.

### Bandas de operación

ZigBee opera en las bandas libres de 2.4 Ghz, 858 Mhz para Europa y 915 Mhz para Estados Unidos. En la siguiente figura se puede ver el espectro de ocupación en las bandas del protocolo 802, incluyendo ZigBee 802.15.4.

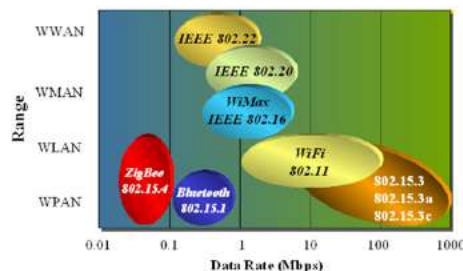


Figura 1. Tecnologías en 2.4 GHz.

En la banda de 2.4 GHz usa la modulación de espectro expandido DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). A una velocidad de transmisión de 250 Kbps y a una potencia de 1 mW cubre aproximadamente unos 13 metros de radio [2].

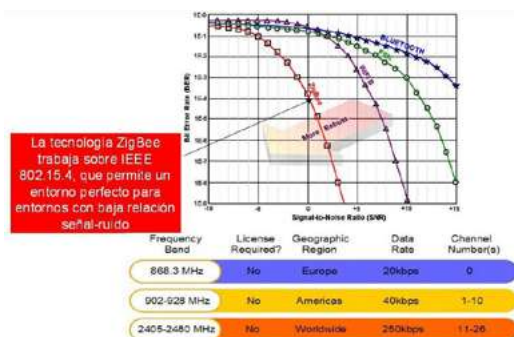


Figura 2. Características de radio.

En la Tabla 1 se puede observar la distancia en función de la potencia transmitida y la velocidad de transmisión.

Tabla 1. Distancia de transmisión.

Potencia (mW) / Velocidad (Kbps)	1mW	10mW	100mW
28 Kbps	23 m	54 m	154 m
250 Kbps	12 m	29 m	66 m

En cuanto a la gestión del control de acceso al medio hace uso de CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Acces with Collision Avoidance) y es posible usar ranuras temporales TDMA (Time Division Multiple Access) para aplicaciones de baja latencia.

### Nodos y topología de red

En una red ZigBee pueden haber hasta 254 nodos, no obstante, según la agrupación que se haga, se pueden crear hasta 255 conjuntos/clusters de nodos, con lo cual se puede llegar a tener 64770 nodos con la posibilidad de utilizar varias topologías de red: en estrella, en malla o en grupos de árboles, como puede verse a continuación [2]:

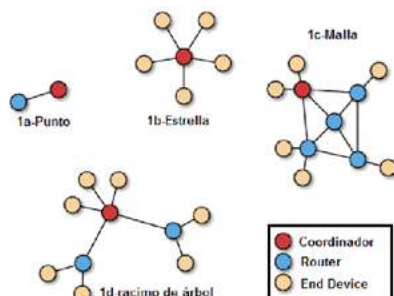


Figura 3. Modelos topología de red.

Se permite un encaminamiento o enrutamiento de saltos múltiples, también conocido como multi-hop, que hace posible que estas redes abarquen una gran superficie.

En ZigBee hay tres tipos de dispositivos:

#### → Coordinador

1. Sólo puede existir uno por red.
2. Inicia la formación de la red.
3. Es el coordinador de Red de Área Personal, PAN.

#### → Router

1. Se asocia con el coordinador de la red o con otro router ZigBee.
2. Puede actuar como coordinador.
3. Es el encargado del enrutamiento de saltos múltiples de los mensajes.

#### → Dispositivo final

1. Elemento básico de la red.
2. No realiza tareas de enrutamiento.

## Metodología de investigación

Para el desarrollo del proyecto “Plataforma IoT para el Control y Monitoreo de Variables Físicas con Tecnología Open Hardware”, se utilizó el diseño experimental llevando a cabo las siguientes actividades:

1. Diseñar los módulos hardware para la medición y control de variables físicas. En esta etapa se realizaron las siguientes tareas:
  - a. Diseño de los circuitos esquemáticos.
  - b. Diseño y construcción de circuito impreso (PCB).
  - c. Montaje de los componentes electrónicos.
  - d. Programación de firmware en lenguaje C [3].
  - e. Pruebas locales.
2. Implementar una plataforma en la nube basada el IoT. Para esta fase se obtuvieron los siguientes resultados [4]:
  - a. Base de datos de la plataforma IoT.
  - b. Plataforma IoT para el control y monitoreo de las variables físicas.
3. Implementar una red inalámbrica utilizando el protocolo de comunicación 802.15.4 para ZigBee.
4. Reacondicionar la red eléctrica en las áreas específicas seleccionadas del Centro Regional.

## Resultados

### RED PAN (Personal Area Network)

Se diseñó una red PAN (Personal Área Network) bajo el protocolo ZigBee (802.15.4), utilizando antenas XBee conectadas en red con topología tipo estrella y configuración punto a multipunto. La red PAN se conecta con una red LAN (Local Área Network) a través de una puerta de enlace para que los datos sean distribuidos a través de Internet. El diseño global de la red para la plataforma IoT se muestra en la figura 4.

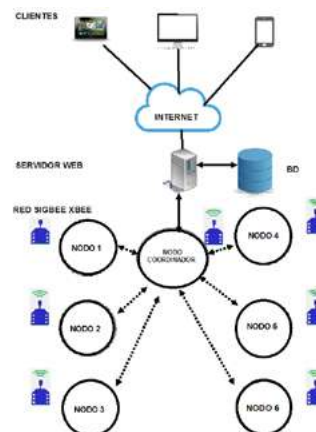


Figura 4. Arquitectura de red para la plataforma IoT.

Cada nodo de la red PAN está compuesto por hardware embebido, diseñado especialmente para el control de cargas y medir las siguientes variables físicas:

- Corriente alterna.
- Potencia eléctrica aparente.
- Energía eléctrica.
- Temperatura ambiente.

La arquitectura de hardware utilizada para la recolección y transmisión de datos se muestra en la figura 5

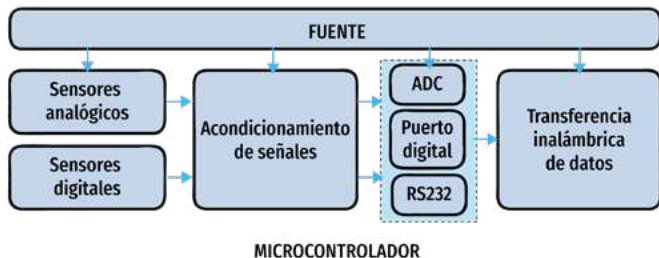


Figura 5. Diagrama de bloques del hardware embebido.

#### Tarjeta para monitor de energía eléctrica (PWRMONTX\_V2)

Se diseñó y construyó la tarjeta PWRMONTX\_V2, Fig.6, la cual cuenta con las siguientes características:

- ▶ Tiene cuatro puertos con conectores tipo Jack de audio de 3.5 mm.
- ▶ La interfaz para el acondicionamiento de señales está diseñada para que se puedan utilizar los sensores SCT013-30 y el SCT13-100.
- ▶ La unidad de cálculo es un microcontrolador Atmega 328P [5]
- ▶ Comunicación inalámbrica con antena XBee.
- ▶ Capacidad máxima de medida usando sensores SCT13-100 es de 400A.
- ▶ Capacidad máxima de medida usando sensores SCT13-30 es de 120A.

Las aplicaciones potenciales de la tarjeta son:

- Medir el consumo eléctrico en una instalación eléctrica de baja tensión.
- Comprobar el estado de una instalación eléctrica.
- Obtener patrones de consumo.
- Monitorear el desbalance de carga en tiempo real para instalaciones eléctricas de baja tensión.



Figura 6. Tarjeta para el monitoreo de la energía eléctrica.

#### Tarjeta para el manejo de cargas eléctricas (POWERCONTROL\_V1)

La tarjeta POWERCONTROL\_V1, Fig. 7, tiene las siguientes características:

- ◆ Utiliza salidas de relé con capacidad de manejar cargas de hasta 10A (250V/125V) con corriente alterna y 10A (30V/28V) con corriente directa.
- ◆ Comunicación inalámbrica con antena XBee.

Las aplicaciones potenciales de la tarjeta son:

- Control remoto de cargas que funcionan con corriente AC.
- Control remoto de cargas que funcionan con corriente DC.

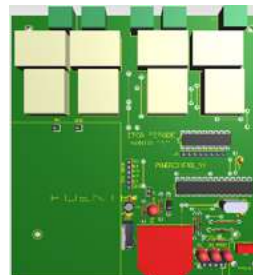


Figura 7. Tarjeta para el control de carga.

#### Tarjeta para la medición de la temperatura (TMONTX\_V1)

La tarjeta TMONTX\_V1, Fig. 8, tiene las siguientes características:

- » Integra dos puertos que permiten conectar sensores de temperatura del tipo DS18B20 con el que se pueden medir temperatura desde los -55°C hasta los 125°C.
- » Comunicación inalámbrica con antena XBee.
- » Un puerto digital para conectar un sensor PIR.

Se puede utilizar para:

- Monitorear la temperatura ambiente.
- Estudios de aislamiento térmico de diferentes tipos de materiales.
- Realizar estudios de la eficiencia energética de los sistemas de climatización, en conjunto con la tarjeta PWRMONTX\_V2, figura 6.

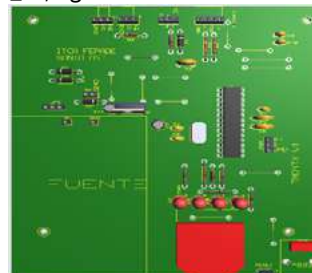


Figura 8. Tarjeta para el monitoreo de temperaturas.

#### Funcionamiento global del sistema

Este sistema permite visualizar el consumo eléctrico del local bajo control, la temperatura tanto en el interior como el exterior, además de permitirle a una persona encargada



encender y apagar los dispositivos de forma remota.  
El sistema está compuesto por tres partes principales:

- Red ZigBee XBee
- Servidor Web.
- Clientes.

**Red ZigBee XBee:** Es una red inalámbrica que funciona bajo el protocolo 802.15.4; está integrada por un nodo coordinador y seis nodos de dispositivo final. El nodo coordinador se encarga de coordinar la comunicación entre los diferentes elementos de la red PAN, los nodos de dispositivo final capturan la información proveniente de los sensores de corriente y temperatura, luego la transmiten al nodo central.

**Servidor Web:** El servidor Web toma la trama de datos del nodo coordinador y los almacena en una base de datos. En el servidor corre un programa desarrollado en el lenguaje PHP, el cual hace posible que los datos estén disponibles en Internet o red local.

**Cliente:** Es el usuario de los datos que mediante una conexión a Internet o red local usando diferentes dispositivos como PC, smartphones y tablets, puede visualizar la información de los diferentes sensores y realizar acciones de control como activar o desactivar cargas remotamente.

### Monitoreo de la energía eléctrica

El monitoreo de la energía eléctrica se realiza con la tarjeta PWRMONTX\_V2, Fig.6, usando los sensores de la serie SCT13.

Para realizar la medición se resolvieron cuatro problemáticas:

- » Salida del sensor en intensidad.
- » Adaptación de rango de tensión.
- » Procesamiento con el microcontrolador Atmega 328p.
- » Visualización.

#### Salida del sensor en intensidad

El SCT-013 son transformadores de intensidad, es decir, la medición se obtiene como una señal de intensidad proporcional a la corriente que circula por el cable. Pero los microcontroladores solo son capaces de medir tensiones. Este problema es sencillo de resolver. Para convertir la salida en intensidad en una salida de tensión, únicamente se incluye una resistencia Burden.

Excepto el modelo SCT-013-100, todos los demás modelos tienen una resistencia Burden interna para que la salida sea una señal de tensión de 1V.

Únicamente el caso SCT-013-100, carece de resistencia Burden interna, por lo que la salida es una señal de  $\pm 50\text{mA}$ . Una resistencia de  $33\Omega$  en paralelo con el sensor es suficiente.

#### Adaptación de rango de tensión

Otro problema que se resolvió es que se está midiendo corriente alterna, y la intensidad inducida en el secundario es igualmente alterna. Tras el paso por la resistencia Burden (interna o externa) la salida de tensión también es alterna. Sin embargo, como se sabe, las entradas analógicas de la mayoría de los microcontroladores, sólo pueden medir tensiones positivas.

Para poder medir las tensiones de la salida del transformador, se agregó un amplificador operacional como seguidor de tensión para acondicionar las señales leídas por el microcontrolador.

#### Procesamiento con el microcontrolador Atmega 328p

Como la fuente de la señal es corriente alterna, usando el microcontrolador se obtiene el valor RMS con la siguiente fórmula:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad \text{En tiempo discreto:} \quad I = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^N i_n^2}$$

Donde:

- N es la cantidad de muestras en un período o múltiplo de éste.
- I es la corriente RMS.
- $i_n$  es la corriente instantánea.

Con esta fórmula se obtiene el valor RMS y usando un voltaje promedio de 120V, se calculó la potencia usando la siguiente fórmula:

$$P = I * 120$$

Donde:

- P es la potencia eléctrica aparente.
- I es la corriente RMS.
- 120 es el voltaje RMS.

Cuando el microcontrolador ha realizado todos los cálculos, los datos resultantes se agrupan en una cadena ASCII y se envían al servidor.

#### Visualización

Los datos que la tarjeta PWRMONTX\_V2 envía son capturados, clasificados y almacenados en una base de datos del servidor local. La visualización de los resultados se aprecia en las siguientes figuras:

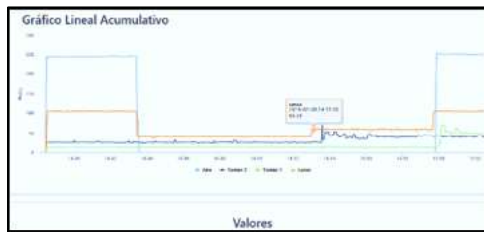


Figura 9. Gráfico de potencia eléctrica para cuatro cargas en el Centro de Cómputo 2 (CC2).



Figura 10. Gráfico de corriente eléctrica para cuatro cargas en el Centro de Cómputo 2 (CC2).

## Monitoreo de la temperatura

El monitoreo de la temperatura se realizó con la tarjeta TMONTX\_V1, Fig.8, usando el sensor DS18B20.

Los sensores DS18B20 proporcionan una señal digital, por lo que el microcontrolador no requiere del proceso de conversión de analógico a digital. Los datos capturados se envían al servidor en formato ASCII para ordenarlos y almacenarlos.

El proyecto permite únicamente visualizar las temperaturas, pues todavía no se han programado acciones específicas. Los gráficos de temperatura que el usuario puede visualizar se muestran en las siguientes imágenes.



Figura 11. Gráfico de temperatura en el exterior del CC2.

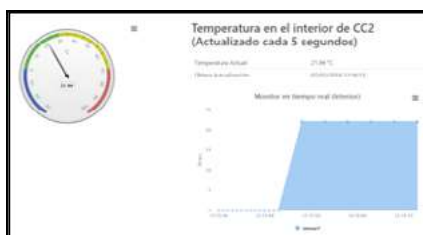


Figura 12. Gráfico de temperatura en el interior del CC2.

## Control de cargas

El control de cargas se realiza con la tarjeta POWERCONTROL\_V1, figura 7. La acción de apagar o encender una carga se puede efectuar de forma remota y manual; cada tarjeta se diseñó para controlar cuatro cargas.

En el monitor de cargas se puede visualizar el estado de las cargas en tiempo real. A continuación se muestran imágenes que el usuario visualiza en la pantalla del dispositivo móvil o computadora.



Figura 13. Panel de control de luces del CC2.



Figura 14. Panel de control de tomas y aire acondicionado del CC2.

El sistema fue instalado en el Aula 103 y el Centro de Cómputo 2 del Centro Regional de ITCA - FEPAD Santa Ana. El montaje se puede apreciar en las siguientes figuras.



Figura 15. Instalación en el Aula 103.



Figura 16. Instalación en el Centro de Cómputo 2.

## Conclusiones

- a. Los resultados obtenidos en este proyecto muestran que es posible obtener información en tiempo real de variables físicas de forma remota.
- b. Existe un tiempo de latencia desde que los sensores captan las señales, más el procesamiento embebido, transmisión de tramas, almacenamiento en base de datos y muestra de resultados en pantalla en cada etapa del proceso.
- c. Para construir una estructura flexible, mecánica y electrónica capaz de integrar los elementos en un espacio más reducido, se requiere de equipo sofisticado, preciso y de calidad.
- d. Basándonos en la experiencia la tarjeta de control de carga PWRMONTX\_V2 diseñada, se verificó que hay fluctuaciones electromagnéticas ocasionadas por los relés afectando al microcontrolador el cual pierde la sincronía; para que recupere el funcionamiento normal se debe reiniciar.
- e. Para poder integrar las tarjetas a los circuitos eléctricos de las áreas, se deben usar elementos electromecánicos como relés y contactores tomando en cuenta las corrientes de las cargas a controlar y la flexibilidad para tener un control manual y automático.
- f. La red PAN es un tipo de red que con tecnología basada en el protocolo ZigBee es ideal para poder implementar soluciones orientadas al Internet de las Cosas; ya que los sensores no demandan un gran ancho de banda.

## Recomendaciones

- Se recomienda que la Plataforma IoT desarrollada en el Centro Regional de Santa Ana sea capaz de utilizar la información visualizada en tiempo real para la toma de decisiones a través de actuadores y controladores.
- Los resultados obtenidos establecen las bases y forman un precedente para futuros proyectos similares.
- Para construir una estructura flexible, mecánica y electrónica capaz de integrar los elementos en un espacio más reducido, se requiere de equipo sofisticado, preciso y de calidad.

## Referencias

- [1] L. Joyanes Aguilar, Industria 4.0 la cuarta revolución industrial. México: Alfaomega, 2017.
- [2] I. Romero (14 septiembre del 2015). Zigbee in Space: XBee RF Modules launched by NASA. Zegbee Alliance.[Online]. Available: <https://www.zigbee.org/zigbee-in-space-xbee-rf-modules-launched-by-nasa/>. [Accessed: 12-feb-2019]
- [3] J. R. Lajara Vizcaino y J. Pelegrí Sebastián, Sistemas integrados con Arduino. México, D.F. : Alfaomega, 2014.
- [4] L. Joyanes Aguilar, Computación en la nube: estrategias de Cloud Computing en las empresas. México: Alfaomega, 2012.
- [5] F. Reyes Cortés, y J. Cid Monjaraz. Arduino: aplicaciones en robótica mecatrónica e ingenierías. México D.F: Alfaomega, 2015.

# APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA PROMOVER EL E-TURISMO DEL PATRIMONIO CULTURAL ARQUITECTÓNICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE SANTA ANA

**Miguel Ángel Velásquez Castillo**

Licenciado en Historia. Técnico en Diseño Gráfico. Docente Investigador, carrera Técnico en Gestión Tecnológica del Patrimonio Cultural. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional Santa Ana. Email: [mangel.velasquez@itca.edu.sv](mailto:mangel.velasquez@itca.edu.sv)

**Henry Magari Vanegas Rodríguez**

Maestría en Liderazgo Gerencial Educativo. Ingeniero en Sistemas Informáticos. Docente investigador Escuela de Ingeniería en Computación. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional Santa Ana. Email: [henry.vanegas@itca.edu.sv](mailto:henry.vanegas@itca.edu.sv)

Recibido: 04/04/2019 - Aceptado: 27/06/2019

## Resumen

Este artículo presenta el resultado del proyecto de investigación aplicada ejecutado por las carreras de Técnico en Ingeniería de Sistemas Informáticos y Técnico en Gestión Tecnológica del Patrimonio Cultural de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE Centro Regional Santa Ana. El proyecto tuvo como objetivo principal promover el e-Turismo y difundir la riqueza de las estructuras arquitectónicas con valor patrimonial del Centro Histórico de la ciudad de Santa Ana. Con este propósito se desarrolló la aplicación ARquitec Santa Ana para dispositivos móviles. Esta App de realidad aumentada está disponible para la plataforma Android en sus versiones 7.0 Nougat (API 24) y posteriores, publicada en la Google Play Store y con acceso gratuito. La aplicación permite visualizar e interactuar con modelos 3D de los edificios más importantes y emblemáticos del Centro Histórico de Santa Ana y contiene además una reseña en formato de texto y fotografías de los mismos edificios. Los edificios recreados dentro de la App son: Catedral de Santa Ana, Teatro de Santa Ana, Palacio Municipal de Santa Ana, Centro de Arte de Occidente y Casa Ex Escalón. La aplicación es una herramienta útil para promover y divulgar la riqueza arquitectónica a través de modelos virtuales y contribuye a la comprensión y puesta en valor de las edificaciones y monumentos del Centro Histórico de Santa Ana. La App pueda ser utilizada en entornos virtuales de aprendizaje, convirtiéndose en un recurso didáctico alternativo para la comprensión y valoración del patrimonio cultural dentro del aula.

## Palabras clave

Patrimonio cultural, Santa Ana, El Salvador, arquitectura, dispositivos móviles, Android, realidad aumentada, modelos 3D.

## AUGMENTED REALITY MOBILE APPLICATION TO PROMOTE E-TOURISM OF THE ARCHITECTURAL CULTURAL HERITAGE OF HISTORIC CENTER OF SANTA ANA

## Abstract

This article presents the result of the applied research project executed by the majors of Técnico en Ingeniería de Sistemas Informáticos and Técnico en Gestión Tecnológica del Patrimonio Cultural of Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE Centro Regional Santa Ana. The main objective of the project was to promote e-Tourism and disseminate the wealth of architectural structures with heritage value of the Historic Center of Santa Ana. With this purpose, the mobile application "ARquitec Santa Ana" was developed. This Augmented Reality App is available for Android in its versions 7.0 Nougat (API 24) and later, published at Google Play Store with free access. The application allows to visualize and interact with 3D models of the most important and emblematic buildings of the Historic Center of Santa Ana with a review in text format and photographs of the buildings themselves. The buildings recreated within the App are: Santa Ana Cathedral, Santa Ana Theater, Santa Ana Municipal Palace, Western Art Center and The Ex Escalón House. The application is a useful tool to promote and disseminate the architectural wealth through virtual models and contributes to the comprehension and appreciation of the buildings and monuments of the Historic Center of Santa Ana. The App can be used in virtual learning environments, becoming an alternative didactic resource for understanding and assessing cultural heritage within the classroom.

## Keyword

Cultural heritage, Santa Ana, El Salvador, architecture, mobile devices, Android, augmented reality, 3D models.



## Introducción

El proyecto consistió en el desarrollo de una aplicación para teléfonos móviles, específicamente para dispositivos Android. Esta aplicación utiliza la tecnología de la realidad aumentada y con ella se difunde información de forma dinámica, interactiva e innovadora del patrimonio cultural del Centro Histórico de Santa Ana, particularmente edificios emblemáticos. El público al que va dirigida esta aplicación particularmente son estudiantes y turistas nacionales y extranjeros [1]. Una de las ventajas de la aplicación es que pueden apreciar el patrimonio arquitectónico en cualquier momento y lugar a través de la aplicación instalada en un dispositivo móvil inteligente.

La aplicación utiliza la cámara del Smartphone o Tablet; el usuario obtiene un listado de los sitios de interés que puede visualizar virtualmente en tres dimensiones sobre una superficie real. La App permite al usuario rodear, acercarse o alejarse del modelo en 3D del edificio, según su conveniencia.

Los beneficios de este proyecto están enfocados en la identificación, difusión y valoración del patrimonio cultural arquitectónico del Centro Histórico de Santa Ana; proporciona información de forma innovadora de los sitios de interés y promueve el e-turismo local al proveer un valor agregado a la riqueza patrimonial de la ciudad [2].

## Desarrollo

El proyecto de investigación fue multidisciplinario y comprendió dos áreas de trabajo, patrimonio cultural e informática. El aporte del área de patrimonio cultural estuvo orientado a la investigación bibliográfica en torno al patrimonio inmueble del Centro Histórico de Santa Ana; se propuso la metodología más pertinente para generar los modelos 3D, utilizando la tecnología de fotogrametría aérea.

El proyecto requirió cuatro etapas de trabajo.

### Primera Etapa

- Planificación de las diferentes sesiones fotográficas.
- Observación y análisis de la factibilidad de aplicación de la fotogrametría aérea en los diferentes edificios a incluir.
- Gestiones de colaboración, permisos requeridos para el acceso a las estructuras.

En esta etapa se procedió a experimentar con el procedimiento de fotogrametría, realizando tomas de fotografías sobre una maqueta propiedad del Comité Pro-Restauración de Catedral, con el fin de generar un modelo 3D a modo de ensayo.

### Segunda Etapa

Sesiones de tomas fotográficas con dron de los edificios a incluir en la App con el objetivo de obtener mayor detalle en los modelos 3D.

### Tercera Etapa

Generación de los modelos 3D de cada uno de los edificios emblemáticos utilizando las siguientes aplicaciones:

- ReCap Photo Autodesk
- Agisoft Photo Scan

### Cuarta Etapa

Edición y exportación de modelos 3D utilizando el formato OBJ.



Figura 1. Modelo 3D realizado con la aplicación Agisoft PhotoScan.

### Desarrollo de la aplicación ARquitec Santa Ana

Para el desarrollo de la aplicación se realizó el análisis de software y la integración de elementos con tecnología de realidad aumentada.

Se investigaron las estrategias utilizadas actualmente y se decidió trabajar con Android Studio [3], utilizando las librerías ARcore [4]. Esta tecnología presenta mayor flexibilidad al momento de colocar el modelo 3D, ya que permite integrar en la realidad aumentada sin depender de un marcador, caso contrario de Unity [5], que si necesita incorporar el marcador para colocar el modelo 3D.

Se definió una interfaz intuitiva para presentar el contenido general a manipular con la aplicación; esta interfaz posee una opción por cada elemento que permite utilizar la cámara del dispositivo para visualizar los modelos 3D, en este caso de realidad aumentada.

En la lógica de programación de la aplicación, se desarrollaron módulos para el reconocimiento de las superficies donde se

colocan los modelos 3D de las estructuras arquitectónicas creadas.

Se generó una aplicación Android, App, publicada en la plataforma Google Play Store con el nombre de **“ARquitec Santa Ana”**, publicada por “ITCA Investigación”, sin costo para los usuarios interesados en descargarla.

## Resultados

Se desarrolló una aplicación de realidad aumentada para la plataforma Android disponible para sus versiones 7.0 Nougat (API 24) y posteriores, publicada en la Google Play Store, con el nombre de **ARquitec Santa Ana**, el costo de la aplicación es gratuito.

La aplicación permite visualizar e interactuar con modelos 3D de los edificios más importantes y emblemáticos del Centro Histórico de Santa Ana. Contiene una reseña en formato de texto y fotografías de los mismos edificios, siendo estos:

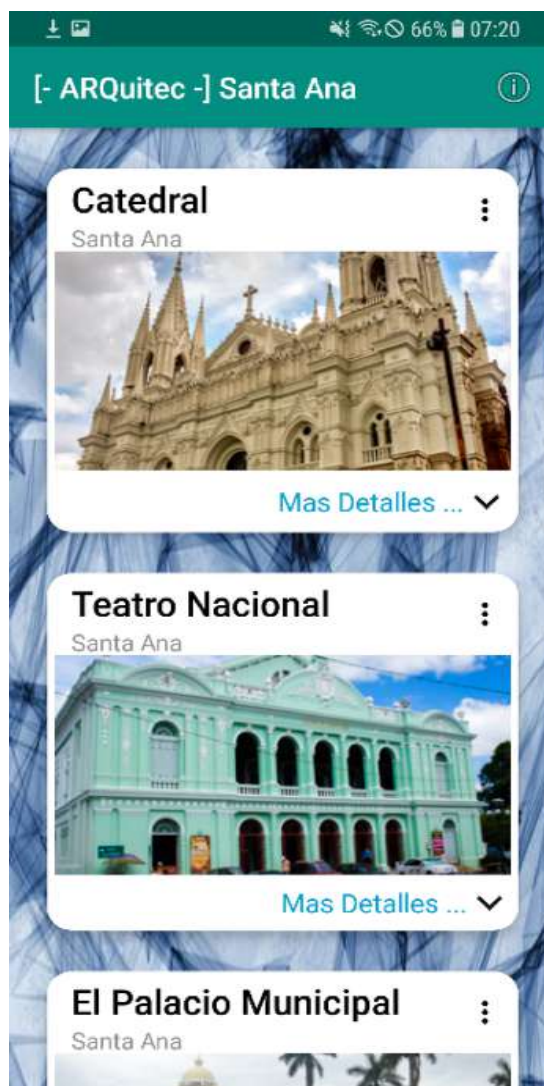
1. Catedral de Santa Ana
  2. Teatro de Santa Ana
  3. Palacio Municipal de Santa Ana
  4. Centro de Arte de Occidente
  5. Casa ex Escalón
- Se diseñaron cinco modelos 3D de edificios con valor cultural del Centro Histórico de Santa Ana.
  - Se recopiló información documental y fotográfica del patrimonio arquitectónico de Santa Ana.
  - Se desarrolló la aplicación innovadora **“ARquitec Santa Ana”** utilizando Android Studio y las librerías ARcore con tecnología de realidad aumentada.
  - Se liberó para el público la aplicación **“ARquitec Santa Ana”** en la plataforma Google Play Store gratuitamente para todos los usuarios.



Figura 2. Captura de pantalla del funcionamiento de la App.

Tabla 1.  
Características Técnicas de la App

Especificación	Detalle
Sistema Operativo	Android
Versión mínima soportada	7.0 Nougat (API Nivel 24 y 25)
Versión de compilación	8.1 Oreo (API Nivel 27)
Versión máxima soportada	9.0 Pie (API Nivel 28)
Librerías y componentes previos del dispositivo necesarios para el funcionamiento	ARCore de Google Google Play Services Google Maps
Componente hardware de interacción	Cámara Full HD
Tamaño	42 MB



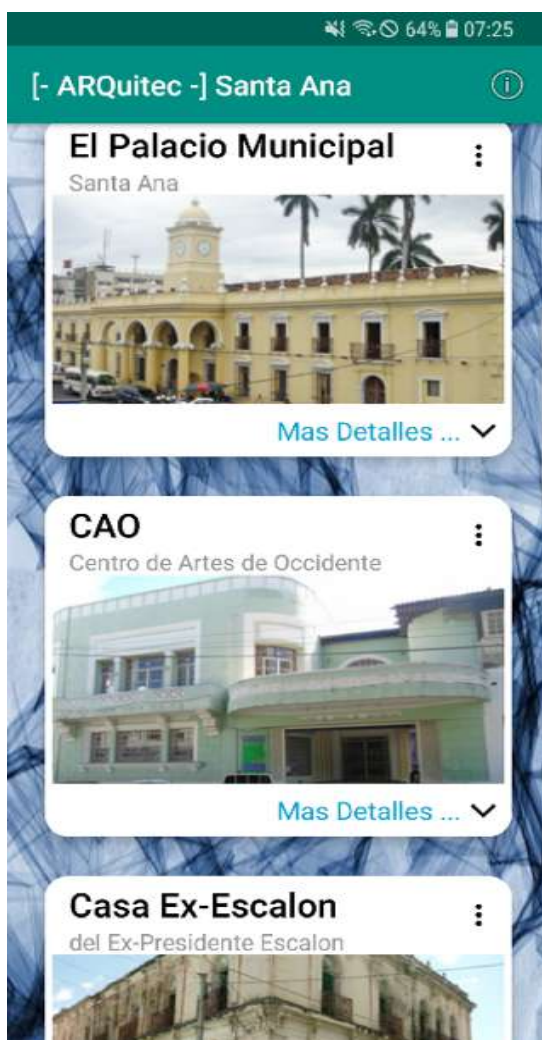


Figura 3. Pantalla principal de la App.

## Conclusiones

La aplicación será de gran utilidad, al proporcionar una visualización tridimensional e interactiva de los inmuebles con valor patrimonial del Centro Histórico de Santa Ana.

Este contenido visual podrá complementar lo que ya se obtiene por medio textual, convirtiéndose en información más inmediata, más adecuada y preferida por el público en la actualidad.

La realidad aumentada es una tecnología que tiene aceptación y más uso entre los usuarios de dispositivos móviles. Es un tipo de información innovadora.

Esta aplicación pone a disposición de los usuarios información accesible y relevante de los edificios emblemáticos de la ciudad de Santa Ana, enfocándose en su Centro Histórico.

El acceso a la información de forma fácil, interactiva e

inmediata, sin duda enriquece la experiencia del visitante a los sitios de interés patrimonial, con lo que se promueve y alienta la visita de más turistas a la ciudad [6].

## Recomendaciones

Se recomienda difundir este proyecto por diferentes medios para que sea aprovechado por turistas, visitantes y público en general.

Esta aplicación puede ser utilizada en las aulas como un recurso didáctico alternativo, ya que puede convertirse en el puente entre los conceptos teóricos y la formación práctica.

Esta aplicación puede ser una herramienta que facilite la adquisición de aprendizajes prácticos en los procesos de formación virtual o e-Learning, ya que combinada con los dispositivos móviles, puede constituir una potente herramienta para facilitar e impulsar el aprendizaje [7].

Esta tecnología puede ser utilizada por estudiantes de diferentes niveles como una herramienta de aprendizaje, ya que es gratuita y no necesita de grandes requerimientos de hardware para ponerla en práctica.

## Referencias

- [1] "Boletín estadístico 2015" Ministerio de Turismo de El Salvador [En línea]. Disponible en: <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/corsatur/documents/159618/download> [Accedido: enero 2019]
- [2] "Manual de Unity 3D" [En línea]. Disponible en: <https://unity.com/es> [Accedido: enero 2019]
- [3] "User Guide Android Studio" [En línea]. Disponible en: <https://developer.android.com/studio> [Accedido: febrero 2019]
- [4] "ARCore overview [En línea]. Disponible en: <https://developers.google.com/ar/> [Accedido: febrero 2019]
- [5] P. Rodríguez Alomá. "El centro histórico: del concepto a la acción integral", Centro-h, Revista de la Organización Latinoamericana y del Caribe de Centros Históricos, no.1, pp.51-64, 2008. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1151/115112534005.pdf>. [Accedido: 27-ene-2018]
- [6] Y. Borrega, «PatrimonioTur.pdf». 2009 [En línea]. Disponible en: <https://www.turismoruralbolivia.com/docs/PatrimonioTur.pdf>. [Accedido: 25-ene-2018]
- [7] D. Ruiz Torres, La realidad aumentada y su aplicación en el patrimonio cultural. España: Trea, 2013.

# INNOVACIÓN DE BANCO PROBADOR DE TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS DEL AUTOMÓVIL LIVIANO

**Francisco Ernesto Cortez Reinosá**

Técnico en Mecánica Automotriz. Docente Investigador Escuela de Ingeniería Automotriz. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla.  
Email: fcortez@itca.edu.sv

**Kelmin Roberto Molina Salvador**

Técnico en Mecánica Automotriz. Docente Investigador Escuela de Ingeniería Automotriz. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla.  
Email: kmolina@itca.edu.sv

Recibido: 14/05/2019 - Aceptado: 23/05/2019

## Resumen

En El Salvador, la oferta de vehículos importados ya usados es cada vez mayor y con ello el número de unidades con transmisiones automáticas. La revisión de las transmisiones automáticas representa un reto para los técnicos automotrices, debido a que requieren de mayores conocimientos técnicos, mayor cuidado al momento de diagnosticarlas, repararlas y durante el proceso de montaje en los vehículos. La Escuela de Ingeniería Automotriz de ITCA-FEPADE presenta en este artículo los procesos de innovación tecnológica ejecutados en un equipo probador construido previamente. El objetivo de esta innovación apostó a actualizar la tecnología para volver más eficiente el equipo al momento de diagnosticar y probar las transmisiones automáticas. El equipo probador está limitado a dos modelos de las marcas con la mayor cuota de mercado en el país; no obstante, en un futuro podrían incluirse otras marcas y modelos. Los resultados obtenidos con el proyecto permiten desarrollar en gran medida competencias técnicas de actualización para los estudiantes de la carrera de Técnico en Mecánica Automotriz y participantes en cursos de educación continua en el área de transmisiones automáticas. Considerando la vida útil de algunos componentes, desgaste mecánico de motor y fatiga de sistema eléctrico de control de las transmisiones automáticas, se procedió a innovar el banco probador y a mejorar el sistema hidráulico para un óptimo funcionamiento durante las pruebas a realizar, así como de las características de operación. Este equipo sin lugar a dudas ayudará a quienes reparan transmisiones automáticas a comprobar, previo a la instalación en el vehículo, la efectividad del trabajo realizado.

## Palabras clave

Innovaciones tecnológicas, automóviles, circuitos integrados, LabView, Arduino UNO, motores de combustión interna.

## INNOVATION OF AUTOMATIC TRANSMISSIONS TEST BENCH OF LIGHTWEIGHT AUTOMOBILE

## Abstract

In El Salvador, the supply of imported used vehicles is increasing and with it the number of units with automatic transmissions. The revision of automatic transmissions represents a challenge for automotive technicians, because they require greater technical knowledge, and additional care at moment of diagnosing, repairing and during the assembly process. The Escuela de Ingeniería Automotriz of ITCA-FEPADE presents in this article the technological innovation processes executed in a previously built tester equipment. The objective of this innovation bet to update the technology to make the equipment more efficient at moment of diagnosing and testing automatic transmissions. The tester team is limited to two models of brands with the largest market share in the country; however, in the future, other brands and models could be included. The results obtained with the project allow to develop a large extent technical updating skills for the students of Técnico en Mecánica Automotriz and participants in continuing education courses in the area of automatic transmissions. Considering the useful life of some components, engine mechanical wear and fatigue of the electric system of automatic transmissions control, we proceeded to innovate the test bench and improve the hydraulic system for an optimal functioning during the tests to be carried out, as well as the characteristics of operation. This equipment will undoubtedly help those who repair automatic transmissions to check prior to installation in the vehicle, the effectiveness of the work done.

## Keyword

Technological innovations, automobiles, integrated circuits, LabView, Arduino UNO, internal combustion engines.



## Introducción

El Banco Probador de Transmisiones Automáticas” es uno de los equipos con los cuales cuenta la Escuela de Ingeniería Automotriz, ha sido de gran ayuda para formar a los estudiantes de segundo año de la carrera de Técnico en Mecánica Automotriz que cursan el módulo de “Corrección de fallas en la Transmisión Automática.

Con la innovación de este equipo se simulan condiciones y regímenes de funcionamiento cambiantes para probar transmisiones automáticas, como si estuvieran instaladas en el automóvil, de manera segura y controlada. Con este equipo es posible diagnosticar fallas de manera eficiente, en menor tiempo y facilitar la labor del técnico automotriz.

Considerando los avances tecnológicos en la industria automotriz [1], fue posible mejorar e innovar el banco probador de transmisiones automáticas existente con título de Propiedad Intelectual de Patente de Modelo de Utilidad.

En este sentido, la Escuela de Ingeniería Automotriz en coordinación con la Escuela de Ingeniería Eléctrica y la Escuela de Educación Dual, hicieron posible innovar el equipo con mejores características técnicas de funcionamiento, lo cual permitió estar a la vanguardia en el área académica de la tecnología automotriz.

Como resultado se obtuvo un equipo innovador que amplía sus características técnicas de operación y la gama de modelos de transmisiones automáticas que pueden ser diagnosticadas.



Figura 1. Banco probador de transmisiones automáticas en proceso final de innovación.

## Desarrollo

**Innovaciones significativas en el equipo probador de transmisiones automáticas.**

### Software de control LabView

LabView es un software que proporciona un potente entorno de desarrollo gráfico para el diseño de aplicaciones de Ingeniería de adquisición de datos, análisis de medidas y presentación de datos gracias a un lenguaje de programación sin la complejidad de otras herramientas de desarrollo [2].

La idea principal de utilizar este software es facilitar la manipulación del banco probador desde una plataforma, tanto digital o Display como física o panel de control, brindando con ello múltiples ventajas.

### Características principales mostradas en el Display

- ✓ Presión de línea. Circuito hidráulico principal.
- ✓ Presión gobernada de la bomba de aceite.
- ✓ Temperatura del refrigerante del motor de combustión interna.
- ✓ Valor de presión de aceite del motor.
- ✓ Revoluciones por minuto del giro del motor (RPM)
- ✓ Interruptor principal de arranque del probador.
- ✓ Interruptor de control de paro de emergencia.
- ✓ Interruptor de aceleración del probador.

Una de las bondades que brinda la utilización del programa LABview, es la relativa a los diferentes valores que puede mostrar la pantalla según las pruebas a realizar. Se configuró el sistema de tal manera que la vista en la pantalla de la computadora sea similar al del panel físico de control.

Este control digital, combinado con la aplicación de la plataforma electrónica Arduino UNO permite realizar una de las mejoras más significativas, logrando con esto monitorear los valores reales generados durante la prueba de manera digital. La combinación de diferentes tecnologías, tanto del programa LABview como de Arduino, permite innovar en el área automotriz con sus variadas aplicaciones en diferentes sistemas del vehículo.

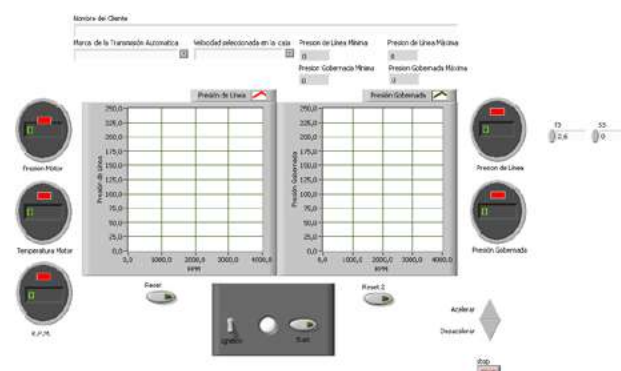


Figura 2. Display o pantalla mostrada en monitor con LabView.



Figura 3. Panel de control de marcadores digitales.

## Hardware Arduino UNO

Al ser Arduino una plataforma de hardware libre, tanto su diseño como su distribución puede utilizarse libremente para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto sin haber adquirido ninguna licencia. En la placa Arduino es donde se conectaron los sensores, actuadores y otros elementos necesarios para la comunicación con el sistema con el fin de lograr las funciones deseadas.

En este proyecto se controla de manera segura la aceleración del motor de combustión interna, a través de un servomotor, cuyo movimiento no será mayor a los 90°, lo que representa una aceleración de aproximadamente 2,500 RPM. Adicionalmente, se controlan actuadores, módulo doble de relés, con el fin de poder ajustar las posiciones de ignición y start en el mando principal del motor o llavín. Con estas aplicaciones se logró innovar en las características técnicas de operación del banco probador de transmisiones automáticas.

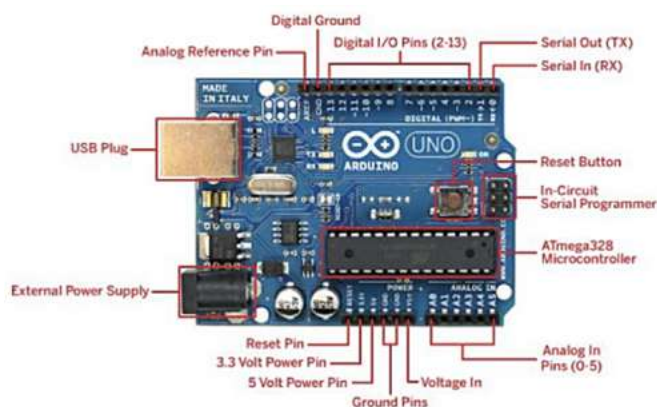


Figura 4. Elementos de la placa Arduino UNO.

La placa mostrada en la figura 5 es uno de los modelos diseñados y distribuidos por la comunidad Arduino. La placa tiene un tamaño de 75x53mm. Su unidad de procesamiento consiste

en un micro controlador ATmega328. Puede ser alimentada mediante USB o alimentación externa y contiene pines tanto analógicos como digitales [3].

La tabla siguiente resume sus características:

Tabla 1.  
Características técnicas de función del Arduino UNO.

Micro controlador	ATmega328
Voltaje operativo	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada límite	6-20 V
Pines digitales E/S	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para pines E/S	50 mA
Corriente continua para pines de 3.3 V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son para el bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad de reloj	16 MHz

## Software Arduino UNO

La plataforma Arduino tiene un lenguaje propio que está basado en C/C++ y por ello soporta las funciones del estándar C y algunas de C++. Sin embargo, es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en Arduino como Java, Processing, Python, Mathematica, Matlab, Perl, Visual Basic, etc.

Esto es posible debido a que Arduino se comunica mediante la transmisión de datos en formato serie, que es algo que la mayoría de los lenguajes anteriormente citados soportan. Para los que no soportan el formato serie de forma nativa, es posible utilizar software intermediario que traduzca los mensajes enviados por ambas partes para permitir una comunicación fluida.



Figura 5. Interfaz del software arduino para control de aceleración.

## Actuadores

El servomotor es un actuador, dispositivo capaz de transformar energía, en nuestro caso de eléctrica a movimiento mecánico. También interviene en la activación de un componente del motor de combustión con la finalidad de generar un efecto, aceleración y desaceleración, sobre un proceso automatizado. Lo realiza con la ayuda del módulo de relés y la activación desde la plataforma Arduino UNO.

El servomotor interactúa con el programa LabView para ejecutar los mandos desde el programa instalado en la computadora de escritorio asignada al proyecto.

## Módulo Relé

Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Este tipo de módulos permite activar actuadores, para nuestro caso, controlar las funciones del interruptor principal o llavín de ignición y la condición de Start.

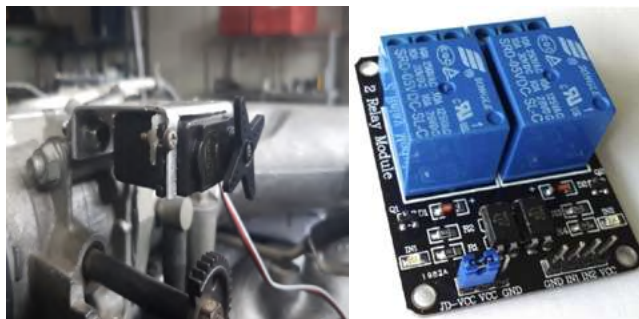


Figura 6. Servomotor y módulo de relés doble.

La utilización de estos dispositivos de hardware y software permite un manejo más efectivo de las funciones necesarias para el motor de combustión, lo que vuelve al equipo probador más versátil a la hora de realizar el diagnóstico en las transmisiones automáticas.

La innovación permite arrancar y acelerar el motor de combustión desde una computadora de escritorio a través del programa LabView. Así mismo, permite visualizar en tiempo real las condiciones de operación del motor de combustión interna, MCI, y de la transmisión automática, lo cual facilita el proceso de diagnóstico e inspección de presiones hidráulicas generadas por la bomba de aceite y cuerpo valvular de la misma.

## Funciones innovadoras a realizar en el banco probador de transmisiones automáticas.

1. Con la ayuda del programa LabView se ejecutan las funciones de ignición, IGN y Start.  
Una de las ventajas de control que ofrece el programa, es la función de encender el MCI desde la computadora central.
2. Función de aceleración y desaceleración del Motor de Combustión Interna, MCI.  
Esta se vuelve una de las funciones de innovación del banco probador, ya que con la instalación de un servomotor en el cuerpo de aceleración, permite el control desde un monitor de escritorio de la aceleración y desaceleración del MCI.
3. Monitoreo de presión de línea de la transmisión automática.  
La visualización de uno de los parámetros más importantes del banco, se obtendrá de 2 formas, una de ellas es en la pantalla digital de control principal del programa o display y la otra es en el panel de marcadores e indicadores del banco probador.
4. Monitoreo de presión gobernada de la transmisión.  
Este parámetro será de gran utilidad a la hora de realizar los cambios en la transmisión automática, ya sea de manera ascendente o descendente, lo cual permitirá realizar el diagnóstico de la misma.
5. Datos en vivo de RPM del MCI.  
Este valor es muy significativo, ya que determina la condición del motor a la cual se someterá a prueba la transmisión automática, ya sea en marcha mínima por debajo de 1,000 RPM y en aceleración hasta 2,500 RPM.
6. Temperatura del refrigerante del MCI.  
Condición necesaria para realizar las pruebas, ya que el

MCI debe estar en temperatura normal de funcionamiento cerca de los 80-90 °C.

#### 7. Activación de solenoides de cambio.

De forma manual se podrá realizar la activación de los solenoides de los rangos de velocidades seleccionados por el técnico que realiza la prueba.

En la figura 7 se muestra el esquema de conexión final del Arduino UNO con los componentes a controlar, según la programación e interacción con el programa LabView. En conjunto juegan un papel importante a la hora de realizar las funciones deseadas en el banco probador de transmisiones automáticas: con esto se genera una innovación destacada al controlar las posiciones del llavín, Ignición y Start, desde la computadora de escritorio, además de realizar de forma controlada la aceleración del motor de combustión interna con la ayuda de un servomotor.

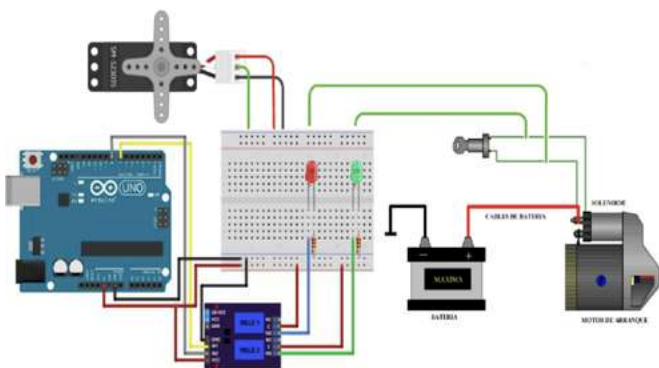


Figura 7. Esquema de control del Arduino UNO y los actuadores.

## Conclusiones

- El banco probador de transmisiones automáticas fue diseñado inicialmente para realizar pruebas en transmisiones automáticas de vehículos marca Toyota, modelo Corolla, años 1995-2000 y Nissan modelo Sentra, años 1995-2000. Las pruebas realizadas fueron exitosas.
- La Oficina de Propiedad Intelectual del Centro Nacional de Registros de El Salvador otorgó la Patente de Modelo de Utilidad al banco probador de transmisiones automáticas.
- Con el diseño de nuevos platos o acoples para el MCI es posible realizar pruebas de transmisiones automáticas de otras marcas y modelos de vehículos recientes.
- El proyecto multidisciplinario fue desarrollado por la Escuela de Ingeniería Automotriz y contó con el apoyo de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y la

Escuela de Educación Dual, lo cual permitió el desarrollo y fortalecimiento de competencias técnicas en docentes y estudiantes.

- Con la elaboración de este y otros proyectos de investigación, se reitera el potencial de ITCA – FEPADE en el diseño e implementación de equipos para fines

## Recomendaciones

didácticos en diferentes especialidades.

Para la optimización y aprovechamiento del banco probador de transmisiones automáticas se recomienda:

- ✓ Utilizar un Jack Hidráulico para transmisiones automáticas, de tal manera que facilite el montaje y desmontaje de las mismas.
- ✓ Utilizar marcadores digitales de presión que permitan un rango más amplio de utilidad según las exigencias actuales de trabajo de presiones hidráulicas, desde 100 a 650 psi.
- ✓ Realizar mejoras al sistema de frenos aplicado a las flechas o paliers de la transmisión y buscar la solución más viable para la bomba central de frenos.
- ✓ Para optimizar las medidas de seguridad industrial y funcionabilidad del banco, se recomienda sustituir el motor a gasolina por un motor eléctrico.

## Referencias

- [1] Colombia, Cesvi. «Evolución de las transmisiones automáticas». Revista Autocrash (blog), 2 de mayo de 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.revistaautocrash.com/evolucion-las-transmisiones-automaticas/> [Accedido: 11-may-2019]
- [2] «LabVIEW 2019 - National Instruments». [En línea]. Disponible en: <https://www.ni.com/es-cr/shop/labview/labview-details.html> [Accedido: 12-may-2019]
- [3] «Arduino UNO». Arduino.cl - Plataforma Open Source para el desarrollo de prototipos electrónicos (blog). [En línea]. Disponible en: <http://arduino.cl/arduino-uno/> [Accedido: 18-Abr-2019]



# ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE PLÁSTICO RECICLADO POR FUNDICIÓN

**Eva Margarita Pineda Luna**

Arquitecta. Docente Investigadora Escuela de Ingeniera Civil y Arquitectura. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla.  
Email: eva.pineda@itca.edu.sv

**Gilmar Andrés Ramírez Azahar**

Ingeniero Civil. Docente Investigador Escuela de Ingeniera Civil y Arquitectura. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla.  
Email: gilmar.ramirez@itca.edu.sv

Recibido: 02/04/2019 - Aceptado: 06/06/2019

## Resumen

Como parte de una nueva alternativa al proceso de construcción de viviendas de interés social, reutilizando materias primas, y con la finalidad de minimizar el impacto al medio ambiente, y ahorrar costos de construcción; surge la idea de investigar sobre la utilización del plástico para la fabricación de un tipo de bloque especial y reciclado para que forme parte de las opciones viables y económicas en cuanto a términos de construcción se refiere. Como resultado de la metodología, se desarrolló el estudio de factibilidad técnica para la fabricación de bloques de plástico reciclado, mediante la técnica de fundición para uso en viviendas de interés social. A pesar de los resultados satisfactorios alcanzados como material para procesos constructivos, verificado a través de diferentes pruebas de laboratorio bajo normas ASTM, es necesario realizar más ensayos de verificación y construir módulos de paredes en sus diferentes modalidades para verificar el comportamiento estructural y el comportamiento arquitectónico. Así mismo; para la fabricación del bloque de plástico de una manera más eficiente, se recomienda utilizar una máquina de inyección diseñada para este propósito. Se requiere de material plástico, equipo y herramientas específicas para la fabricación eficiente de los bloques de plástico y del molde a utilizar.

## Palabras clave

Fundiciones, polietileno, polipropileno, plásticos, recuperación de desechos, reciclado de residuos.

## TECHNICAL FEASIBILITY STUDY FOR THE MANUFACTURE OF RECYCLED PLASTIC BLOCKS BY CASTING

## Abstract

As part of a new alternative for the construction process of social housing, reusing raw materials, and with the purpose of minimizing the impact to the environment, and saving construction costs; the idea of a research about the use of plastic for the manufacture of a special and recycled type of block as part of a viable and economic option in terms of construction comes up. As a result of the methodology, a technical feasibility study was developed for the manufacture of recycled plastic blocks using the casting technique for their use in low-income housing. In spite of the satisfactory results achieved as material for construction processes, verified through different laboratory test under ASTM standard, it is necessary to carry out more verification tests and build wall modules in their different modalities to verify the structural and architectural behavior. Likewise, for the manufacture of the plastic block in a more efficient way the use of an injection machine designed for this purpose is recommended. Plastic material, equipment and specific tools are required for the efficient manufacture of the plastic blocks and the mold to be used.

## Keyword

Castings, polyethylene, polypropylene, plastics, waste recovery, waste recycling.

## Introducción

Ante el incremento de la utilización del plástico en la sociedad a nivel mundial como nacional, se ve la necesidad de poder dar otro uso a los diferentes tipos de plástico que se consume

en la vida diaria de las personas. Esto lleva a la búsqueda de información del tipo de plástico para la realización de pruebas bajo normas que se efectúan en el sector de la construcción,

para determinar diferentes parámetros que deben de cumplir los materiales con los que se construirá. Los ensayos efectuados al plástico, fueron hechos bajo la norma ASTM (American Society for Testing Materials), según sus siglas en ingles.

Para este proyecto se dividieron los medios de transmisión de calor en tres tipos: calentamiento por contacto, calentamiento por inmersión y calentamiento por convección. El plástico polietileno posee propiedades tan eficientes al contacto con el calor que, sin duda alguna, al utilizar el método adecuado, se podrán fabricar bloques acordes a las necesidades industriales y de construcción que se requiere.

El bloque de plástico reciclado se presenta como una propuesta de material a utilizar en la construcción de paredes perimetrales y divisorias, por las propiedades físicas y mecánicas que presenta el polietileno, lo que lo vuelve un material resistente, duradero y ecológico.

Una de las bondades al finalizar esta investigación es que el plástico del tipo polietileno, podría ser reutilizado dentro del sector de la construcción para crear elementos constructivos y arquitectónicos, debido a que cumple con la resistencia a la compresión requerida por la norma ASTM C 39-05 [1].

## Metodología

Como resultado del proceso de trabajo realizado durante el período de investigación 2018, se desarrolló el estudio de factibilidad técnica para la fabricación de bloques de plástico reciclado mediante la técnica de fundición para uso en viviendas de interés social.

Luego de analizar la clasificación de la materia prima óptima a utilizar y habiendo realizado ensayos bajo normas de la American Society for Testing Materials, ASTM, utilizadas en el área de la construcción en El Salvador, se diseñó un prototipo de bloque para utilizarlo en la construcción. Se siguió un proceso metodológico según Hernández Sampieri [2], para el desarrollo del bloque, en todas sus etapas.

Con este conocimiento se dio paso a la etapa del desarrollo experimental de la investigación, realizando ensayos para evaluar los diferentes materiales plásticos seleccionados para el proyecto.

Los plásticos seleccionados según las características físico-químicas que presentaban fue el polietileno y polipropileno, a estos se les efectuaron las siguientes pruebas de laboratorio bajo normas ASTM respectivamente:

- ♦ Granulometría (ASTM C 133-14)
- ♦ Peso Volumétrico (ASTM C 29- 17)

- ♦ Pruebas estándar para la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos (ASTM C39-05)
- ♦ Gravedad Específica (ASTM C 128-04), [1], [3-5].

Las pruebas mencionadas sirvieron para estandarizar el procedimiento a utilizar en el diseño y fabricación del bloque de plástico. Los resultados de estas pruebas sirvieron para avanzar en el desarrollo experimental de la investigación.

Se decidió trabajar con un tipo de plástico específico, polietileno, por sus características observadas en los ensayos antes descritos. A continuación, se muestra el esquema a seguir de las etapas de la metodología de investigación.

### Calentamiento del plástico

El plástico reciclado puede moldearse con el proceso de termo formado. En éste la operación de calentamiento es una de las etapas que emplea más tiempo y en la que se pueden presentar las mayores dificultades, ocasionando el mal aprovechamiento de recursos materiales y humanos.

Aun cuando los científicos han dividido la transferencia de calor en tres fenómenos distintos: conducción, convección y radiación, ya en la práctica los tres son concurrentes.

Así mismo para el propósito del proceso termo formado se consideran tres medios para la transmisión de calor como son:

- a) Contacto con un sólido
- b) Radiación infrarroja
- c) Excitación interna

De los cuales solamente los primeros dos (a y b) son empleados en el termo formado de plásticos y sus rangos de temperaturas oscilan entre los 120 °C y 205 °C (250 °F y 400 °F, respectivamente). Una de las propiedades del plástico es ser pobre en cuanto a conducción de calor se refiere, por lo tanto, el molde debe ser lo suficientemente grueso para un buen manejo y manipulación del bloque. Cabe aclarar, que todos los medios de calentamiento existentes, necesitan de un tiempo considerable para precalentar el equipo.

Para este proyecto se dividieron los medios de transmisión de calor en tres tipos:

1. **Calentamiento por contacto:** este método es el más rápido ya que se debe colocar el plástico en contacto directo con una placa caliente de metal. Este medio es más utilizado para cosas pequeñas y delgadas.
2. **Calentamiento por inmersión:** este método consiste en sumergir el plástico en algún tipo de líquido que transfiera calor de manera rápida y uniforme.

Su limpieza y manipulación son difíciles de realizar, por lo tanto, tiene restringidos los tipos de moldes muy grandes.

3. **Calentamiento por convección:** este método provee el calentamiento uniforme y además puede secar algunos materiales que contengan cierto grado de humedad.

Básicamente, estos tres tipos poseen propiedades tan eficientes al contacto con el calor que, sin duda alguna, utilizando los métodos adecuados, se podrán fabricar moldes acordes a las necesidades industriales y de construcción que se requiere, según Plastiglas de México S.A de C.V [6].

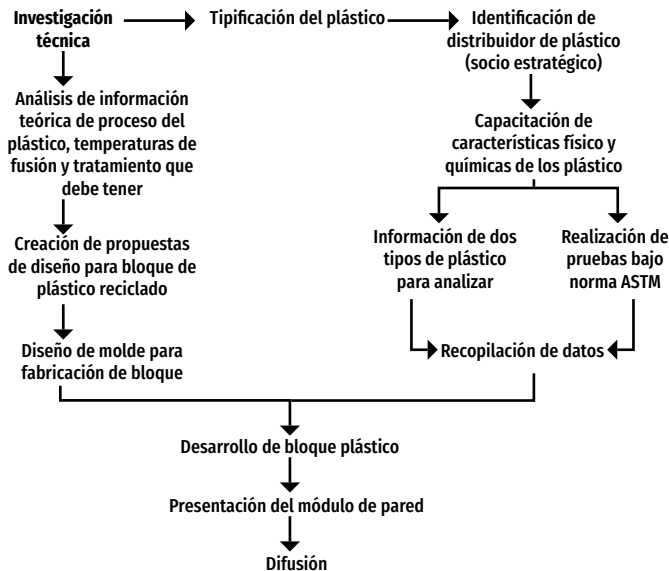


Figura 1. Esquema metodológico de la investigación desarrollada.  
Fuente: elaboración propia, 2018.

### Propiedades del plástico polietileno

**Propiedades mecánicas:** las propiedades mecánicas de un material se refieren a su capacidad para soportar fuerzas, el modo como se deforman y ceden ante dichas fuerzas. Así las propiedades mecánicas del Polietileno de alta densidad dependen básicamente de su estructura, que comprende lo que es la distribución del peso molecular y la cristalinidad. Pero también depende de factores externos como lo son la temperatura, entorno químico y el tiempo, entendido este último como medida de la rapidez con que se aplican fuerzas, así como de la duración de éstas.

**Polietileno líquido:** el movimiento del polietileno líquido es no newtoniano. La velocidad disminuye a medida que aumenta la presión y con ésta la velocidad de paso. Por la sensibilidad de la viscosidad de la masa fundida al peso molecular, y en virtud de que el polietileno se maneja normalmente en estado fundido en operaciones de extrusión, moldeo o vaciado, los diferentes polímeros del comercio se caracterizan por la viscosidad del producto fundido.

El polietileno es insoluble en agua y sólo la absorbe en un grado muy limitado. La absorción de agua aumenta con la temperatura.

**Permeabilidad:** una propiedad importante del polietileno es su pequeña permeabilidad al vapor de agua. Por otro lado, el polietileno tiene una permeabilidad elevada a los vapores orgánicos y al oxígeno. La permeabilidad aumenta con la temperatura.

**Propiedades eléctricas:** cómo podía esperarse de su composición química, el polietileno tiene una conductividad eléctrica pequeña, baja permisividad, un factor de potencia bajo y una resistencia dieléctrica elevada. Las propiedades eléctricas no son especialmente sensibles a la humedad en virtud de la absorción muy pequeña de agua por el polietileno; pero el factor de potencia es probable que aumente si se somete el polietileno a la oxidación.

**Propiedades químicas:** el polietileno es uno de los polímeros más estables e inertes, como podía esperarse de su estructura sustancialmente parafínica. Sin embargo, tiene algunas reacciones que limitan sus usos y que exigen adoptar ciertas precauciones durante su tratamiento.

### Obtención de materia prima

En esta fase se inició la búsqueda de posibles proveedores de materia prima o plástico reciclado peletizado en El Salvador. Una empresa de prestigio nacional dedicada al reciclaje de plásticos brindó la materia prima, así como el apoyo y asesoría sobre los plásticos que procesa.

### Desarrollo de pruebas bajo la norma ASTM al polietileno peletizado

Con la finalidad de determinar las características del bloque de plástico reciclado, se tomó como referencia las especificaciones técnicas de la normativa ASTM en la fabricación de bloques de concreto hidráulico, por lo tanto, se caracterizó el material de plástico reciclado para determinar su granulometría, gravedad específica, peso volumétrico y resistencia a la compresión.



Figura 2. Muestra el tamizador utilizado para las pruebas de granulometría.

### Pruebas de granulometría de agregados finos: ASTM C133-14

De acuerdo a los resultados obtenidos con el ensayo de granulometría, según norma ASTM C 133 -14, utilizando una muestra representativa de material polietileno, se determinó que los tamaños de las partículas que conforman el material en análisis tiene un 98%, que oscilan en un tamaño entre 2.38 mm hasta 4.76 mm, resultados que se presentan en la siguiente figura 3. Por lo que el plástico reciclado es cortado uniformemente en todo el proceso de fabricación del pellet.

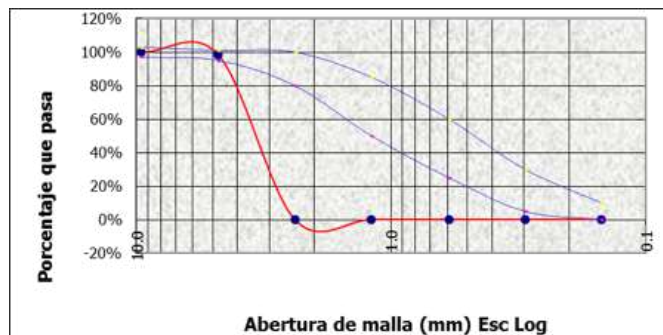


Figura 3. Resultado de granulometría realizada al plástico de polietileno peletizado.

### Pruebas de Peso Volumétrico: ASTM C 29-17

El peso volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en  $\text{Kg}/\text{m}^3$ .



Figura 4. Pruebas de peso volumétrico al polietileno.

El peso volumétrico del pellet, según procedimientos dados por la norma ASTM C29-17, es de  $577 \text{ kg}/\text{m}^3$ , siendo una densidad bastante baja, aunque es importante detallar que el peso volumétrico contempla los espacios vacíos generados por contener partículas del mismo tamaño, demostrado en el ensayo de granulometría.

### Pruebas de Gravedad Específica: ASTM C128-04

El objetivo de esta prueba es determinar el peso específico absoluto, de cualquier material compuesto por partículas pequeñas cuya gravedad específica sea mayor que 1, utilizando

para ello un picnómetro. La gravedad específica de la arena se toma como el valor promedio para granos de la arena.



Figura 5. Pruebas de gravedad específica al polietileno.

Usando como base los procedimientos según norma ASTM C128-04, se determinó la gravedad específica del material de plástico polietileno, con un resultado de  $0.89 \text{ g}/\text{cm}^3$ , por lo que su densidad se puede determinar como inferior a la densidad del agua potable, que es de  $1.00 \text{ g}/\text{cm}^3$ .

### Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos ASTM C39 – 05

La resistencia a la compresión se mide comprimiendo probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en Mega Pascales (MPa) en unidades SI. El objetivo principal del ensayo consiste en determinar la máxima resistencia a la compresión de un cilindro de muestra frente a una carga aplicada axialmente.

Se realizaron pruebas de compresión a cilindros elaborados de polietileno. Se procedió a fundir la muestra dentro de un molde metálico para concreto hidráulico, obteniendo un cilindro, al cual se le calculó su volumen, peso volumétrico y resistencia a la compresión, resultados que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.  
Resistencia a la compresión de cilindros de plástico de polietileno.  
Fuente: elaboración propia.

Muestra n°	Altura	Diámetro	Peso	Área	Volumen	Edad	Peso / Volumen	Lectura	Carga	Esfuerzo
	cm	cm	g	$\text{cm}^2$	$\text{cm}^3$	días	$\text{kg}/\text{m}^3$	KN	Kg	$\text{kg}/\text{cm}^2$
1	18.1	9.7	1227	73.9	1401	7	916.9	270	27551	373
2	18.2	9.9	1227	77	1337.6	7	875.8	241	24592	319





Figura 6. Probeta de plástico ensayada en la Máquina de Compresión.

### Resultados de laboratorios

Se presenta una tabla resumen de las características físico mecánicas del material de plástico peletizado, su granulometría, peso volumétrico, gravedad específica, y resistencia a la compresión.

Tabla 2.  
Cuadro resumen de resultados de pruebas de laboratorio.  
Fuente: elaboración propia.

Ensayo	Resultados	Descripción
Granulometría	2.38 mm hasta 4.76 mm	Se determina que los tamaños de las partículas que conforman el material en análisis tienen un 98% de uniformidad, entre 2.38mm y 4.76mm. Y aunque sea un material uniforme, esto sólo determina una característica de la materia prima peletizada, no es un parámetro para determinar la calidad del mismo.
Peso volumétrico suelto	577 kg/m <sup>3</sup>	Tiene una densidad bastante baja, aunque es importante detallar que el peso volumétrico contempla los espacios vacíos generados por contener partículas del mismo tamaño. Esta característica no genera cambios en los resultados obtenidos de la calidad del bloque, ya que es un análisis realizado al material reciclado, para efecto de caracterización.

Gravedad específica	0.89 g/cm <sup>3</sup>	La densidad es menor a la densidad del agua potable, que es de 1 g/cm <sup>3</sup> . Esta característica no genera cambios en los resultados obtenidos de la calidad del bloque, ya que es un análisis realizado al material reciclado, para efecto de caracterización; se utilizó para cálculo de volúmenes de materiales.
Peso volumétrico consolidado	935 kg/m <sup>3</sup>	Según Aries [7], Se encuentra abajo del peso volumétrico de un bloque de concreto convencional, que es de 1,800 kg/m <sup>3</sup> , o el de las arenas que es de 1,400 kg/m <sup>3</sup> .
Resistencia a la compresión de un cilindro de polipropileno	345 kg/cm <sup>2</sup>	Superan la resistencia típica utilizada en concretos hidráulicos estructurales que según norma ASTM C39-05 es de 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días de edad.
Resistencia a la compresión de bloque de plástico reciclado.	134 kg/cm <sup>2</sup>	Iguala la resistencia mínima requerida por la norma ASTM C-90, que es de 133 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días de edad.

### Descripción de propuesta de prototipo de bloque de plástico

El bloque diseñado ya ensamblado, tiene medidas generales de 10 x 20 x 40 cm, medidas similares a las de un bloque de concreto convencional; con la diferencia que sería un bloque tipo lego, que se ensambla al momento de realizar la construcción. El procedimiento constructivo es similar al sistema de bloques de concreto hidráulico, con soleras de fundación, intermedias y coronamiento así como la distribución de bastones a cada 60 cm.

Lo ventajoso y novedoso del sistema es que se acelera la construcción de las paredes y esto disminuye el tiempo de la obra, debido a que los bloques de polietileno se ensamblarían entre ellos, lo cual tiene ventajas de ahorro de tiempo, costo y trabajo (ver fig. 11). Los bloques cuentan con 2 agujeros que sirven para la colocación de elementos de acero verticales

utilizados en paredes; de igual manera pueden ser utilizados para colocar ductos de instalaciones eléctricas y tuberías hidráulicas; la forma del bloque simula una "L".

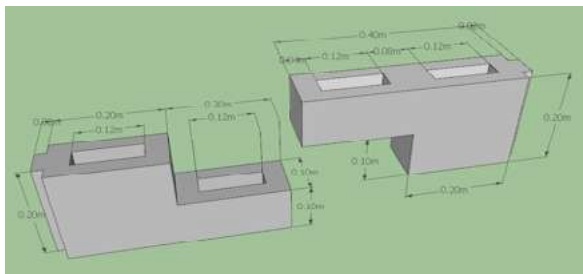


Figura 7. Modelado en 3D de la propuesta de bloque de plástico.  
Fuente: diseño propio, 2018.



Figura 8. Modelo 3D de molde metálico para fundir plástico.



Figura 9. El plástico ya fundido dentro del molde.  
Fuente: diseño propio, 2018



Figura 10. Prototipo de bloque de plástico reciclado de polietileno.  
Fuente: diseño propio, 2018

## Aplicación del prototipo

El bloque de plástico reciclado se presenta como una propuesta de material a utilizar en la construcción de paredes perimetrales y divisorias, por las propiedades físicas y mecánicas que presenta el polietileno, lo que lo vuelve un material resistente, duradero y ecológico.

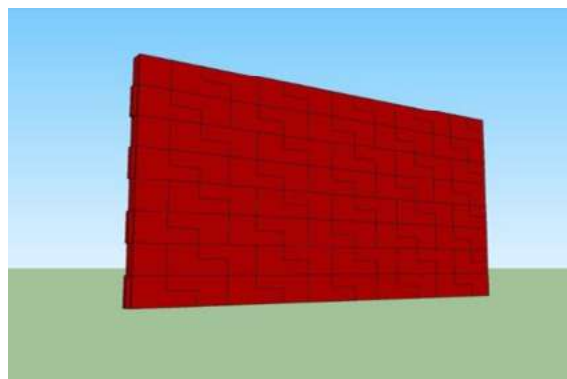


Figura 11. Modelo 3D de pared lineal, de bloque plástico.  
Fuente: creación propia, 2018

## Conclusiones

Finalizado el proyecto de investigación, se ha llegado a la conclusión que este proyecto podría beneficiar al sector de la construcción, considerando los resultados de las características físicas y mecánicas que a continuación se presentan:

- » Se realizaron pruebas comparativas de laboratorio de control de calidad de materiales bajo normas ASTM entre bloques de concreto hidráulico versus bloques de plástico polietileno.
- » Como resultado se obtuvo que el bloque de plástico posee un peso volumétrico menor a la mitad de un bloque de concreto hidráulico convencional. Se obtuvo un peso volumétrico de  $935 \text{ kg/m}^3$  para el bloque de polietileno, siendo el requisito mínimo de un bloque de concreto hidráulico de  $2,000 \text{ kg/m}^3$ , según norma ASTM C 29-17.
- » Se obtuvo una resistencia de  $134 \text{ kg/cm}^2$  para el bloque de polietileno y según norma ASTM C 39-05, debe cumplir un mínimo de  $133 \text{ kg/cm}^2$  para un bloque de concreto hidráulico y por lo tanto cumple la norma.
- » El plástico del tipo polietileno podría ser reutilizado dentro del sector de la construcción para crear elementos constructivos y arquitectónicos, debido a que cumple con la resistencia a la compresión requerida por la norma ASTM C 39-05. La resistencia a la compresión del cilindro

de plástico obtenida fue de 345 Kg/cm<sup>2</sup> versus 210 Kg/cm<sup>2</sup> que indica la norma.

## Recomendaciones

1. Para la fabricación del bloque de plástico de una manera más eficiente, se recomienda utilizar una máquina de inyección diseñada
2. para este propósito. Se requiere de material plástico, equipo y herramientas específicas para la fabricación eficiente de los bloques de plástico y del molde a utilizar.
3. Este proyecto se limitó a la propuesta de diseño de un prototipo de bloques de plástico reciclado. Al material utilizado para este prototipo se le realizaron pruebas de acuerdo a las normas internacionales de ASTM para el sector construcción.
4. A pesar de los resultados satisfactorios alcanzados como material para procesos constructivos, es necesario realizar más ensayos de verificación y construir módulos de paredes en sus diferentes modalidades para verificar el comportamiento estructural y el comportamiento arquitectónico.
5. Estos bloques podrían ser versátiles al momento de construir paredes, ya que requieren un proceso constructivo similar al utilizado en la construcción tradicional.
6. Como parte de la innovación dentro del área de Arquitectura, el proceso propuesto para la construcción de paredes, solo requiere de un ensamblaje entre los bloques y habrá que experimentar y determinar el material idóneo para aglutinar los bloques, si es requerido.
7. La experiencia en este proyecto de fabricar bloques por fundición, en un horno eléctrico y moldes de láminas de hierro no resultó en un proceso eficiente.
8. Se recomienda realizar pruebas adicionales para determinar el material plástico y el metálico del molde idóneo para la fabricación de los bloques propuestos.

## Referencias

- [1] ASTM, American Society for Testing Materials. «Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens : C 39/C 39M-05». En Annual Book of ASTM Standards: Construction., pp. 23-29. 04.02 Concrete and aggregates. Baltimore, MD: ASTM International, 2008.
- [2] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, Metodología de La investigación. México: McGraw-Hill, 2014.
- [3] ASTM, American Society for Testing Materials. «Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates : C 136-06». En Annual Book of ASTM Standards : Construction., pp. 94-28. 04.02 Concrete and aggregates. Baltimore, MD: ASTM International, 2008.
- [4] ASTM, American Society for Testing Materials. «Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate : C 29/C 29M-07». En Annual Book of ASTM Standards: Construction., pp. 1-5. 04.02 Concrete and aggregates. Baltimore, MD: ASTM International, 2008.
- [5] ASTM, American Society for Testing Materials. «Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate: C 128/C 128-07a». En Annual Book of ASTM Standards : Construction., pp. 83-89. 04.02 Concrete and aggregates. Baltimore, MD: ASTM International, 2008.
- [6] Manual técnico termoformado, Plastiglas de México. México, D.F.: Plastiglas, pp. 18-20.
- [7] A. U. Arias Guevara, J.I. Fuentes Aguilera y V. J. Granados Mendoza. "Control de calidad de las propiedades de resistencia a la compresión, absorción y peso volumétrico para las unidades de carga de mampostería, fabricados mediante procesos manuales y semi- industriales utilizando agregados de las canteras de Aramuaca y Ereaguayquín de la Zona Oriental de El Salvador". Tesis Arquitectur, Univ. de El Salvador, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6297/>. [Accedido: 13-Jun-2018]

# DISEÑO EXPERIMENTAL DE VEHÍCULO AUTÓNOMO UTILIZANDO REDES NEURONALES

**Morris William Díaz Saravia**

Ingeniero Electricista. Docente Investigador Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central.  
Email: [wsaravia@itca.edu.sv](mailto:wsaravia@itca.edu.sv)

Recibido: 28/03/2019 - Aceptado: 02/07/2019

## Resumen

Este artículo está relacionado con el diseño experimental e implementación de un vehículo autónomo para el transporte de mercancías o materias primas en el interior de una industria o comercio. El proyecto fue desarrollado y coordinado por la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de ITCA-FEPADE. Este vehículo es accionado a través de un conjunto de sensores, tales como infrarrojos, ultrasónicos y sensor LIDAR; el vehículo es capaz de detectar su entorno, y basados en ellos, alcanzar su destino mediante decisiones de un Raspberry, que, ejecutando un programa basado en red neuronal da las instrucciones a un microcontrolador Arduino, el cual impulsa los motores eléctricos utilizando una etapa de potencia basada en transistores MOSFETs. La red neuronal es un tipo de control adaptativo, que viene a sustituir a los controladores tradicionales; al igual que el ser humano, la red neuronal debe ser entrenada para un funcionamiento óptimo utilizando inteligencia artificial, tal como el método de retropropagación, en la cual la red neuronal aprende de manera supervisada, en base a patrones de entrada y salidas conocidas. El vehículo es capaz de transportar un peso de hasta 30 Kg y las tareas de carga y descarga serán realizadas por un operador humano. Debido a los componentes electrónicos a bordo del vehículo, se recomienda su operación en ambientes secos y una superficie plana. El nivel de autonomía del vehículo, se refiere a transportar la carga de un punto a otro sin acción humana directa durante su desplazamiento. Entre los campos de aplicación, se puede considerar el área logística e industrial, para el transporte de materia prima, herramientas, componentes electrónicos, telas y alimentos enlatados, entre otros.

## Palabras clave

AGV, redes neuronales, algoritmos, sensores remotos, microcontroladores, Arduino

## EXPERIMENTAL DESIGN OF AUTONOMOUS VEHICLE USING NEURAL NETWORKS

## Abstract

This article is related to the experimental design and implementation of an autonomous vehicle for the transport of goods or raw materials within an industry or trade. The project was developed and coordinated by Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica of ITCA-FEPADE. This vehicle is driven through a set of sensors, such as infrared, ultrasonic and LIDAR sensor; the vehicle is able to detect their environment, and based on them, reach their destination through decisions of a Raspberry, which, executing a program based on neural network, gives instructions to an Arduino microcontroller, which drives the electric motors using a stage of power based on MOSFETs transistors. The neural network is a type of adaptive control, which replaces traditional controllers; Like the human being, the neural network must be trained for optimal functioning using artificial intelligence, such as the backpropagation method, in which the neural network learns in a supervised manner, based on known input and output patterns. The vehicle is capable of carrying a weight of up to 30 kg and the loading and unloading tasks will be carried out by a human operator. Due to the electronic components on board the vehicle, its operation is recommended in dry environments and a flat surface. The level of autonomy of the vehicle, refers to transporting the load from one point to another without direct human action during its displacement. Among the fields of application, the logistics and industrial area can be considered, for the transport of raw materials, tools, electronic components, fabrics and canned foods, among others.

## Keyword

AGV, neural networks, algorithms, remote sensors, microcontrollers, Arduino.



## Introducción

El propósito principal de este trabajo, es desarrollar un Vehículo Autónomo Guiado AGV, para el transporte de mercancías y materias primas en un ambiente industrial, capaz de tomar decisiones en tiempo real y evitar obstáculos estáticos y en movimiento, se basa en redes neuronales, que otorgan la capacidad de aprendizaje profundo y que lo hará adaptable a múltiples ambientes.

El sistema implementado en este proyecto tiene como objetivo reducir los costos al agregar nuevas rutas, disminuir los costos en programación y la posibilidad de producir colisiones y accidentes.

En lo que se refiere a los sistemas automatizados, en este caso el AGV, la red neuronal es un tipo de control adaptativo, que viene a sustituir a los controladores tradicionales, como el controlador Proporcional Integral y Derivativo PID, lo cual redundaría en una respuesta acorde a un operador humano, pero al igual que el humano, la red neuronal debe ser entrenada para un funcionamiento óptimo, a través de técnicas de inteligencia artificial, en este caso el método de retropropagación, en el cual la red neuronal aprende de manera supervisada, en base a patrones de entrada y salida conocidos. El sistema es capaz de responder a nuevos patrones. La importancia del método consiste en que, a medida que se entrena la red neuronal, las neuronas se organizan a sí mismas, de tal modo que aprenden a reconocer distintas características del espacio total de entrada.

El resultado de este diseño experimental podría tener aplicaciones prácticas en el ámbito empresarial, social y educativo, ver Figura 1.

Este proyecto multidisciplinario fue desarrollado y coordinado por la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de ITCA-FEPADE, con la participación de las escuelas académicas de Ingeniería Mecatrónica, Educación Dual e Ingeniería Automotriz.

Este proyecto permitirá además a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y ramas afines, desarrollar competencias y conocimientos para fortalecer el proyecto en las áreas de mecánica, robótica y programación.

## Desarrollo

Un AGV es un robot móvil controlado por computador, usado para el transporte de mercadería. Un sistema de AGV, es un conjunto de vehículos con capacidad de programación de destino, selección de trayectoria y posicionamiento [1]. Estos

sistemas permiten el manejo de materiales y se caracterizan por ser altamente flexibles, inteligentes y versátiles, transportando carga a lo largo de las instalaciones de una planta o entorno.

Un AGV consta de los siguientes subsistemas [2]: sistema mecánico, sistema de navegación, sistema de seguridad, sistema de baterías y recarga y un sistema de comunicación.

En la metodología del proyecto se definieron las actividades para el diseño experimental:

- » Investigar los principios tecnológicos que conforma un vehículo autónomo y los tipos de algoritmo de una red neuronal.
- » Diseñar los diferentes subsistemas.
- » Construir el chasis que permita realizar las tareas solicitadas al AGV.
- » Implementar la etapa electrónica de control de motores.
- » Ajustar y configurar los diferentes elementos que conforman el AGV.
- » Desarrollar algoritmos para la construcción de mapas de localización de ambientes industriales y comerciales.
- » Realizar pruebas de funcionamiento mecánico.
- » Realizar pruebas del sistema de la red neuronal con aprendizaje profundo.

### A. Concepto del vehículo

El primer paso consistió en determinar el ambiente industrial en el cual se podría utilizar el vehículo autónomo; se definió su diseño electrónico, estructural, mecánico, eléctrico y capacidad de carga de hasta 30 Kg.

### B. Diseño general

El diseño de un sistema AGV es una tarea compleja que cuenta con muchas variables que impactan en el funcionamiento del mismo y que son difíciles de predecir. Las decisiones que se tomen deben estar ligadas a otras variables y todas estas decisiones tienen implicaciones importantes en el sistema, según [1].

Los principales aspectos a tener en cuenta en un diseño de un sistema AGV son las siguientes:

- Trayectorias: están definidas por los pasillos y ambientes por los cuales circulará el AGV.
- Número de estaciones de carga y descarga de materiales.
- Requerimientos del vehículo: un vehículo con cuatro ruedas, tracción en dos de ellas y dimensiones acordes al ambiente de trabajo.
- Enrutamiento del vehículo: de forma autónoma aprenderá las rutas detectándolas por medio de los sensores Light Detection and Ranging, LIDAR.
- Planificación de uso del vehículo: se usará cuando sea requerido en alguna de las estaciones de carga y descarga.

- Posición ideal para el vehículo: se establecerá una estación origen para mantener el vehículo.
- Manejo de baterías: se podrá sustituir manualmente o cargarse sin removerla del vehículo.
- Manejo del vehículo: el AGV permite el manejo autónomo y manual, utilizando una tablet conectada vía bluetooth.

### C. Diseño mecánico y construcción de vehículo.

Se diseñó con CAD 3D y Solidworks. El vehículo tiene medidas de longitud 80 cm, ancho 50 cm y de alto 24 cm, con una depresión interna de 16 cm de profundidad para colocar en ella toda la electrónica y la batería. En las figuras 1 y 2 se muestra el vehículo terminado.

Para las etapas realizadas en el diseño y la construcción se tomó como referencia a C. García y R.M Álvarez [2]:



Figura 1. AGV construido.



Figura 2. Área central del chasis, espacio para demás componentes.

### D. Etapa de potencia

Los motores DC utilizados requieren hasta 8 A; el vehículo debe ser capaz de moverse hacia atrás y hacia adelante. Para lograr dicha inversión de giro, se requiere de una etapa electrónica que sea capaz de invertir la polaridad del voltaje en los terminales del motor. La variación de velocidad de los motores, se logró mediante los pines PWM de Arduino.

Se seleccionó una configuración de Puente H basada en MOSFET, circuito que permite la conmutación a grandes velocidades de los transistores y una alta eficiencia. Figura 3 [3].

Se requieren disipadores de potencia para los MOSFETs (Figura 4).

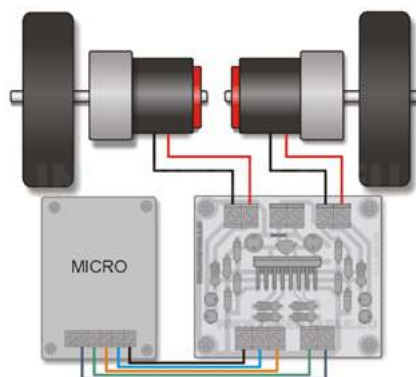


Figura 3. Puente H para dos motores DC con MOSFETs de potencia.

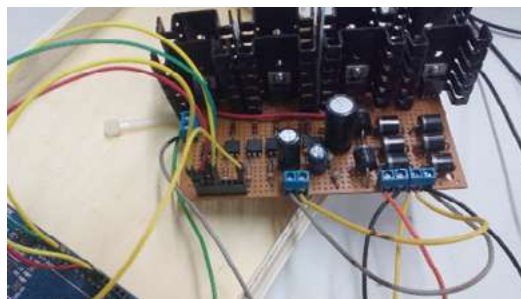


Figura 4. Circuito de la Figura 3 implementado.

### E. Prueba de prototipo mecánico y etapa de potencia

En este punto se hacen las pruebas necesarias para conectar los motores a la etapa de potencia y el Arduino se conectó a las entradas de la etapa de potencia. Por medio de un programa simple se probó que el AGV realizara los movimientos deseados. El vehículo se desplazó según lo esperado al introducir las ordenes a la Tablet: avance lineal, retroceso, giro izquierdo y derecho durante un tiempo definido. Para el funcionamiento se utiliza el código "codigo1.ino", el cual está disponible en: <https://github.com/morrisdiaz/AGV>. Este código recibe cuatro letras por el puerto Bluetooth: A, B, C, D o E; éstas son enviadas por una tablet que ejecuta ArduinoRC. El programa funciona así:

- ▶ Si recibe A de la tablet: se mueve hacia adelante el AGV durante 2 segundos y para.
- ▶ Si recibe B de la tablet: se mueve hacia atrás el AGV durante 2 segundos y para.
- ▶ Si recibe C de la tablet: gira a la izquierda el AGV durante 2 segundos y para.
- ▶ Si recibe D de la tablet: gira a la derecha el AGV durante 2 segundos y para.

### F. Integración de Etapa de sensores

Son varios los tipos de sensores considerados para la implementación del AGV: infrarrojos, ultrasónicos y LIDAR. En principio, los sensores infrarrojos son la base de los detectores de obstáculos atrás y adelante del vehículo. En la fase de aprendizaje, el sensor LIDAR, detectaría el ambiente y generaría un mapa en 2D de la ubicación, para luego, en la

fase de ejecución, navegaría en dicho mapa de un punto A un punto B, ubicado dentro del mapa generado anteriormente. Ante cualquier obstáculo, los sensores infrarrojos y ultrasónico lo detectarían y detendrían el avance del vehículo. En las siguientes figuras se muestran los diferentes sensores utilizados.



Figura 5. Sensor infrarrojo tipo SHARP.



Figura 6. Sensor infrarrojo Line Tracking.



Figura 7. Sensor LIDAR LITE de Garmin.



Figura 8. Sensor ultrasónico HC-SR04.

### G. Análisis del sistema de navegación SLAM.

Los sensores infrarrojos y ultrasónicos son utilizados para detectar obstáculos en la trayectoria del vehículo, entre una mayor cantidad de sensores se tienen, la detección en todas direcciones mejora.

En robótica, el problema computacional denominado Localización y Mapeado Simultáneo SLAM, consiste en ubicar la posición de un robot al mismo tiempo que construye mapas del ambiente [4] y ha sido estudiado durante más de tres décadas. Para denominarse autónomo, el vehículo AGV debe realizar estas tres funciones [5]:

- Estimar su posición y orientación

- Mantener actualizado el mapa del entorno y
- Detectar los posibles obstáculos.

Con ayuda del LIDAR se miden distancias y direcciones relativas, con el algoritmo de transformación de Hough [6] se genera un mapa del ambiente, Fig. 14. Se asume que el ambiente debe estar poblado de objetos que poseen características rectilíneas, por ejemplo, paredes, puertas, cajas, o estantes. El sensor de rango láser montado en el robot toma distancias desde su probable ubicación. Las lecturas son captadas en series de rangos y ángulos, de las cuales pueden ser extraídas características lineales, con el algoritmo de Hough. La detección de obstáculos, es realizada por todos los sensores: infrarrojos, ultrasónicos y LIDAR.

Se han planteado muchas soluciones al problema de SLAM, tanto para resolver SLAM en 2D [6] como también en ambientes 3D [7], pero el reto principal consiste en garantizar que la técnica funciona con bajo presupuesto, pues existe siempre un compromiso entre el costo de los sensores (que pueden llegar a miles de dólares) y la exactitud de la localización. Esto se debe a las características inherentes al LIDAR: precisión y exactitud de las mediciones, el amplio barrido en forma de abanico, alta velocidad de muestreo y resolución.

Para efectos de prueba y calibración del sensor, se utilizó el laboratorio de Electrónica de la Institución, con ciertas similitudes al ambiente para el que se diseñó, figura 9.



Figura 9. Ambientes usado para prueba de LIDAR en la Institución.

En esencia, si se usa el LIDAR para generar un mapa, ya sea 2D o 3D, debe hacer un barrido; para ello fue necesario acoplarle un servomecanismo y un adaptador plástico impreso en 3D, como se muestra en la Fig. 10. En la misma figura se muestra uno de los sensores acoplado al AGV.



Figura 10. Izquierda: Sensor LIDAR con Servomecanismo. Derecha: LIDAR instalado en el AGV.

Una vez instalado y conectado, se ejecutó el software de prueba, CodigoTestLIDAR.ino. Ver Figura 11.

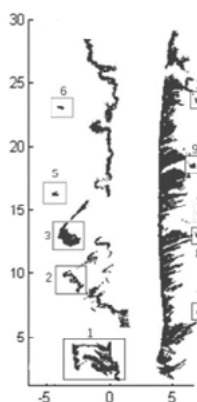


Figura 11. Resultado de escaneo con LIDAR después de aplicar filtro ETEW.

En este diseño experimental, el resultado del sensor LIDAR, que emite ángulos y distancias combinado con la posición del vehículo no son los deseados, no se dibuja el ambiente de la figura 11 como se esperaba. Entre las principales causas atribuidas a este hecho, es que sólo hace un escaneo 2D a una altura predeterminada por la posición del sensor en el vehículo; la otra causa es que los objetos de la figura 9 no tienen superficie de rebote, solo la estructura de soporte de los muebles. Es en este punto del diseño experimental, donde concluimos que el sensor LIDAR no es el más adecuado para la aplicación deseada y es necesario replantear el mecanismo SLAM.

### Sensores IR Line Tracking.

Manteniendo el objetivo del proyecto, de tener control basado en una red neuronal y que use lógica difusa, se opta por un vehículo rastreador de línea [8], el cual mediante sensores IR Line Tracking, sigue una línea en el área de trabajo, pasando por todos los puntos programados. Este control está basado en una red neuronal para tomar las decisiones del vehículo y utiliza, además, lógica difusa para el control de los motores y tener un movimiento suave.

El principio de funcionamiento se basa en trazar una línea en el piso que contraste con el color del mismo por donde se desea que el vehículo circule. Los sensores IR Line Tracking, Figura 12, leen si están sobre la línea o no y el control neuronal mantiene, mediante la acción adecuada el vehículo sobre la línea.



Figura 12. Ajuste de distribución y altura de sensores IR Line Tracking.

## Resultados

Se desarrolló el diseño y la implementación de la red neuronal, la cual permite el aprendizaje continuo para adaptarse a diferentes ambientes. En la red neuronal, el sistema obtiene sus entradas de los sensores, que se pueden clasificar en dos tipos: sensores de distancia, ultrasónico, infrarrojo y LIDAR; y sensores seguidores de línea, IR Line Tracking.

En cuanto a los sensores IR Line Tracking, se activará uno cuando el vehículo se ubique sobre una línea; cuando no esté sobre la línea, se activarán todos los sensores. Para que el vehículo se detenga en las estaciones de carga, se han colocado a lo largo de la línea principal, líneas horizontales del mismo color para que todos los sensores se desactiven, lo que le indica a la red neuronal que el vehículo debe detenerse.

Las salidas del sistema son la velocidad de los motores, es acá donde se aplicará lógica difusa o control borroso. En lógica difusa, podemos tener opciones para controlar el giro y la velocidad de las llantas. Este control sobre los motores DC, se logra mediante PWM [9] [10], el cual ajusta la energía que se entrega a cada motor mediante la modulación del ancho de pulso entre los terminales del motor.

### Funcionamiento

Una vez interconectado el hardware e implementadas todas las rutinas de software, tanto para Arduino como el sistema Raspberry, se pueden ejecutar las siguientes funciones del AGV:

#### A. Colocación del vehículo en el área de trabajo.

El operador traslada el vehículo de la zona de resguardo, de forma autopropulsada, mediante comandos en una tablet, hasta ubicarse en la línea.

#### B. Iniciar operaciones

El vehículo se ubica en una posición HOME, sobre la línea, a partir del cual inicia su trayecto después que el operador presiona el interruptor START.

#### C. Transitar por estaciones

El vehículo se mueve sobre la línea, hasta encontrarse con una estación, la cual está identificada por una línea cruzada, se detiene y genera un tono. Para continuar el operario de la estación presiona el botón START para que vaya al siguiente puesto de trabajo.

#### D. Final de operaciones

Utilizando nuevamente la tablet, coloca el vehículo en modo manual y lo manipula a control remoto para llevarlo al área designada de resguardo del vehículo.



## Conclusiones y Recomendaciones

- » Se diseñó el AGV cumpliendo las especificaciones iniciales, con un control basado en red neuronal que utiliza control difuso para manipular sus motores y lograr suavidad en el movimiento y desplazamiento, herramienta útil que promueve la Industria 4.0.
- » Considerando que el sensor LIDAR no fue el más adecuado para la aplicación deseada con el algoritmo de SLAM, se sustituyó por un algoritmo ampliamente usado, el rastreador de línea.
- » Este diseño y desarrollo experimental puede ser aprovechado y trasladado al ámbito de otros vehículos de mayor o menor tamaño, dependiendo de la aplicación deseada. Puede convertirse en punto de referencia para futuros trabajos en el área de robótica, inteligencia artificial y áreas afines.
- » Este prototipo podrá servir como plataforma de trabajo para continuar desarrollándolo y como herramienta didáctica para estudiantes de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
- » El prototipo podrá servir para el análisis y configuración de sensores y programación en las áreas de robótica. Podrá ser usado para probar algoritmos de Inteligencia Artificial en el método de retropropagación y otros.
- » El AGV implementado puede ser mejorado utilizando un sistema de amortiguamiento en las llantas tractoras y aplicando tracción en las cuatro ruedas.

## Referencias

[1] J. M. Echeverri Estrada y P. A. Escobar Murcia, "Caracterización de un AGV (vehículo guiado automáticamente) en el sistema de manufactura flexible, caso Centro Tecnológico de Automatización CTAI de la Pontificia Universidad Javeriana", tesis Facultad de Ingeniería, 2012 [En línea]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/10296/EcheverriEstradaJuanMartin2013.pdf?sequence=1>. [Accedido: 11-Mar-2019]

[2] C. Martín García y R. Mocholí Álvarez, Diseño y optimización del chasis de un vehículo eléctrico autónomo: memoria. Barcelona, 2016 [En línea]. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/97047/Memoria\\_TFG\\_Rafael\\_Mocholi\\_Carlos\\_Martin.pdf?s=sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/97047/Memoria_TFG_Rafael_Mocholi_Carlos_Martin.pdf?s=sequence=1&isAllowed=y). Accedido: 28-feb-2019]

[3] V. Srinu et al., "A Novel Speed Control of Brushless DC Motor Usin Technology (AJAST)", vol. 1, no. 7, pp. 10-14, 2017 [En línea]. Disponible en: <http://ajast.net/data/uploads/0003.pdf> [Accessed: 25-Feb-2019]

[4] V. Costella y H. Rodríguez, "Caracterización de un sensor de rango láser de bajo costo previo a una implementación de Slam", Prisma Tecnológico, vol. 7, no. 1, pp. 30-34, 2017 [En línea]. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1261/1606>. [Accedido: 15-mar-2019]

[5] J.G. Jiménez y A.O. Baturone, "Estimación de la posición de un robot móvil", Informática y automática: revista de la Asociación Española de Informática y Automática, vol. 29, no. 4, pp. 3-18, 1996 [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4274810> [Accedido: 17-mar-2019]

[6] V. Nguyen, A. Martinelli, N. Tomatis, y R. Siegwart, "A comparison of line extraction algorithms using 2D laser rangefinder for indoor mobile robotics", en Intelligent Robots and Systems, (IROS 2005). 2005 IEEE/RSJ International Conference on, 2005, pp. 1929-1934.[Online]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1545234>. [Accessed: 15-mar-2019]

[7] H. M. Tulldahl and H. Larsson, "Lidar on small UAV for 3D mapping", in Electro-Optical Remote Sensing, Photonic Technologies, and Applications VIII; and Military Applications in Hyperspectral Imaging and High Spatial Resolution Sensing II, 2014, vol. 9250, p. 925009 [Online]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/289656542\\_Lidar\\_on\\_small\\_UAV\\_for\\_3D\\_mapping](https://www.researchgate.net/publication/289656542_Lidar_on_small_UAV_for_3D_mapping). [Accessed: 17-mar-2019]

[8] D. Ortiz Martínez, "Robótica para seguimiento de líneas", tesis de grado, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona-Enginyeria Electrònica, Barcelona, 2016 [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/97322/PFC%20David%20Ortiz%20Mart%c3%adnez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Accedido: 15-mar-2019]

[9] TodoElectronica21, Tutorial 7: Como utilizar salidas PWM en Arduino. YouTube, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/search?client=firefox> [Accedido: 17-mar-2019]

[10] L. Petru y G. Mazen, "PWM Control of a DC Motor Used to Drive a Conveyor Belt", Procedia Engineering, vol. 100, pp. 299-304, 2015. [Online]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/81962714.pdf>. [Accessed: 17-mar-2019]

# IMPLEMENTACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS WEB COMO HERRAMIENTA DE APOYO PARA LA DISMINUCIÓN DE LA VIOLENCIA DE GÉNERO EN EL SALVADOR

**Edgardo Antonio Claros Quintanilla**

Maestría en Dirección de Empresas. Ingeniero en Sistemas Informáticos. Docente Investigador. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional MEGATEC La Unión. Email: edgardo.claros@itca.edu.sv

Recibido: 01/04/2019 - Aceptado: 09/04/2019

## Resumen

En El Salvador, la violencia hacia las mujeres ha sido reconocida en los últimos años como una grave vulneración a sus derechos humanos, teniendo a sus bases la falta de sensibilización sobre aspectos como las leyes que las protegen, así como el desconocimiento de los procedimientos e instituciones en las que se pueden denunciar los diferentes casos. El propósito de esta investigación ha sido desarrollar una plataforma web que aporte a la disminución de la violencia de género por medio del uso de las tecnologías de la información y comunicación. Con el uso de las tecnologías web y las metodologías de desarrollo ágil, se diseñó una plataforma que incorpora herramientas que permitirán a las mujeres recibir orientación, asistencia y apoyo en el tema de la violencia de género. La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE Centro Regional MEGATEC La Unión, ha realizado un importante aporte a la comunidad, y que al implementarse esta plataforma web por parte de las instituciones correspondientes, se podrá brindar asesoría a mujeres en estado vulnerable de diferentes tipos de violencia y permitirá identificar los procesos y asistencia legal para cada caso en particular.

## Palabras clave

Derechos de la mujer, portal web, violencia conyugal, violencia en el hogar, aplicaciones tecnológicas.

## IMPLEMENTATION OF WEB TECHNOLOGIES AS A SUPPORT TOOL FOR THE REDUCTION OF GENDER VIOLENCE IN EL SALVADOR

## Abstract

In El Salvador, violence against women has been recognized in recent years as a serious violation of their human rights, based on the lacking of awareness in aspects such as protection laws and lack of knowledge of the procedures and institutions in which people can report the cases. The purpose of this research has been to develop a web platform that contributes to the reduction of gender violence through the use of information and communication technologies. With the use of web technologies and agile development methodologies, a platform that incorporates tools that will allow women to receive guidance, assistance and support in the topic of gender violence was designed. The Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional MEGATEC La Unión has made an important contribution to the community, and when this web platform is implemented by the corresponding institutions, it will be possible to provide advice to vulnerable women of different types of violence and will allow to identify the processes and legal assistance for each case in particular.

## Keyword

Women's rights, web portal, conjugal violence, domestic violence, technological applications.

## Introducción

El Salvador es un país donde el tema de la protección de los derechos humanos ha experimentado considerables logros en los últimos años, entre ellos la formulación de leyes; no obstante, existen aún graves casos donde los derechos de las

mujeres son violentados de diferentes formas, lo cual se aborda en este artículo, así como las acciones que se han realizado para atender este problema en la sociedad. El artículo expone los resultados que se han obtenido en esta investigación, cuyo

resultado principal es el desarrollo de una plataforma web, la cual es una herramienta que contribuirá a la tecnificación de las actividades de asistencia a la mujer y permitirá a las instituciones responsables de implementarlo tener un mayor impacto en la sociedad, llegando a las mujeres por un medio digital al que la mayor parte de salvadoreños en la actualidad tienen acceso.

El proyecto ha sido desarrollado por el Departamento de Ingeniería en Computación y Ciencias Transversales y la carrera de Técnico en Ingeniería de Sistemas Informáticos de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE Centro Regional MEGATEC La Unión.

## Desarrollo

### La violencia hacia la mujer es un problema real y grave en El Salvador

Según el informe anual 2017-2018 de Amnistía Internacional “los elevados índices de violencia de género seguían haciendo de El Salvador uno de los países más peligrosos para las mujeres” [1]. En este informe se detalla que de los 3,605 casos ocurridos en 2017 en nuestro país, 429 fueron feminicidios, de igual forma los casos de violencia intrafamiliar con abusos físicos, sexuales y acosos son alarmantes y los cuales en muchos casos son dejados en la impunidad.

Según el Instituto Salvadoreño para el Desarrollo de la Mujer ISDEMU, es común que en nuestro país se “naturalicen” las modalidades de violencia, especialmente las mujeres mismas que la sufren. Puede deberse a una herencia cultural y también a la falta de información sobre este tema importante, que las mujeres asuman con normalidad conductas consideradas como agresivas, las cuales pueden comenzar como un simple comentario, hasta evolucionar a niveles peligrosos como los que se viven en nuestra sociedad.

### La erradicación de la violencia en el país es un camino largo por recorrer

El Salvador adoptó el 25 de noviembre de 2010 la Ley Especial Integral para una Vida Libre de Violencia para las Mujeres, más conocida como LEIV, que entró en vigencia el 1 de enero de 2012, con la finalidad de garantizar a las mujeres su derecho a una vida libre de violencia, el cual comprende: el ser libres de toda forma de discriminación, ser valoradas y educadas libres de patrones estereotipados de comportamiento, prácticas sociales y culturales basadas en conceptos de inferioridad o subordinación; así como que se les garantice el goce, ejercicio y protección de sus derechos humanos y libertades fundamentales.

Se han realizado acciones para dar cumplimiento a la protección de los derechos humanos de las mujeres, tal como

el fortalecimiento de las instituciones del Estado que brindan apoyo a mujeres en situaciones de violencia.

De acuerdo con ISDEMU, las acciones que se hacen para informar y educar a las mujeres sobre sus derechos y deberes se enfoca principalmente en el trabajo territorial, el cual consiste en la visita a diferentes comunidades, realizadas por promotoras y voluntarias que comparten la ley de manera verbal y física. De igual forma se realizan actividades para el empoderamiento y atención integral a las mujeres que sufren violencia en los diferentes grados identificados.



Figura 1. Trabajo territorial de ISDEMU en las comunidades.

Dentro de las herramientas que se tienen para ayudar a las mujeres a conocer las leyes, se encuentran las versiones denominadas “populares”, las cuales consisten en una versión explicada en lenguaje más comprensible para personas que no tienen conocimiento de la materia legal. Ver figura 2.

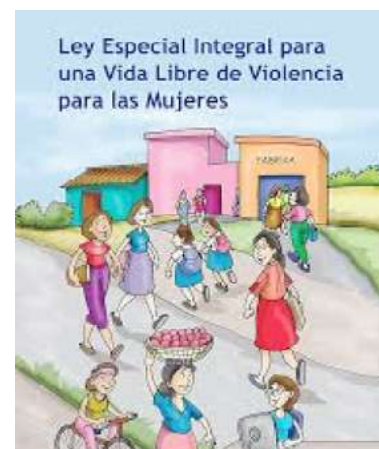


Figura 2. Portada de la Ley LEIV, versión popular [2].

Por otra parte, existe también un instrumento llamado “Violentómetro”, en el que se encuentran los 30 tipos de agresión identificados y por medio del cual las mujeres pueden evaluar si sufren de algún tipo de violencia o agresión, desde psicológica hasta el feminicidio. Ver figura 3.

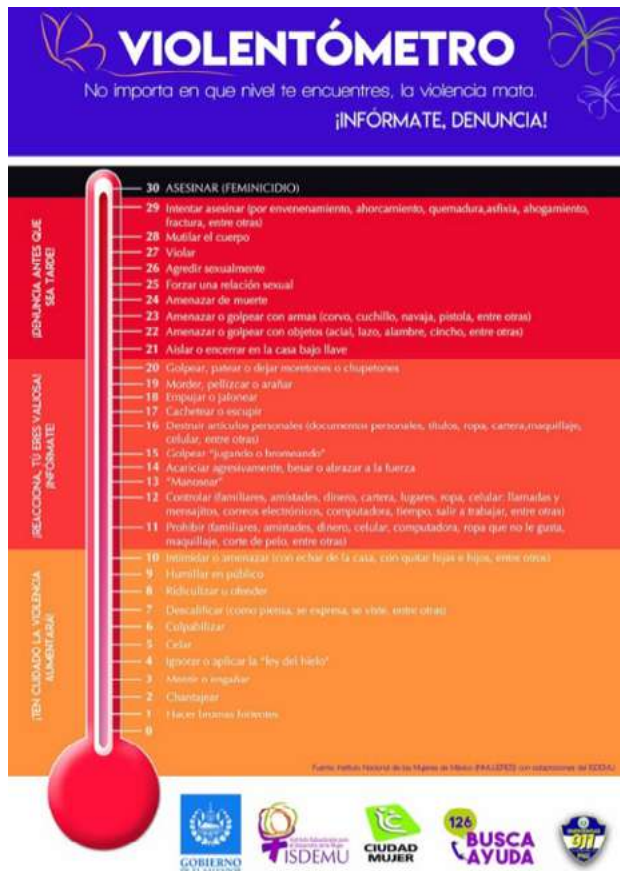


Figura 3. Modelo de Violentómetro usado por ISDEMU.

En el año 2012 se creó Ciudad Mujer, es un programa del Gobierno de El Salvador por medio del cual se brinda una atención integral a la mujer a través de servicios especializados y tiene como objetivo mejorar su calidad de vida. La integran 18 delegaciones del Estado, que trabajan de forma articulada y son dirigidas por mujeres formadas en género y en derechos humanos.

### Las tecnologías Web como apoyo a las acciones de reducción de la violencia de género

De acuerdo a información compartida por Ciudad Mujer y, especialmente ISDEMU, se estima que uno no de los grandes problemas que tenemos en nuestro país es el desconocimiento sobre materia legal, y en este tema en particular muchos casos de violencia hacia la mujer quedan impunes porque ellas ya sea por desconocimiento o por temor no proceden a realizar las denuncias correspondientes, a pesar de existir políticas que brindan acceso a la protección de sus derechos [3].

Sobre la base de esta problemática, ITCA-FEPADE desarrolló una plataforma Web la cual es una herramienta que permitirá a ISDEMU tener un mayor alcance e impacto en la sensibilización del tema de la violencia de género en la sociedad, pues uno de los retos más importantes que hasta este momento se tiene, es disminuir los niveles de desconocimiento en el tema de derechos de las mujeres.



Figura 4. Interfaz principal de la plataforma web.

La plataforma web permite brindar orientación específica a las mujeres que sufren de violencia, brindándoles acceso a un directorio digital sobre las instituciones que proporcionan los diferentes tipos de ayuda, según sea la modalidad de violencia que sufren. Este directorio se encuentra organizado de acuerdo a la ubicación geográfica que la víctima lo solicita, permitiéndoles de esta forma saber cuál es la entidad adecuada a contactar según sea el caso necesario.



Figura 5. Directorio dinámico de instituciones de apoyo a la mujer.

La herramienta contiene una base de datos donde se han centralizado las diferentes leyes con las que el Estado brinda asistencia y apoyo en los diferentes casos de violencia y también en el tema de prevención. Para facilitar su comprensión, esta información se encuentra además de formato de lectura PDF, en formato multimedia por medio de videos ilustrativos y explicados de una forma sencilla y puntal.



Figura 6. Galería de videos sobre la Ley LEIV.

La plataforma implementa un cuestionario en el que a las mujeres se le brinda la oportunidad de evaluar su condición actual en el tema de violencia y hace conciencia sobre el grado que ésta podría estar sufriendo; además de cómo actuar en cada



caso particular según sea su resultado. Este cuestionario está vinculado con el instrumento denominado “Violentómetro”, el cual clasifica en 3 grupos principales los niveles de violencia según 30 tipos de agresión. El cuestionario es utilizado por instituciones como ISDEMU para realizar la correspondiente evaluación. Como parte de los resultados de este proyecto, la plataforma web implementa una versión digital e interactiva a la que tendrán acceso todas las mujeres que ingresen a la misma.



Figura 7. Estudiantes del Centro Regional La Unión en grabación de videos sobre la Ley LEIV.

La plataforma cuenta con un apartado de preguntas frecuentes donde se brindan elementos importantes para que estas puedan identificar los diferentes tipos de violencia y sus indicios en las diferentes etapas, ambientes y escenarios, según lo establece la ley. Esto permitirá no solamente informar y socializar los aspectos legales, sino también empoderar a las mujeres a través del conocimiento de sus derechos y acciones que pueden seguir para abordar, denunciar y superar cualquier indicio de violencia que pueda convertirse en un caso grave para su integridad física y psicológica.

Por otra parte, esta herramienta implementa el módulo de “Plan de Seguridad”, con el cual se plasma una ruta detallada sobre los pasos a seguir en las 3 fases que conforman los eventos de violencia, estos son:

- ✓ Fase 1: previo al evento de violencia.
- ✓ Fase 2: durante el evento de violencia.
- ✓ Fase 3 después del evento de violencia.

De esta forma se establece una orientación que resultará de utilidad a las mujeres. En la investigación se determinó que uno de los principales problemas en nuestro país es la desinformación en el tema legal sobre la violencia de género, y al no saber las mujeres cómo actuar ante estos eventos, generalmente reaccionan de forma pasiva, o peor aún, naturalizando la violencia por el temor de proceder de una forma inadecuada por el hecho de no conocer sus derechos.

## Conclusiones

Al finalizar el proyecto de investigación se concluye lo siguiente:

- » Se identificaron marcadas necesidades en el tema de la violencia de género en nuestro país, siendo uno de los aspectos más críticos la desinformación de los diferentes programas y leyes que respaldan a la mujer.
- » Como Centro Regional MEGATEC La Unión, se ha realizado un importante aporte a la sociedad con una plataforma web, que a través de las TIC permitirá facilitar la información legal y programas para atender la violencia de género.
- » ITCA-FEPADE ha proporcionado a ISDEMU y a Ciudad Mujer una herramienta que contribuirá a la tecnificación de sus actividades de asistencia a la mujer y le permitirá tener un mayor impacto en la sociedad, llegando a las mujeres por un medio digital al que la mayor parte de salvadoreños tienen acceso.
- » Con el desarrollo del proyecto se han consolidado los esfuerzos que diversas instituciones en nuestro país promueven para la prevención y atención de la violencia hacia la mujer.
- » La plataforma web como tal es una herramienta innovadora en el país; ha permitido digitalizar instrumentos usados para la identificación de los tipos y grados de violencia sufridos por las mujeres, utilizando para ello el “Violentómetro”. Cualquier mujer que ingrese a la plataforma web y use el Violentómetro, tendrá la oportunidad de realizar un cuestionario y de forma interactiva se determina el grado de violencia que padece.
- » ITCA-FEPADE ha desarrollado una plataforma informática para atender la violencia de género, utilizando herramientas de software libre, contribuyendo a que la sociedad use la tecnología en beneficio del género femenino.

## Referencias

- [1] El Salvador 2017/2018: informe, Amnistía Internacional [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/HhMZ> [Accedido: 21-jun-2018]
- [2] Ley especial integral para una vida libre de violencia para las mujeres (Decreto No. 520), 4 de enero, [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/Y0Wr> [Accedido: 21-jul-2018]
- [3] Política nacional para el acceso de las mujeres a una vida libre de violencia, Instituto Salvadoreño para el Desarrollo de la Mujer, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/m2JK> [Accedido: 02-ago-2018]

# APLICACIÓN DE PLATAFORMA LOGÍSTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE REPUESTOS EN LA INDUSTRIA AERONÁUTICA

**Joaquín Mauricio García**

Ingeniero Industrial. Docente Investigador. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional MEGATEC Zacatecoluca. Email: joaquin.garcia@itca.edu.sv

**Ana Cecilia Álvarez de Ventura**

Ingeniera Industrial. Coordinadora Regional del Programa de Investigación. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional MEGATEC Zacatecoluca. Email: ana.alvarez@itca.edu.sv

Recibido: 28/03/2019 - Aceptado: 09/04/2019

## Resumen

En El Salvador, la Logística ha sido considerada como un área operativa, específicamente para actividades de almacén y despacho. Hoy en día, por la ampliación de las operaciones y un interés cada vez más hacia la competitividad de las empresas, los ejecutivos visualizan la importancia de desarrollar aplicaciones estratégicas de Logística en sus procesos. Es precisamente bajo este contexto, que la Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea (COCESNA), después de realizar su propio análisis en el área Logística, se planteó el objetivo de aplicar una plataforma para la gestión del abastecimiento de sus repuestos y componentes, incluyendo los seis países miembros. Para el desarrollo de la investigación, COCESNA, Estación El Salvador, asignó un representante, que junto al equipo de investigadores de la carrera de Logística Global de ITCA-FEPADE Centro Regional MEGATEC Zacatecoluca, realizaron un análisis de la situación actual, que sirvió de referencia para el establecimiento de los procesos de la Plataforma Logística. Como resultado del trabajo conjunto se diseñó un Centro Logístico de Repuestos (CLR) de Centroamérica, con sede en COCESNA Estación El Salvador. Esta plataforma tiene como propósito administrar los inventarios de los repuestos de toda la Corporación y la sede en El Salvador es la responsable de liderar la implementación.

## Palabras clave

Plataforma logística, aplicación informática, diseño de sistemas, cadena de suministros, distribución de repuestos, rutas de distribución.

## APPLICATION OF LOGISTIC PLATFORM FOR SUPPLY OF SPARE PARTS IN THE AVIATION INDUSTRY

## Abstract

In El Salvador, Logistics has been considered as an operational area, specifically for warehouse and dispatch activities. Nowadays, due to the expansion of operations and an increasing interest in the competitiveness of companies, executives visualize the importance of developing strategic logistics applications in their processes. It is precisely in this context that the Central American Corporation for Air Navigation Services (COCESNA abbreviated in Spanish), after conducting its own analysis in the logistics area, set itself the objective of applying a platform for the supply management of its parts and components, including the six member countries. For the development of the research, COCESNA El Salvador assigned a representative, who together with the team of researchers from the major of Logística Global of ITCA-FEPADE Centro Regional MEGATEC Zacatecoluca, carried out an analysis of the current situation which served as a reference for the establishment of the processes of the logistics platform. As a result of the joint work, it was designed a Logistics Center of Parts (CLR abbreviated in Spanish) of Central America with headquarters in COCESNA El Salvador. The purpose of this platform is to manage the inventories of the spare parts of the entire corporation and the headquarters in El Salvador is responsible for leading the implementation.

## Keyword

Logistic platform, computer application, systems design, supply chain, distribution of spare parts, distribution routes.

## Introducción

En el presente artículo se expone el proyecto ejecutado por la Escuela de Logística Global del Centro Regional MEGATEC Zacatecoluca de ITCA-FEPADE y la empresa Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea, COCESNA, el cual consistió en desarrollar un modelo que incorpora un Centro Logístico de Repuestos, CLR, para Centroamérica, con sede en la estación de El Salvador. El Centro administra los inventarios de los repuestos de toda la Corporación.

Este proyecto surge luego de que COCESNA realizara un análisis en el área de logística, para minimizar sus costos en cada país miembro de la corporación. Antes del año 2017 la empresa hacía esfuerzos de forma individual en la compra de repuestos, equipos, almacenaje, mantenimiento, inventarios, preparación de pedidos, despacho y transporte, por cada uno de sus 6 países miembros, incrementando esfuerzos administrativos y costos de forma individual.

En tal sentido, COCESNA e ITCA-FEPADE abordan el tema para identificar y desarrollar un modelo y un manual de operaciones logísticas que contribuyan a la administración de los inventarios de repuestos abarcando las siguientes áreas, abastecimiento, administración del almacén y despacho a las distintas sedes.

El proyecto forma parte de los esfuerzos por vincular el sector académico y el sector productivo a través del desarrollo de investigaciones aplicadas, que fomenten la competitividad de las empresas.

Se presenta además un análisis de las plataformas logísticas que han evolucionado, producto de la demanda y la búsqueda de competitividad y productividad de las operaciones globales de las empresas y se presenta un modelo logístico para la plataforma de COCESNA.

## Desarrollo

### A. Análisis de plataformas logísticas

Una de las definiciones más conocidas de plataforma logística es la que define la European Association of Freight Villages EUROPLATFORMS: “un área dentro de la cual todas las actividades relativas al transporte, logística y la distribución de bienes, tanto para el tránsito nacional o internacional, son llevadas a cabo por varios operadores. Su gestión puede ser pública o privada y en ambos casos se podrá contar con los servicios públicos requeridos para prestar sus servicios” [1].

Una plataforma logística es una zona especializada que cuenta con la infraestructura y los servicios necesarios para facilitar la complementariedad modal y servicios de valor agregado a

la carga, donde distintos agentes coordinan sus acciones en beneficio de la competitividad de los productos que hacen uso de la infraestructura. En base a la definición anterior, se distinguen los distintos tipos de plataformas logísticas en función de su complejidad operativa e integración operacional.

- ✓ Centros de Distribución Unimodal.
- ✓ Zonas Logísticas.
- ✓ Plataformas Multimodales.

**Centros de Distribución Unimodal:** son infraestructuras que actúan como almacén y se orientan principalmente a la gestión del flujo de mercaderías hacia el cliente final y del inventario asociado, pudiendo participar en esta infraestructura una o múltiples empresas, sin que esto implique necesariamente algún grado de integración de operaciones. Este tipo de infraestructura es típicamente unimodal y principalmente orientado al transporte terrestre por carretera. [1]

**Las Zonas Logísticas:** implican un mayor grado de integración de operaciones mediante actividades de consolidación, localización y re direccionamiento de inventarios. Estas infraestructuras logísticas incluyen puntos de concentración de tráfico y de ruptura de carga, conectándola con otros puntos a través de un modo de transporte distinto. Como es evidente, este tipo de infraestructura incorpora al menos dos modos de transporte, por lo que es posible implementar aquí algunas estrategias de postponement geográfico o de distribución y cross docking. Típicamente aquí se clasifican los centros de carga aérea o las zonas de actividades logísticas portuarias. [1].

**Las Plataformas Logísticas Multimodales:** son nodos logísticos que conectan diferentes modos de transporte de una forma transparente para el usuario, donde el énfasis del proceso está en los servicios de valor agregado a la carga y no en el modo de transporte utilizado. Este tipo de infraestructura se conoce también como infraestructura tipo Hub, usualmente ligada a la existencia de un puerto para aprovechar economías de escala en las rutas internacionales. [1].

### B. Identificación de la plataforma logística a utilizar para la Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea, COCESNA

Ante un estudio interno de la Corporación sobre los sistemas de abastecimiento e inventario de los repuestos, se identificaron las siguientes situaciones:

1. Asignación de personal en cada país, realizando la misma actividad de compra para los mismos repuestos con el mismo proveedor.
2. Carencia de una información consolidada de los inventarios de repuestos en stock que tienen cada uno de los países miembros.
3. Existencia de costos de productos obsoletos. Se han

realizado sondeos en los almacenes de los diferentes países y se han identificado repuestos que, por no tener información actualizada de los inventarios, no se han utilizado y se han vuelto obsoletos por la tecnología que se utiliza y deben descartarse.

4. Inversiones no controladas de capital de trabajo en stock; a nivel corporativo cada país invierte capital en sus inventarios. Cuando la inversión es descontrolada, aparecen los costos de oportunidad.

En vista de la situación anterior, la Corporación decide evaluar una plataforma logística para la gestión de los inventarios a nivel corporativo que le permita:

1. Realizar una sola inversión para los repuestos en stock de toda la corporación.
2. Concentrar las operaciones administrativas para el abastecimiento de los repuestos, mantenimiento y reparación de los mismos.
3. Reducir los costos por obsolescencia de repuestos.
4. Asignar a un país miembro como centro de administración de dicha plataforma logística, en el cual se almacenen los repuestos y distribuyan a los demás países miembros.
5. Que todos los países miembros cuenten con una información actualizada y oportuna de los inventarios de repuestos en stock.

Dentro de la plataforma de Zonas Logísticas, están los centros regionales; tienen dos tipos de mercado, uno local o inmediato y otro secundario, usualmente pequeño y abastecido por los Centros de Distribución. La importancia del tamaño de mercado local está dada por la disminución de riesgo operativo, donde el mercado local está asociado a la cobertura de los costos fijos. La Corporación determinó a nivel institucional, en función de la posición geográfica, ventajas y oportunidades administrativas para el desarrollo de las operaciones a El Salvador, como sede del **Centro Logístico de Repuestos**, responsable del abastecimiento de los repuestos para los demás países miembros.

## Resultados

ITCA-FEPADE Centro Regional MEGATEC Zacatecoluca a través de la carrera de Logística Global, contribuyó a identificar y desarrollar una plataforma para crear el **Centro Logístico de Repuestos CLR**, para el abastecimiento de los repuestos en la Corporación Centroamericana. Así mismo, desarrolló un **Manual de Operaciones** para el CLR que contiene el Modelo Logístico [2].

El **Modelo Logístico** propuesto para el abastecimiento de repuestos en las estaciones de COCESNA se muestra en la figura 1:

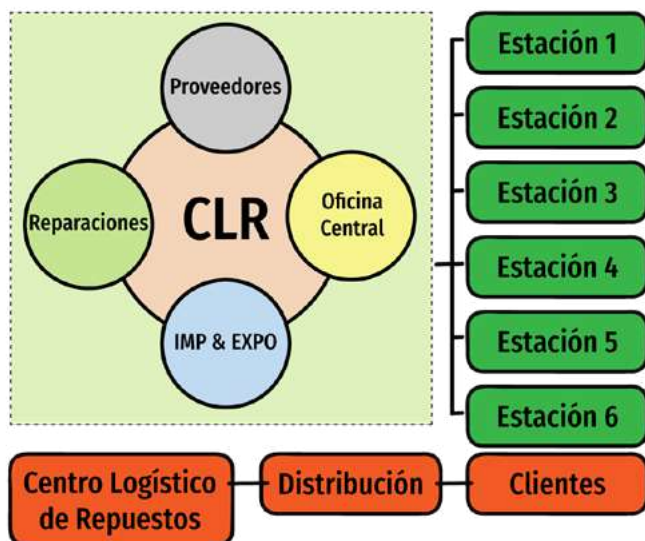


Figura 1. Elementos del Modelo Logístico de COCESNA.

### Descripción de los elementos del Modelo Logístico de COCESNA:

**El Centro Logístico de Repuestos (CLR)** ubicado en El Salvador; será el encargado de almacenar, resguardar y distribuir a las sedes los repuestos para sus operaciones. El CLR se apoyará en la administración central de COCESNA, ubicada en Tegucigalpa, con quienes tendrá una comunicación directa, en referencia a las compras de los repuestos provenientes de proyectos institucionales; así también coordinará actividades con la unidad de reparaciones, en el caso de requerir una revisión de los repuestos; la relación del CLR con los proveedores será la estrategia a cuidar para poder dar un eficiente servicio a los clientes. La Unidad de Importaciones y Exportaciones es otro de los elementos de apoyo para la operatividad del CLR.

**Distribución:** en esta fase se realiza la distribución de los repuestos hasta los clientes. Es una estrategia en que incursionará el CLR, ya que tendrá diversas rutas de entrega de los repuestos a los clientes, considerando también la logística de reversa de los repuestos. Para la distribución de los repuestos hacia los clientes, se partirá de la infraestructura administrativa con la que cuenta COCESNA, en donde la administración del CLR tomará el papel protagónico.

**Clientes:** los clientes son las 6 sedes de COCESNA: El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Belice. Es a ellos a quienes estará dirigido el servicio de abastecimiento de repuestos.

Para la operatividad del CLR se diseñó el Manual de Operaciones, el cual desarrolla los procedimientos de: requisición de compra,



la compra misma, recibimiento de repuestos en el CLR, registro de inventario, traslado y ubicación de los repuestos, recibo de solicitud y despacho de repuestos y reparación de módulos.

El **Manual de Operaciones del CLR** toma en cuenta las Normas ISO en sus diferentes áreas de aplicación y describe áreas tales como la seguridad industrial, manejo y cuidado de trabajo con sustancias peligrosas, funciones del CLR, empaque y embalaje, capacidad de almacenaje, control del inventario e indicadores logísticos para controlar la productividad del CLR. El manual de operaciones del Centro Logístico de Repuestos, está fundamentado en la necesidad que tiene la Corporación para dar una mejor respuesta a sus distintas sedes regionales que operan en toda Centroamérica en función de integrar y optimizar recursos humanos, repuestos y costos que beneficien la economía de la Corporación.

## Conclusiones

- ▶ Con el desarrollo de la Logística a nivel mundial, existen diferentes enfoques y agrupaciones de plataformas logísticas desarrolladas y utilizadas según las necesidades en las operaciones, todas enfocadas en mejorar la eficiencia y la optimización de los recursos.
- ▶ Estas plataformas en su concepto de raíz, siguen siendo una alternativa para la mejora continua de las empresas que operan regionalmente.
- ▶ En el Manual de Operaciones desarrollado con normas internacionales, se ha incorporado un amplio material bibliográfico con el objetivo de tener una referencia inmediata de temas relacionados al servicio que brindará el **Centro Logístico de Repuesto, CLR**.
- ▶ Para desarrollar los procedimientos del Centro Logístico de Repuestos, se determinaron las funciones clave a ejecutar, siendo estas: abastecimiento de repuestos, administración del almacén y despacho de repuestos. Para cada una de estas funciones clave se identificaron los procedimientos requeridos.

- ▶ Las rutas de distribución de los repuestos hacia las diversas sedes de COCESNA, no partirán del CLR únicamente, en muchas de las ocasiones serán trasladados directamente desde el proveedor hacia el cliente. La infraestructura de comunicación es fundamental para que el servicio sea eficiente.
- ▶ Este proyecto en asocio con el sector productivo permitió el desarrollo y fortalecimiento de competencias en docentes y estudiantes de ITCA-FEPADE.

## Recomendaciones

- ✓ En el caso particular de la aplicación de las plataformas logísticas, a nivel regional y en función de un territorio geográfico, éstas deben estar basadas en las políticas públicas, las cuales apoyan el desarrollo de dichas estructuras en función de las características propias de competitividad y productividad de los bienes o servicios que el país comercializa.
- ✓ Para tener una información confiable, oportuna y accesible para todos los clientes del CLR, se debe desarrollar una plataforma informática a nivel Corporativo para que todos los involucrados puedan mantener actualizada la información.

## Referencias

- 1] E. Leal y G. Pérez Salas. "Plataformas logísticas: elementos conceptuales y rol del sector público", CEPAL, Ed. 274, no. 6, pp. 1-4, 2009.
- [2] Escuela Especialidad en Ingeniería ITCA-FEPADE. "Diseño de un modelo logístico para la implementación de un HUB internacional de materiales y repuestos: en asocio con COCESNA", Santa Tecla : Itca Editores, 2018.

# EL CAMBIO TECNOLÓGICO Y LOS PROCESOS DE FORMACIÓN EDUCATIVA

## TECHNOLOGICAL CHANGE AND EDUCATIONAL TRAINING PROCESSES

**Francisco Sorto Rivas**

Maestría en Ciencias Económicas MCE. Docente investigador ISEADE-FEPADE. Email: [fran.sorto@gmail.com](mailto:fran.sorto@gmail.com)

Recibido: 12/06/2019 - Aceptado: 25/06/2019

Con la consolidación de la era digital en todas las actividades económicas y sociales a nivel mundial, se han experimentado cambios significativos en los procesos de aprendizaje, en general y de los estudiantes en particular, especialmente como consecuencia de las dificultades que enfrentan hoy las personas para concentrarse en tareas concretas; esto puede evidenciarse fácilmente al tomar en cuenta los múltiples distractores a que estamos expuestos cotidianamente al estar conectados a la red, inclusive cuando realizamos actividades intelectuales.

Según Nicolás Carr [1], los avances tecnológicos podrían agruparse, someramente, en cuatro grandes categorías; siendo los primeros de ellos aquellas tecnologías destinadas a aumentar la fuerza o resistencia física del ser humano, como sería el uso de herramientas; el segundo grupo identificado, se relacionan con el alcance y capacidad sensorial, como sería el uso de amplificadores, anteojos, microscopios, entre otros; mientras que, dentro de la tercera macrocategoría estarían las destinadas a remodelar nuestro entorno en función de necesidades y caprichos; finalmente está la categoría denominada tecnologías intelectuales que han sido concebidas para potenciar nuestras capacidades mentales; entre ellas encontraríamos las destinadas a la administración de información, procesos de búsqueda de datos, formulación y articulación de ideas, métodos para compartir conocimientos y todo tipo de artilugios destinados a ampliar la capacidad de memoria, tales como los dispositivos de almacenamiento de datos o información en línea, por ejemplo.

Ante las evidentes ventajas ofrecidas al ser humano por esta última categoría de tecnología, podría esperarse algún cambio en nuestra capacidad cerebral, tal como lo esperaba parte de la comunidad científica hace 20 años.

De hecho, se tiene conocimiento de investigaciones orientadas a comprobar si se ha experimentado algún aumento en el coeficiente intelectual de los estudiantes respecto a generaciones anteriores y, de ser el caso, si éste puede atribuirse al cambio en el entorno digital. Los resultados obtenidos son diversos y hasta ambiguos, ya que, en algunos casos, los cambios reportados en la capacidad intelectual de la población analizada podrían atribuirse al tipo de herramienta utilizada para la captura de datos.

Lo que sí es indiscutible es el cambio registrado en la forma en que “aprendemos”; el autor se refiere a esta nueva realidad utilizando el término de “superficialidad”.

Dicha situación sugiere que los procesos de aprendizaje, más que conducir al incremento en las competencias intelectuales de los estudiantes, han degenerado en procesos poco sistemáticos de formación autodirigida y que, a pesar del cuestionamiento a que está expuesta la formación convencional o conductista, podría afirmarse que la utilidad del componente docente y su carácter presencial [2] todavía continúa vigente.

Naturalmente que dicha realidad irá cambiando progresivamente; pero las expectativas que se tenían hasta hace poco tiempo atrás, de prescindir de los educadores para formar a las nuevas generaciones -gracias a las facilidades de acceso existentes, a todo tipo de conocimientos y metodologías de trabajo, en línea-, aún están lejos de alcanzarse.

Eso puede atestigüarse al observar cómo las generaciones tecnológicamente nativas (generación web) e inclusive, las personas mayores, están perdiendo capacidades de concentración, ya que al estar conectados a Internet tienden a revisar superficialmente diversos contenidos de forma alternativa y sin seguir patrón alguno; es más, es evidente cómo los estudiantes se aburren con más frecuencia que antes.

Así mismo, resulta extraño que los documentos revisados en línea sean leídos completamente por los usuarios. Algunos académicos sostienen que los estudiantes recurren a la red para no leer, realmente. Es precisamente este tipo de práctica a la que Nicolás Carr se refiere cuando habla de superficialidad [1].

Eso es lo que sucede durante el procesamiento de información mediante la lectura. Está demostrado que entre la memoria de corto plazo y la de largo plazo, la lectura profunda es ineludible. Así ha evolucionado el cerebro humano al desarrollar una intrincada red de sinapsis.

Es por ello que, al revisar documentos en línea con hipervínculos, imágenes y videos inclusive, enfrentamos obstáculos para una lectura profunda de los contenidos; no se

mantiene la concentración necesaria para el procesamiento de información, a diferencia de lo que sucedía en el pasado. Sucede algo parecido al cambio de canales al disponer de un control remoto; pasamos de un contenido a otro sin fijarnos en los argumentos de las películas o series que vemos fugazmente.

Resulta interesante mencionar aquí que, el uso de ordenadores inspirados en los trabajos de Alan Turing, responsable de la descodificación de la máquina Enigma [3] durante la segunda guerra mundial -que soñaba con una herramienta que pudiera transmitir mensajes, textos, sonidos e imágenes-, se ha convertido en una herramienta de trabajo y entretenimiento cotidiana. Actualmente, desde los vehículos, electrodomésticos, herramientas y dispositivos, operan utilizando computadoras.

Regresando a la idea principal de este trabajo, algunos investigadores académicos se refieren al hábito de revisar rápida y alternativamente, diferentes sitios y textos, mediante el término de “revolotear” entre bits y en línea; mientras más rápidas sean las aplicaciones para abrir contenidos, más eufóricos se ponen los usuarios. Esa obsesión por la rapidez es explotada por las firmas propietarias de motores de búsqueda que facilitan la actualización constantemente de contenidos, con el propósito de mantenerlos conectados el mayor tiempo posible.

Por otro lado, está demostrado que el cerebro dispone de una enorme capacidad para regenerarse, lo cual ha sido comprobado al observar cómo personas que han sufrido accidentes, experimentan una reorganización, a nivel de la red de sinapsis, para acceder a partes del cerebro que se encontraban desconectadas a raíz del accidente, logrando con ello rehabilitar las funciones amenazadas con quedar atrofiadas.

La razón de mencionar esto último es porque, ante el entorno digital, el cerebro está cambiando, al menos en lo que se refiere al mapa de sinapsis responsable del procesamiento de información, privilegiándose en este nuevo ambiente tecnológico, la descodificación de información, en

contraposición a su almacenamiento como memoria de largo plazo.

Debido a las dificultades de concentración que enfrentamos al recibir, todo el día, mensajes en nuestros dispositivos de comunicación, actualizaciones en línea de noticias que nos interesan, según nuestro perfil de usuario y del tráfico de comunicaciones en las redes sociales, el cerebro no tiene suficiente tiempo para almacenar tantos datos e información en general.

Esto último ha sido suplido actualmente por el acceso ilimitado con que contamos a información en línea. Todo esto representa un cambio en el estilo de aprendizaje, versus lo que sucedía en la era industrial.

Ante esta realidad, las sociedades se irán reorganizando, prescindiéndose progresivamente de tareas repetitivas que pueden traducirse a algoritmos, afectando inclusive las tareas de carácter educativo.

Bajo este escenario, la labor educativa tendrá que irse adaptando para responder al nuevo entorno digital.

## Referencias

- [1] N. Carr, Superficiales, ¿qué está haciendo internet con nuestras mentes? España: Debolsillo, 2018.
- [2] F. Sorto Rivas, “Educación en la era digital”. Noticias de El Salvador - La Prensa Gráfica: 4 Dic-2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.laprensagrafica.com/opinion/Educacion-en-la-era-digital-20181203-0344.html>. [Accedido: 17-May-2019]
- [3] J. M. Miret, “Alan Turing: El descifrado de la máquina Enigma” 2013. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.elpais.com/turing/2013/06/alan-turing-el-descifrado-de-la-maquina-enigma.html>. [Accedido: 17-May-2019]

## Instrucciones a los autores

### **NORMAS DE PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS**

La Revista Tecnológica es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, de periodicidad anual. Publica artículos científicos técnicos, académicos y de proyectos de investigación, asociados con las temáticas de las carreras técnicas e ingenierías que se imparten, tales como mecatrónica, gastronomía, arquitectura, química, computación y acuicultura.

La revista ha sido concebida para la comunidad académica y el sector productivo, como un aporte al desarrollo científico y tecnológico del país.

Los artículos que se presenten, deben cumplir con los criterios de originalidad, pertinencia, novedad y los lineamientos de redacción que se detallan a continuación.

### **ESTRUCTURA DE LOS ARTÍCULOS**

Cada artículo debe contener:

Título, subtítulo, autores, resumen, palabras clave, introducción, desarrollo o metodología, resultados, conclusiones y recomendaciones, agradecimientos (opcional) y referencias de fuentes confiables impresas o electrónicas.

### **TÍTULO Y SUBTÍTULO**

Debe contener la información esencial del contenido del trabajo y ser lo suficientemente atractivo para invitar a su lectura.

En el caso de tener subtítulo, éste irá separado por dos puntos.

El título y subtítulo deben ser claros y concisos; se recomienda un máximo de 15 palabras que reflejen el contenido del artículo, letra Century Gotic número 14. Si agrega subtítulo, máximo 10 palabras con letra número 12. No utilizar siglas ni abreviaturas. Adjuntar versión en inglés.

### **AUTORES**

Se indica el nombre y apellidos del autor o autores y su filiación institucional, indicando una dirección electrónica de contacto.

Ejemplo: Juan Antonio Pérez. Ingeniero Mecánico, Maestría en Educación, Docente Investigador, Coordinador Escuela de Ingeniería en Computación, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE, Santa Tecla. Email [japerez@itca.edu.sv](mailto:japerez@itca.edu.sv)

Los autores son las personas que han hecho sustanciales contribuciones intelectuales en un trabajo de investigación a publicar. Si hay varios autores, el orden de quién encabeza la lista lo deciden entre ellos.

### **RESUMEN /ABSTRACT**

El resumen se debe redactar en un solo párrafo; se recomienda no exceder de 250 palabras. Debe contener los objetivos del trabajo, breve descripción del desarrollo de la metodología empleada, los resultados más destacados del estudio y las principales conclusiones y recomendaciones.

Comunica en forma rápida y precisa el contenido básico del artículo sin tener que recurrir al resto de la información. Adjuntar versión en idioma Inglés.

Esta es la única parte del artículo que será publicada por algunas bases de datos y es la que leen los investigadores o los interesados en las revisiones bibliográficas para decidir si es conveniente o no acceder al texto completo.

No debe contener abreviaturas, términos poco corrientes, referencia a gráficos o cuadros que figuren en el artículo, ni citas particulares.

### **PALABRAS CLAVE**

Son palabras del lenguaje natural o técnico, suficientemente significativas, extraídas del título o del contenido del documento.

El autor agregará como máximo cinco palabras clave para describir el contenido de su artículo. Adjuntar versión en idioma Inglés.

### **INTRODUCCIÓN**

La introducción contiene el problema y la justificación del trabajo. Presenta antecedentes que fundamentan la importancia del estudio. Recoge la información sobre el propósito del artículo presentado y el conocimiento actual del tema.

Da a conocer los rasgos generales del estudio.

De utilizarse siglas en el texto del artículo deberá indicarse su significado.

### **DESARROLLO O METODOLOGÍA**

Debe estar armonizado en su contenido para mantener la fluidez de la lectura.

Contiene la descripción de la metodología y procedimientos empleados. Para su organización se sugiere subdividirlo en diferentes secciones.



Se presentan las demostraciones, indagaciones y todo lo que el autor considere importante detallar y compartir. Se construye con párrafos de tipo expositivo, cada uno de los cuales expresa solo una idea.

Los métodos estadísticos deben describirse en detalle para su verificación.

En este apartado se describe el contenido medular del artículo y se brindan las explicaciones necesarias para hacer comprensible lo que queremos compartir.

## RESULTADOS

Es el apartado que se emplea para comunicar los hallazgos o resultados originales.

Los resultados deben dar respuesta a los objetivos específicos en una investigación.

Se describen las tendencias más sobresalientes del trabajo realizado; se respaldan con el análisis de los datos, procedimientos, diseños experimentales, técnicas y estrategias metodológicas.

Se debe incluir evidencia de la información estadística cuando aplica; incluir tablas, cálculos, gráficas e ilustraciones para una mejor visualización.

En una investigación es importante señalar todos los hallazgos para evitar a otros investigadores incurrir en errores metodológicos innecesarios.

## FIGURAS Y TABLAS

Deben ubicarse en el artículo con numeración consecutiva precedidas de la abreviatura Fig. o Tab. Las figuras pueden ser gráficos, dibujos o fotografías.

El texto de las tablas debe estar al inicio de cada una, el texto de la figura o ilustración debe estar al pie de cada una y estar redactada de forma clara para no recurrir al texto para su interpretación. Se debe indicar la fuente de cada objeto utilizado; todas las figuras, imágenes y fotografías deben adjuntarse en formato JPG; asegurar la calidad con al menos 5 megapíxeles.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones son los juicios emitidos por el autor sobre la base de los resultados obtenidos.

En un artículo científico se hace una síntesis de los principales hallazgos, que a la vez, dan respuesta al problema de investigación o temática del artículo; también se comparan estos hallazgos con los resultados obtenidos por otros autores en temas similares.

Se deben relacionar las conclusiones con los objetivos específicos del estudio. Las conclusiones deben estar respaldadas por datos disponibles.

## RECOMENDACIONES / REFLEXIONES

Deben redactarse de tal forma que faciliten la toma de decisiones respecto al problema planteado, temática del artículo, los resultados alcanzados o futuras investigaciones. Se deben proponer alternativas de solución a un problema detectado en la temática o en la investigación.

Las recomendaciones deben ser claras y enfocarse en la búsqueda para incrementar el conocimiento, nuevas aplicaciones e innovaciones y brindar sugerencias sobre acciones futuras.

## AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)

Recoge los nombres de las personas o instituciones que contribuyeron en aspectos claves del trabajo de investigación del artículo.

Se recomienda incluir a las personas que colaboraron y que no cumplen con los lineamientos de autoría.

## REFERENCIAS DE FUENTES CONFIABLES CONSULTADAS: IMPRESAS Y ELECTRÓNICAS

En este apartado se hará referencia a todas las fuentes y documentos impresos, digitales y en línea consultados para soportar el artículo.

Las referencias bibliográficas preferiblemente se redactarán de acuerdo a las Normas IEEE.

Mayor información sobre normas IEEE disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/317388407\\_Guia\\_para\\_citar\\_y\\_referenciar\\_Estilo\\_IEEE](https://www.researchgate.net/publication/317388407_Guia_para_citar_y_referenciar_Estilo_IEEE)

Las referencias de sitios web deben ser de fuentes confiables y seguras; deben proceder de autores o instituciones de prestigio.

Las fuentes se citarán y redactarán de acuerdo con los ejemplos de referencias mostrados a continuación.

## EJEMPLOS DE REFERENCIAS

### Libros

[1] Iniciales y Apellido, Título del libro en letra cursiva, Edición abreviado. Lugar de publicación: Editorial, Año de publicación, capítulo, páginas (abreviadas pp.)

### Artículo de una revista

[1] J. K. Autor, "Título del artículo," Título abreviado de la revista en letra cursiva, volumen (abreviado, vol.), número abreviado no.), páginas (abreviado pp.), Mes, Año

## Informe Técnico

[1] Iniciales y apellidos del autor, “Título del informe entre comillas,” Nombre de la empresa, Sede de la empresa, Tipo de informe abreviado, Número de informe, Fecha de publicación

## Recursos de Internet

Los recursos disponibles en Internet pueden presentar una tipología variada: libros, revistas, portales, bases de datos, entre otros. Se citan igual que los documentos impresos, añadiéndoles la indicación [en línea] u [online], dependiendo del idioma en que se redacta la referencia. Concluye con la URL del sitio y fecha de consulta.

## NOTA:

Al citar referencias bibliográficas en el texto del artículo, deberán indicarse en forma numérica entre corchetes y en orden correlativo.

## FORMATO PARA LA REDACCIÓN DE ARTÍCULOS

Usar la plantilla con el formato de artículos IEEE, disponible en: <https://ieeeuniversidadecci.files.wordpress.com/2016/08/formato-presentacion-documentos-ieee-es.doc>

Esta plantilla es un archivo de texto “Microsoft Word”. Este documento contiene las instrucciones para el formato del artículo y además sirve de ejemplo. El archivo viene listo para utilizar, para redactar su artículo solo deberá reemplazar los títulos, los subtítulos, el contenido, las imágenes y las referencias.

Cada Artículo deberá tener como mínimo 4 páginas y no exceder de 8 páginas.

Entregar en un archivo digital y con alta resolución los objetos, las fotografías e imágenes utilizadas en el artículo. No deberán utilizarse imágenes copiadas y pegadas de Internet.

## CONVOCATORIA

ITCA Editores invita a directores, docentes, docentes investigadores de ITCA-FEPADE y profesionales externos, a escribir y compartir sus aportes intelectuales a través de la Revista Tecnológica. Enviar los artículos en un archivo digital adjunto a la siguiente dirección: [revistatecnologica@itca.edu.sv](mailto:revistatecnologica@itca.edu.sv)



4 INGENIERÍAS

23 CARRERAS TÉCNICAS

CURSOS Y DIPLOMADOS



 ITCA-FEPADE (Sitio Oficial)

 ITCA\_FEPADE Oficial

 ITCA-FEPADE Oficial

[www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)





## SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central en Santa Tecla y cuatro Centros Regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

### 1 SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.  
Tel.: (503) 2132-7400

### 2 CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.  
Tel.: (503) 2440-4348

### 3 CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.  
Tel.: (503) 2669-2298

### 4 CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.  
Tel.: (503) 2334-0763

### 5 CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión.  
Tel.: (503) 2668-4700