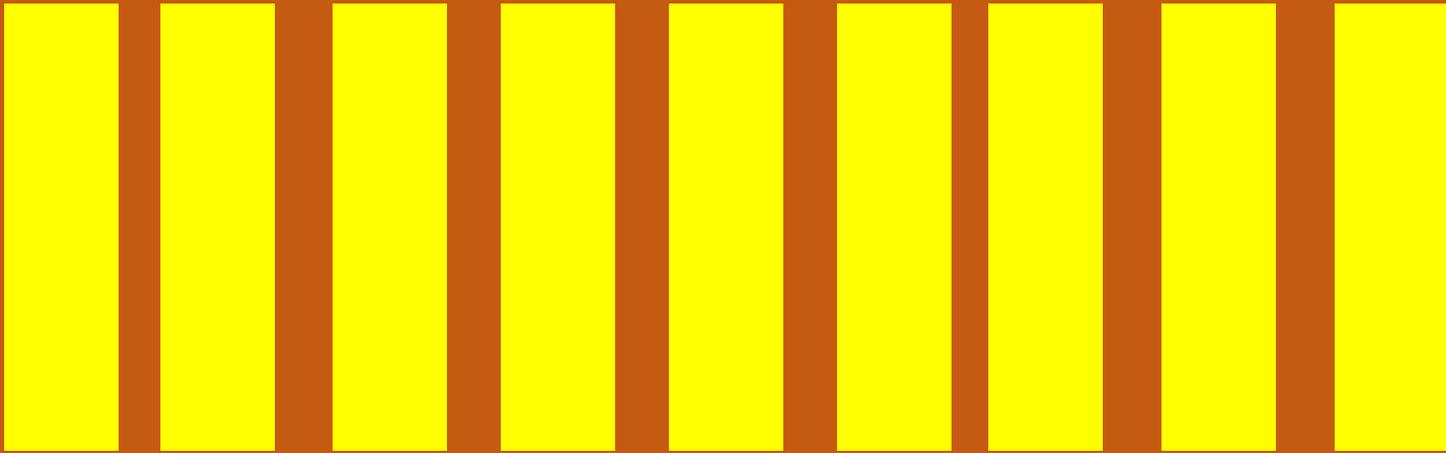


ISSN 2523-6814

# Revista de

## Tecnologías Computacionales

Volumen 2, Número 6 — Abril — Junio - 2018



**ECORFAN<sup>®</sup>**

## **ECORFAN-Taiwán**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

### **Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Administración Empresarial**

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

### **Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

### **Revista de Tecnologías Computacionales,**

Volumen 2, Número 6, de Abril a Junio 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: [www.ecorfan.org/taiwan](http://www.ecorfan.org/taiwan), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María, CoEditor: VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD. ISSN-2523-6814. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda. PhD, LUNA-SOTO, Vladimir. PhD. Actualizado al 30 de Junio 2018.

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

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Centro Español de Ciencia y Tecnología.

# **Revista de Tecnologías Computacionales**

## **Definición del Research Journal**

### **Objetivos Científicos**

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas Estándares de habilidades digitales para educación, Proyectos de aprendizaje a través del uso de información, Tecnologías y comunicación, Desarrollo de digital, Competencias para la enseñanza de programas de habilidades digitales, Gestión de tecnología y educación, Campos de capacitación tecnológica, Aplicados a la educación

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

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

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

Revista de Tecnologías Computacionales es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de Estándares de habilidades digitales para educación, Proyectos de aprendizaje a través del uso de información, Tecnologías y comunicación, Desarrollo de digital, Competencias para la enseñanza de programas de habilidades digitales, Gestión de tecnología y educación, Campos de capacitación tecnológica, Aplicados a la educación con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias de Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

## **Consejo Editorial**

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD  
Oak Ridge National Laboratory

CARBAJAL - DE LA TORRE, Georgina. PhD  
Université des Sciences et Technologies de Lille

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD  
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD  
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD  
University of Bristol

DECTOR - ESPINOZA, Andrés. PhD  
Centro de Microelectrónica de Barcelona

TELOXA - REYES, Julio. PhD  
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD  
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Madrid

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD  
Universidad Central del Ecuador

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD  
Center of Research in Mathematics

MEDELLIN - CASTILLO, Hugo Iván. PhD  
Heriot-Watt University

LAGUNA, Manuel. PhD  
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD  
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD  
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD  
University of Southampton

LÓPEZ - HERNÁNDEZ, Juan Manuel. PhD  
Institut National Polytechnique de Lorraine

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD  
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD  
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Cataluña

MAYORGA - ORTIZ, Pedro. PhD  
Institut National Polytechnique de Grenoble

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD  
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD  
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD  
University of Amsterdam

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD  
Universidad París XI

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD  
Academia de Ciencias de Polonia

LÓPEZ - BONILLA, Oscar Roberto. PhD  
State University of New York at Stony Brook

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD  
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD  
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD  
University of Texas

PÉREZ - ROBLES, Juan Francisco. PhD  
Instituto Tecnológico de Saltillo

SALINAS - ÁVILES, Oscar Hilario. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados -IPN

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD  
Universidad de Guanajuato

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTILLO - TÉLLEZ, Margarita. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD  
Universidad de Guanajuato

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD  
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

ARROYO - DÍAZ, Salvador Antonio. PhD  
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

ENRÍQUEZ - ZÁRATE, Josué. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERNÁNDEZ - NAVA, Pablo. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD  
Intitut National Polytechnique Toulouse

QUETZALLI - AGUILAR, Virgen. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

PORTILLO - VÉLEZ, Rogelio de Jesús. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

SÁNCHEZ - HERRERA, Mauricio Alonso. PhD  
Instituto Tecnológico de Tijuana

PALAFIX - MAESTRE, Luis Enrique. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AGUILAR - NORIEGA, Leocundo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZALEZ - BERRELLEZA, Claudia Ibeth. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

REALYVÁSQUEZ - VARGAS, Arturo. PhD  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RODRÍGUEZ - DÍAZ, Antonio. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

MALDONADO - MACÍAS, Aidé Aracely. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

LICEA - SANDOVAL, Guillermo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CASTRO - RODRÍGUEZ, Juan Ramón. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMIREZ - LEAL, Roberto. PhD  
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

VALDEZ - ACOSTA, Fevrier Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Samuel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

CORTEZ - GONZÁLEZ, Joaquín. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

TABOADA - GONZÁLEZ, Paul Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RODRÍGUEZ - MORALES, José Alberto. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

## **Comité Arbitral**

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

URBINA - NAJERA, Argelia Berenice. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

PEREZ - ORNELAS, Felicitas. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

CASTRO - ENCISO, Salvador Fernando. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CASTAÑÓN - PUGA, Manuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GONZÁLEZ - REYNA, Sheila Esmeralda. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RUELAS - SANTOYO, Edgar Augusto. PhD  
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas

HERNÁNDEZ - GÓMEZ, Víctor Hugo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

CUAYA - SIMBRO, German. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

LOAEZA - VALERIO, Roberto. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

ALVAREZ - SÁNCHEZ, Ervin Jesús. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de México

MORALES - CARBAJAL, Carlos. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMÍREZ - COUTIÑO, Víctor Ángel. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

BAUTISTA - VARGAS, María Esther. PhD  
Universidad Autónoma de Tamaulipas

GAXIOLA - PACHECO, Carelia Guadalupe. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD  
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD  
Universidad de Guadalajara

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GUTIÉRREZ - VILLEGAS, Juan Carlos. PhD  
Centro de Tecnología Avanzada

HERRERA - ROMERO, José Vidal. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTINEZ - MENDEZ, Luis G. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

LUGO - DEL ANGEL, Fabiola Erika. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

PURATA - SIFUENTES, Omar Jair. PhD  
Centro Nacional de Metrología

CALDERÓN - PALOMARES, Luis Antonio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

TREJO - MACOTELA, Francisco Rafael. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD  
Universidad ETAC

DÍAZ - CASTELLANOS, Elizabeth Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ORANTES - JIMÉNEZ, Sandra Dinorah. PhD  
Centro de Investigación en Computación

VERA - SERNA, Pedro. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OLIVARES - CEJA, Jesús Manuel. PhD  
Centro de Investigación en Computación

GALAVIZ - RODRÍGUEZ, José Víctor. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD  
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

GUDIÑO - LAU, Jorge. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MEJIAS - BRIZUELA, Nildia Yamileth. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

FERNÁNDEZ - GÓMEZ, Tomás. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MENDOZA - DUARTE, Olivia. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

NAKASIMA - LÓPEZ, Mydory Oyuky. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

AYALA - FIGUEROA, Rafael. PhD  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

HERNÁNDEZ - MORALES, Daniel Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AMARO - ORTEGA, Vidblain. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

CASTILLO - BARRÓN, Allen Alexander. PhD  
Instituto Tecnológico de Morelia

CASTILLO - QUIÑONES, Javier Emmanuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ROSALES - CISNEROS, Ricardo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

GARCÍA - VALDEZ, José Mario. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

MÉRIDA - RUBIO, Jován Oseas. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital

INZUNZA - GONÁLEZ, Everardo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

VILLATORO - Tello, Esaú. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

NAVARRO - ÁLVEREZ, Ernesto. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ALCALÁ - RODRÍGUEZ, Janeth Aurelia. PhD  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Juan Miguel. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

RODRIGUEZ - ELIAS, Oscar Mario. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ORTEGA - CORRAL, César. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GARCÍA - GORROSTIETA, Jesús Miguel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

## **Cesión de Derechos**

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

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

## **Declaración de Autoría**

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

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

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

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

## **Detección de Plagio**

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

## **Proceso de Arbitraje**

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

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

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Estándares de habilidades digitales para educación, Proyectos de aprendizaje a través del uso de información, Tecnologías y comunicación, Desarrollo de digital, Competencias para la enseñanza de programas de habilidades digitales, Gestión de tecnología y educación, Campos de capacitación tecnológica, Aplicados a la educación y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología.

## **Presentación del contenido**

En el primer artículo presentamos *Modelo teórico para el diseño de un videojuego como recurso didáctico en matemáticas*, por SOTO-HERNÁNDEZ, Ana M., VARGAS-PEREZ, Laura S., PERALTA-ESCOBAR, Jorge y REYES-MÉNDEZ, Victoriano, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, como segundo artículo presentamos *Aseguramiento de integridad de datos para el sistema de encuestas del ITSH*, por CRUZ-LUNA, Manuel, LUNA-TREJO, Cupertino y URBINA-FERNÁNDEZ, José, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Huachinango, como tercer artículo presentamos *Desarrollo de un robot móvil controlado vía internet y ubicado mediante posicionamiento global*, por MUÑOZ-MATA, José Lorenzo, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, CERVANTES-DE LA ROSA, Juan Pedro y OCOTITLA-MUÑOZ, Alma Delia, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Puebla, como cuarto artículo presentamos *Detección de fallas en un sistema de tres tanques interactivos*, por LADRON DE GUEVARA-RODRIGUEZ, Victor Manuel, RAMIREZ-CABRERA, Luis Alejandro, ZUÑIGA-CASTILLO, Manuel Alejandro y ROMERO-GALVAN, Gerardo, con adscripción en la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Modelo teórico para el diseño de un videojuego como recurso didáctico en matemáticas</b> SOTO-HERNÁNDEZ, Ana M., VARGAS-PEREZ, Laura S., PERALTA-ESCOBAR, Jorge y REYES-MÉNDEZ, Victoriano <i>Instituto Tecnológico de Ciudad Madero</i>	1-14
<b>Aseguramiento de integridad de datos para el sistema de encuestas del ITSH</b> CRUZ-LUNA, Manuel, LUNA-TREJO, Cupertino y URBINA-FERNÁNDEZ, José <i>Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango</i>	15-21
<b>Desarrollo de un robot móvil controlado vía internet y ubicado mediante posicionamiento global</b> MUÑOZ-MATA, José Lorenzo, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, CERVANTES-DE LA ROSA, Juan Pedro y OCOTITLA-MUÑOZ, Alma Delia <i>Universidad Tecnológica de Puebla</i>	22-28
<b>Detección de fallas en un sistema de tres tanques interactivos</b> LADRON DE GUEVARA-RODRIGUEZ, Victor Manuel, RAMIREZ-CABRERA, Luis Alejandro, ZUÑIGA-CASTILLO, Manuel Alejandro y ROMERO-GALVAN, Gerardo <i>Universidad Autonoma de Tamaulipas</i>	29-38

## Modelo teórico para el diseño de un videojuego como recurso didáctico en matemáticas

### Theoretical model for the design of a videogame as a didactic resource in mathematics

SOTO-HERNÁNDEZ, Ana María†\*, VARGAS-PÉREZ, Laura Silvia, PERALTA-ESCOBAR, Jorge y REYES-MÉNDEZ, Victoriano

*Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tecnológico Nacional de México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Ana María, Soto-Hernández* / ORC ID: 0000-0002-8660-3413, CVU CONACYT ID: 317457

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Laura Silvia, Vargas-Pérez* / CVU CONACYT ID: 212197

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Jorge, Peralta-Escobar*

ID 4<sup>to</sup> Coautor: *Victoriano, Reyes-Méndez*

Recibido: Marzo 23, 2018; Aceptado: Junio 02, 2018

#### Resumen

El uso extensivo de los dispositivos móviles entre la población, particularmente los jóvenes, puede utilizarse como recurso para motivar un mejor desempeño académico. Cuando se conjunta el interés por desarrollar aplicaciones móviles por estudiantes de ingeniería, y la posibilidad de diseñar un videojuego, con el fin de mejorar los aprendizajes en las matemáticas básicas que requieren los aspirantes a ingenieros, se tiene un doble beneficio. Diseñar un videojuego con fines educativos requiere de un análisis pedagógico, y un profesor que desea utilizar un videojuego para sus intenciones pedagógicas requiere de un programador de videojuegos para realizar un análisis teórico de la relación juego-aprendizaje. La motivación y el involucramiento que genera un videojuego puede ser utilizado para fines educativos, por ello un diseñador de juegos y un profesor diseñando una secuencia de aprendizaje pueden utilizar como base para el análisis de su propuesta la Teoría Cognitivo-Afectiva del Aprendizaje con Multimedia, el Modelo de Objeto de Juego, y el modelo Mecánica del Aprendizaje-Mecánica del Juego. En este trabajo se presenta una propuesta teórica para el diseño de un videojuego para el aprendizaje de conceptos básicos de matemáticas para ingeniería.

#### Abstract

The extensive use of mobile devices among the population, particularly young people, can be used as a resource to motivate better academic performance. When there is an interest in developing mobile applications for engineering students, and the possibility of designing a videogame, in order to improve the learning in basic mathematics required by aspiring engineers, there is a double benefit. Designing a video game for educational purposes requires a pedagogical analysis, and a teacher who wants to use a videogame for his pedagogical intentions requires a video game programmer to perform an analysis of the game-learning relationship. The motivation and involvement generated by a video game can be used for educational purposes, so a game designer and a teacher designing a learning sequence can use the Cognitive-Affective Theory of Multimedia Learning, the Game Object Model, and the Learning Mechanics-Game Mechanics model as a basis for the analysis of their proposal. In this paper, a theoretical proposal for the design of a video game that completes the learning of basic concepts of mathematics for engineering is presented.

**Video games, Math learning, Serious games**

#### Videojuegos, Aprender matemáticas, Juegos serios

**Citación:** SOTO-HERNÁNDEZ, Ana M., VARGAS-PEREZ, Laura S., PERALTA-ESCOBAR, Jorge y REYES-MÉNDEZ, Victoriano. Modelo teórico para el diseño de un videojuego como recurso didáctico en matemáticas. Revista de Tecnologías Computacionales. 2018, 2-6: 1-14

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los estudiantes que ingresan a las carreras de ingeniería deben demostrar una serie de competencias disciplinarias en las matemáticas y la física, así como las de tipo genérico - comunicación oral y escrita y trabajo en equipo- que les permita avanzar exitosamente en su trayectoria escolar. En el proceso de ingreso al nivel superior se aplican exámenes estandarizados, que incluyen la detección de las aptitudes y competencias sobre el pensamiento matemático y analítico, y la comprensión, lectura y estructura de la lengua, que permiten detectar el potencial de los aspirantes para cursar exitosamente el primer año de licenciatura (CENEVAL, s.f.).

En este sentido, los profesores responsables de los cursos de matemáticas, física y química, principalmente, tanto de nivel superior como medio superior, han sido motivados para actualizar sus estrategias didácticas y voltear a ver, estudiar, analizar, evaluar y aplicar otra gran variedad de recursos didácticos y de plataformas para la gestión del aprendizaje, relacionados con las nuevas tecnologías.

No obstante, a nivel institucional, sistémico, pareciera que “la escuela se está quedando al margen de esta transformación” (Pedró, 2016, p. 21), ya que las iniciativas se han desplegado de forma personal, los proyectos se han asumido casi como retos propios de los profesores, mientras que otros utilizan la tecnología en el ámbito personal, pero apenas están incorporándola en su actividad docente, a pesar de “la casi universalización de los dispositivos inteligentes entre los alumnos y los docentes” (Idem p. 22).

Así también el uso de los dispositivos electrónicos donde las aplicaciones de *software* están al alcance de la mano, se ha generalizado como intención para aprovechar las tendencias de los jóvenes a estar permanentemente conectados de forma virtual. Por lo anterior, el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se ha convertido en un eje transversal de la política educativa en todos los niveles como reflejo de la tendencia mundial que también ha sido objeto de estudio (OCDE, 2015; Chiappe, 2016).

Sin embargo, pareciera que utilizar este tipo de recursos no ha motivado el mejoramiento de las competencias de los estudiantes en México.

Pues resultados de pruebas estandarizadas como Pisa para estudiantes de 15 años, y los cuestionarios para profesores plasmados en la encuesta denominada Talis, así lo muestran (OCDE, 2013; OCDE, 2015; OCDE, 2016).

Aún más, a nivel internacional se ha mostrado que “la calidad de los resultados en educación no tiene tanto que ver con la presencia o la ausencia de tecnología en las escuelas como con la pedagogía adoptada y las condiciones en que se aplica en el aula (Pedró, 2016, p. 22).

No obstante, dentro de la diversidad de recursos tecnológicos, los que más se han popularizado son los que tienen características lúdicas y se han asociado a los juegos entre niños y jóvenes.

Muchos de los cuales, de origen, se han diseñado incorporando elementos para aprendizajes en varias disciplinas –aprendizaje basado en juegos, GBL- independientemente de sus características motivacionales, afectivas, colaborativas y sociales, utilizando ambientes atractivos como la Realidad Aumentada (AR), las vistas 2D y 3D, o las versiones para dispositivos móviles como los teléfonos celulares y las tabletas (Bacca, y otros, 2015; Chen, Ho, y Lin, 2015; Diaz, Hincapié, y Moreno, 2015; Nincarean, y otros, 2013; Padilla, y otros, 2012; Samaniego, y Sarango, 2016; Sannikov, y otros, 2015; Palau, y otros, 2017).

En ese sentido, el cuestionamiento que motivó este trabajo está relacionado con los beneficios reales y significativos que tiene el uso de los juegos digitales para fines educativos, tanto desde el punto de vista afectivo-motivador, como del mejoramiento en el aprendizaje de conocimientos y el desarrollo de habilidades vinculadas con las competencias genéricas, disciplinarias o profesionales para los estudiantes de educación superior.

Por lo anterior, y aprovechando también la inclinación de jóvenes estudiantes de ingeniería en sistemas computacionales por la programación de aplicaciones para dispositivos móviles, la primera etapa de esta investigación está relacionada con la definición de un modelo teórico que oriente el trabajo de diseñar un videojuego utilizando recursos como la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada con objetivos educacionales específicos en el área básica de matemáticas para ingeniería.

En este documento se mostrará en el primer apartado algunos aspectos básicos de la teoría del aprendizaje, y del proceso de *gamificación* del aprendizaje; en el siguiente apartado se presentan la Teoría Cognitiva-Afectiva del Aprendizaje con Multimedia adaptada de Moreno (2006), y el modelo de Mecánica del Aprendizaje y Mecánica del Juego propuesto por Arnab y otros (2005). Finalmente se contrastan estos modelos con el modelo pedagógico por competencias que prevalece en la formación de los ingenieros del Tecnológico Nacional de México (TecNM), para realizar una propuesta de enfoque del trabajo de investigación y desarrollo sobre videojuegos para fines educacionales. Se presentan también las conclusiones y recomendaciones para dar contuidad al trabajo de investigación en curso.

### Bases teóricas

El uso del juego para el aprendizaje no es una estrategia novedosa, ya que en educación básica es fundamental y obligada. Sin embargo, al avanzar en el conocimiento de conceptos abstractos, la tendencia de los profesores había sido formalizar el manejo de los mismos utilizando metodologías y recursos didácticos más “serios”, tendientes al manejo meramente intelectual, conceptual, asociando las actividades de manipulación con un nivel incipiente de conocimiento. Un profesor de matemáticas en ingeniería, por ejemplo, es cuestionado por sus colegas cuando dedica actividades para “jugar” con los colores, los elementos materiales, o los movimientos corporales dentro de un curso de cálculo infinitesimal. No obstante, si los estudiantes y su profesor son fanáticos de los videojuegos y los utiliza como recurso dentro de su práctica docente, tal inclinación no es considerada inapropiada para el nivel de la educación superior.

En esta época, cuando el uso de los teléfonos inteligentes está creciendo exponencialmente de tal manera que se proyecta que para el 2020 el 70% de la población mundial tendrá uno a su alcance (Ericsson, 2017), la utilización de esta tecnología para beneficios en la educación de las personas es una gran oportunidad, por supuesto, sin perder de vista que aquellos estudiantes que se encuentran en el 30% restante deben contar con una alternativa real y cercana para no ser objetos de exclusión y falta de equidad. En las instituciones de educación superior, el acceso generalizado de los estudiantes a salas de cómputo brinda estas opciones indispensables.

### 1 Sobre el aprendizaje

El proceso del aprendizaje es objeto de estudio de la pedagogía, vinculado con otras disciplinas como la psicología, sociología, antropología, filosofía, historia y medicina incluso, permite interpretar la circunstancia de los sujetos involucrados en el proceso y emitir explicaciones y sugerencias al respecto. El avance tecnológico asociado con las características del ser humano actual ha motivado cambios en los modelos de diseño instruccional, y el uso de las actividades lúdicas ha aumentado su nivel de aplicabilidad para incluir a jóvenes de cada vez mayor edad y ha permeado en disciplinas y áreas antes muy rígidas en sus metodologías y actividades de aprendizaje. En matemáticas para ingeniería, por ejemplo, asumir que los estudiantes tienen las bases teórico-conceptuales suficientes para que el profesor despliegue “su clase” en términos abstractos es bastante usual, sin embargo, la falta de los conocimientos y las habilidades pre-requisitos para la comprensión y el manejo de los conceptos nuevos para ellos está presente (Soto, y otros, 2015).

Los estudiantes, en su proceso de aprendizaje, pueden optar por un bajo nivel cognitivo de compromiso para enfocarse superficialmente en aprender lo básico y suficiente para aprobar los cursos; o pueden construir nuevos significados mediante un enfoque profundo del aprendizaje. Todo ello depende de “sus motivos e intenciones, de lo que ya sepan y de cómo utilicen sus conocimientos anteriores. En consecuencia, el significado es personal; debe serlo, cuando pensamos en ello” (Biggs, 2005, p. 31).

Con el proceso de aprendizaje cambia la forma de ver los fenómenos y al mundo, ya que se interacciona con el entorno, con la historia, con el futuro. Por eso, el aprendizaje no se impone ni se transmite, el profesor debe de crear actividades de aprendizaje para que cada estudiante construya sus significados.

No obstante, además de la necesaria carga cognitiva previa necesaria para comprender los nuevos conceptos, surgen inevitablemente las actitudes y los hábitos como variables a considerar. La motivación y el interés están fuertemente vinculadas con las emociones porque “movilizan hacia una armonía y “fluidez”, en las relaciones y en el que hacer educativo, en cambio hay emociones que limitan y cortan los vínculos y posibilidades de acciones de los estudiantes” (Faúndez, 2014, p. 164).

Los jóvenes aumentan su probabilidad de éxito en el desempeño escolar pero también se reconoce la “importancia del aprendizaje de los aspectos emocionales y sociales para facilitar la adaptación global de los ciudadanos en un mundo cambiante, con constantes y peligrosos desafíos” (Fernández y Extremera, 2005, p. 65).

De acuerdo con lo anterior, el trabajo del profesor con el estudiante debe estar centrado en analizar las circunstancias bajo las cuales instaurará sus actividades de aprendizaje, de otra forma pueden ser infructuosas o poco eficientes.

El trabajo del profesor debe seguir un proceso dialéctico entre sus estudiantes, los contenidos curriculares de su programa y él mismo.

Los problemas a resolver, presentados como actividades de aprendizaje, no deberían ser del mismo tipo ni grado de dificultad, deberían estar planeados para motivar al estudiante, para reconocerse como una persona que puede desarrollar su inteligencia y sus habilidades a través del trabajo constante.

Los profesores pueden contribuir a generar esas impresiones si logran crear las condiciones para que pueden sentirse orgullosos de sus resultados después de haberse esforzado (Riley, 2016).

En ese sentido, Riley (2016) recomienda a los profesores cuatro elementos básicos a considerar: 1) para resolver problemas, los estudiantes necesitan conocer los hechos, los datos, los conceptos básicos como las reglas de multiplicar; 2) las pruebas pueden mejorar el aprendizaje de los estudiantes, se deben utilizar como un medio para enfocar el aprendizaje, no solamente para emitir una calificación sino para identificar sus propios adelantos; 3) los nuevos contenidos deben presentarse a partir de los conocimientos anteriores de los estudiantes, los contenidos curriculares deben estar perfectamente secuenciados; 4) los estudiantes no tienen diferentes estilos de aprendizaje, les atraen más unos canales que otros, y los profesores deben preparar actividades con materiales diversos para hacer amable el proceso, para no aburrirlos. De acuerdo con Riley (2016), los profesores asumen modelos mentales de cómo aprenden los estudiantes. Sea implícita o explícitamente cada profesor tiene una teoría al respecto para tomar las decisiones de su diseño instruccional, que incluyen las actividades de aprendizaje.

Por lo demás, de acuerdo con Biggs (2005), los resultados del aprendizaje deben evaluarse desde el aspecto cuantitativo que es el más común; pero también en el ámbito cualitativo referente a la calidad del aprendizaje en cuanto a la profundidad, la manera en que realizan la transferencia de conocimientos y que construyen el nuevo conocimiento o habilidad; y también se incluye el afectivo relacionado con las emociones asociadas al proceso de aprendizaje, su interés, motivación, involucramiento y compromiso con ello.

Dentro de los esquemas de evaluación en las instituciones de educación superior, no se realiza este tipo de evaluaciones de forma sistemática ni generalizada. Aunque el subsistema de los institutos tecnológicos sostenga un modelo educativo que establece la necesidad de evaluar de forma integral las competencias de los jóvenes y que se “propicie la necesaria actividad intelectual del estudiante, alentándolo a que observe, analice, organice y sintetice información; formule preguntas, identifique problemas, busque soluciones y aplique conocimientos; comprenda y produzca textos académicos, con el fin de que asuma un papel activo en su proceso formativo” (DGEST, 2012, p. 45).

La realidad es que no existe un sistema de evaluación adecuado para integrar una valoración explícita de cómo los estudiantes han avanzado en estas competencias genéricas.

Aquellos profesores que lo realizan lo hacen por iniciativa propia. Entonces, todas las iniciativas que promuevan el desarrollo de las competencias establecidas en un plan de estudios, y las evalúen cuantitativa y cualitativamente, estarán coadyuvando con evidenciar la formación integral de los ingenieros.

## 2 Sobre la *gamificación* del aprendizaje

El estudiante de las últimas décadas ha sido denominado nativo digital (Toriz y Murillo, 2017), por lo que el uso de la tecnología implica más un reto para sus profesores en una situación de migrantes digitales.

La demanda creciente por una mayor interactividad durante el proceso de aprendizaje, crea oportunidades para aplicar conocimientos dentro de un mundo virtual; para lograr esto, la tecnología ha proporcionado medios con los cuales el interés de los estudiantes se incrementa y permite generar un esquema de participación más amplio (Pivec, Dziabenko, y Schinnert, 2003).

El uso de los juegos para propósitos educativos ha reforzado: las habilidades de los estudiantes para asumir el proceso de toma de decisiones a partir de la combinación de diversa información en un cierto momento; la utilización del método de prueba y error como una forma de asumir las consecuencias de sus decisiones y acciones; el trabajo en equipo mediante la discusión, negociación, y planeación de sus acciones para alcanzar mejores resultados en común, incluidas las habilidades sociales (Idem, p. 217).

El modelo del Aprendizaje Basado en Juegos (GBL por sus siglas en inglés o DGBL cuando se especifica que se trata de juegos digitales) planteado por Garris y otros (citado en Pivec, y otros, 2003) es un proceso que especifica cómo y cuándo ocurre el aprendizaje a partir de la interacción de los estudiantes durante el juego.

De acuerdo con los autores, el diseño instruccional mezcla las características del juego con los contenidos educativos; durante el proceso se espera que el alumno obtenga conductas deseables basadas en las reacciones emocionales o cognitivas que resultan de la interacción y la retroalimentación del juego.

Los elementos de entrada en el ciclo del proceso del juego de Garris, son los contenidos del propio diseño instruccional que se encuentran insertos en las características del juego; el ciclo comienza con los juicios o las decisiones que el aprendiz realiza con los elementos del juego, posteriormente deviene el comportamiento ante los sucesos del juego, y la retroalimentación que el mecanismo dialéctico del juego le produce al jugador.

Todo lo cual lo lleva a un aprendizaje - qué hacer, qué no hacer, qué sucede si- y a nuevas preguntas sobre el propio juego.

En el ciclo del juego se hace evidente la importancia de la etapa del cuestionamiento, o duda, durante el ciclo del juego para el mejoramiento en los resultados del aprendizaje, debido a que aquí se realiza la vinculación entre la simulación y el mundo real.

Delinear las relaciones entre los eventos del juego y los del mundo real es la conexión de la experiencia lúdica con el aprendizaje deseado. El ciclo del juego corresponde al proceso del estudio, y por tanto del aprendizaje: hacer, analizar, comprender y aplicar (Pivec, Dziabenko, y Schinnert, 2003).

Con relación a las características del juego se han mencionado la interactividad, las dinámicas visuales, las reglas y las metas, el reto y el riesgo, la fantasía, la curiosidad y el control como elementos que potencializan la motivación y el interés de los estudiantes en la materia objeto del juego (Pivec, Dziabenko, y Schinnert, 2003; Huang y Soman, 2013; Fernández Solo de Zaldívar, 2016; Roozeboom, Visschedijk, y Oprins, 2017).

Sin embargo, por sí mismo, el juego no es un método de aprendizaje mejor que otros, lo puede ser por lo que tiene incorporado y por lo que los estudiantes hacen cuando juegan (Van Eck, 2006).

Durante el juego, una de las claves mencionadas por Van Eck (2006) es que se debe someter al jugador a procesos de desequilibrio cognitivo, lo cual implica en un momento dado que se encuentra ante dos creencias o expectativas contradictorias; una de ellas a partir del conocimiento previo y otra que muestra un escenario que al analizarlo motiva un reordenamiento de conocimientos o de estatutos. Piaget (citado por Van Eck, 2006) creía que la maduración intelectual sobre la esperanza de vida de un individuo depende del ciclo de asimilación y reordenamiento y que el desequilibrio cognitivo es la llave para ese proceso. Los juegos implican este tipo de situaciones y en la medida que frustran las expectativas (crean el desequilibrio cognitivo) sin exceder la capacidad del jugador para tener éxito, determina en gran medida si son interesantes o no. Interactuar con un juego implica un ciclo constante de formulación de hipótesis, prueba, y revisión, todo ello con una retroalimentación inmediata (Idem, p. 5).

En educación superior, de acuerdo con Van Eck (2006), los profesores se han enfocado en tres formas de trabajar con los juegos digitales: la primera, y menos utilizada, es cuando los estudiantes asumen el rol de diseñadores del juego utilizando sus conocimientos y habilidades en los lenguajes de programación, lo cual lleva de uno a dos años e implica programadores y diseñadores; la segunda es cuando no se pretende que el juego tenga elementos de aprendizaje explícitos porque no está en condiciones de competir con alguno similar con licencia de uso limitada, ya que estos tiene una eficacia probada para llegar a ganar el juego; la tercera forma que integra juegos comerciales implica tomar de los disponibles y no necesariamente desarrollarlos durante el curso, solamente para fines de motivación y evaluación del curso (Idem, p. 6).

Esos juegos digitales diseñados por expertos, cuya eficacia ha sido probada en el desarrollo de conocimientos, habilidades y resolución de problemas específicos, con un equipo de investigación de soporte, han sido denominados Juegos Serios (Van Eck, 2006; Roozeboom, Visschedijk, y Oprins, 2017; Khenissi, Essalmi, y Jemni, 2015; Arnab, y otros, 2015), y su importancia económica ha dado lugar a la conformación de instituciones dedicadas a ello dentro de varias universidades en el mundo.

Una línea de trabajo ha sido la definición de un modelo analítico que describa la relación de la mecánica del aprendizaje con la mecánica del juego (LM-GM por sus siglas en inglés) como un primer paso para llegar a una teoría de la Mecánica de los Juegos Serios (SGMs por sus siglas en inglés). El balance entre divertimento y resultados de aprendizajes debe estar concebido desde la fase de diseño del juego, lo cual implica contrastar las propuestas con diferentes ambientes y diseños instruccionales.

Esta cualidad es muy importante para el entendimiento entre ambas partes ya que los diseñadores de juegos digitales y los expertos educacionales generalmente no comparten un lenguaje común ni el mismo punto de vista (Arnab, y otros, 2015, pp. 392-393). Arnab y sus colegas (2015) han definido la Mecánica de los Juegos Serios como el diseño que concretamente lleva a cabo la transición de una práctica u objetivo de aprendizaje a un elemento mecánico del proceso del juego de tal forma que parezca solo diversión (2015, p. 393).

Así también, Amory (citado por Arnab, y otros, 2015) presentó el Modelo de Objeto de Juego (GOM) durante el 2007, como una base teórica constructivista para justificar el desarrollo de los juegos educativos, basada en la noción de componentes interrelacionados, de la misma manera que la programación orientada a objetos. Este modelo -tabla 1- implica cinco espacios de trabajo distintos en el juego: espacio del juego, espacio de la visualización, espacio de los elementos, espacio del actor, y espacio del problema; pero también considera que contienen componentes (objetos) que pueden ser descritos a través de la interfaz abstracta (componente teórico/pedagógico) y de la interfaz concreta (componentes de diseño del juego) (p. 394).

Espacio del juego	Espacio de la visualización	Espacio de los elementos	Espacio del actor	Espacio del problema
Juego (a)	Pensamiento crítico (a)	Diversión (a)	Drama (a)	Perplejidad (a)
Exploración (a)	Descubrimiento (a)	Emoción (a)	Modelos de rol ©	Alojamiento (a)
Retos (a)	Formación de objetivos (a)	Gráficos ©	Interacción ©	Asimilación (a)
Compromiso (a)	Obtención de objetivos (a)	Sonidos ©	Gestos ©	Complejidad (a)
Narración (a)	Competencia (a)	Tecnología ©		Flujo (a)
Realista (a)	Práctica (a)	Historia ©		Basado en actividades (a)
Vistas múltiples (a)	Línea de la historia ©			Conflicto ©
Inclusión de género (a)	Argumento ©			Conocimiento explícito ©
Transformación (a)	Reflexión ©			Conversación ©
Conocimiento tácito (a)	Relevancia ©			Armado del modelo ©
	Ritmo del juego ©			Comunicación ©
				Alfabetismo ©
				Memoria ©
				Motor ©

GOM: Modelo de Objeto del Juego (a) Interfase abstracta  
 © Interfase concreta

**Tabla 1** Constructos teóricos de cada objeto en el Modelo de Objeto de Juego

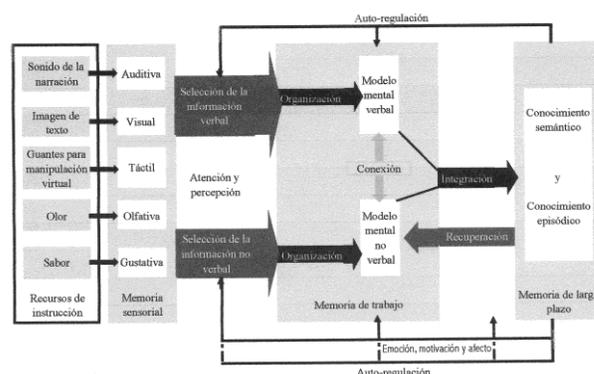
Fuente: Traducción libre de Arnab, y otros (2015, p. 395)

Es importante resaltar que los constructos enumerados en la tabla 1 no conforman una relación exhaustiva de las posibilidades del modelo, ni tampoco es obligatorio utilizarlas todos en todos los casos. El diseñador del juego, en conjunto con el diseñador pedagógico habrán de determinar el alcance en cada caso.

## Desarrollo

En la búsqueda de la demostración de la eficacia de esta metodología didáctica se han realizado investigaciones de aspectos muy concretos como el uso de cierto tipo de colores y figuras (Münchow, Mengelkamp, y Bannert, 2017); el uso de señales como una forma de reducir la carga cognitiva del aprendizaje y por tanto alcanzar una mejor retención y transferencia del conocimiento (Xie, y otros, 2017); el uso del enfoque digital para mejorar los tiempos de atención y concentración para el aprendizaje (Glaser, Lengyel, y Toulouse, 2016); la comparación de los aprendizajes desarrollados cuando se utilizan juegos en 2D, en 3D, o en ambientes tradicionales de aula (Ak y Kutlu, 2017).

El uso de la Realidad Aumentada (AR) para mejorar el aprendizaje de matemáticas en educación superior (Coimbra, Cardoso, y Mateus, 2015) y en otras áreas (Nincarean y otros, 2013; Cai y otros, 2014; Kesim y Osarsian, 2012; Bacca y otros, 2015; Sannikov y otros, 2015; Yen, Tsai, y Wu, 2013).



**Figura 1** Teoría Cognitiva-Afectiva del Aprendizaje con Multimedia adaptada de (Moreno, 2006)

Fuente: Traducción libre de Park, Flowerday, y Brünken (2015, p. 268)

No obstante, los modelos teóricos relacionados con las ciencias de la cognición, con la forma de procesar el aprendizaje, y su relación con los recursos tecnológicos, en particular los juegos digitales, llevaron a propuestas como la Teoría Cognitiva-Afectiva del Aprendizaje con Multimedia (CATLM) de Moreno hace diez años (citado por Park, Plass, y Brünken, 2013) como una variante más comprensiva que la Teoría Cognitiva del Aprendizaje con Multimedia (CTLM) (Diaz, Hincapié, y Moreno, 2015) y que la Teoría de la Carga Cognitiva (CLT) (Xie, y otros, 2017).

## 1 Teoría Cognitiva-Afectiva del Aprendizaje con Multimedia (CATLM)

Para los fines de este trabajo se ha decidido utilizar la teoría CATLM de Moreno que permite considerar no solamente el proceso cognitivo del aprendizaje sino la vertiente de las emociones que está involucrada en con el uso de los recursos tecnológicos visuales (Park, Plass, y Brünken, 2013). Lo anterior de una forma congruente con la investigación comprensiva que se ha estado realizando en relación a la trayectoria de los estudiantes de nuevo ingreso al instituto tecnológico y las estrategias para mejorar los índices de aprobación y de permanencia en la institución tecnológica.

Este modelo, mostrado en la figura 1, parte de siete supuestos: 1) la existencia de una comunicación verbal y no verbal que se procesa por canales relativamente independientes uno de otro; 2) la capacidad limitada de memoria de trabajo, así como una capacidad de memoria de largo plazo virtualmente ilimitada; 3) un aprendizaje mejorado a través de una codificación dual; 4) la necesidad de los estudiantes de procesar información activamente para construir significados; 5) los factores motivacionales median el aprendizaje al aumentar o disminuir el compromiso cognitivo; 6) los factores metacognitivos median el aprendizaje por la regulación de los procesos cognitivos y afectivos; 7) las diferencias en los perfiles de los estudiantes, como los estilos y habilidades, afectan la eficiencia del aprendizaje con los métodos y medios (Park, Plass, y Brünken, 2013, p. 125).

El modelo muestra que los cinco sentidos del ser humano son canales para ser utilizados eventualmente durante el proceso de acceso a la información, por lo cual, al uso de la voz y de las imágenes, tradicionalmente utilizados para el aprendizaje, se les suma el olfato, el sentido del gusto a través de sabores, y el tacto con la manipulación de objetos reales, pero también virtuales cuando de juegos digitales se trata. Toda la información se almacena en una memoria sensorial mediante la atención y percepción del individuo; pero esa información verbal y no verbal es seleccionada a través de algún criterio, y es organizada para estructurar un modelo mental que incluye ambos aspectos. Finalmente se integra toda la información procesada en la memoria de trabajo como un conocimiento semántico – relativo al significado de las palabras utilizadas- y también como un conocimiento episódico – relativo a la interpretación de la serie de sucesos y sus implicaciones- que permanecen en el individuo como memoria de largo plazo.

De acuerdo con la figura 1, en el modelo modificado de la CATLM de Moreno (Park, Plass, y Brünken, 2013), entre la memoria de largo plazo y la memoria de trabajo de un individuo existe un proceso de autorregulación que permite recuperar información, modificarla, replantear el modelo, todo en el marco de una carga mental cognitiva y también de las emociones, la motivación y las afectaciones involucradas durante las sesiones de aprendizaje con recursos multimedia.

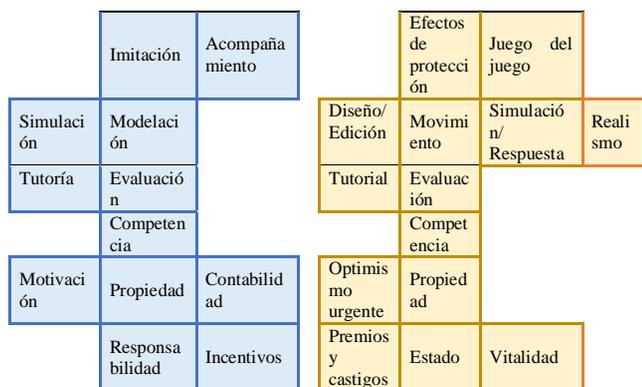
Park y otros (2013, 2015) han dado seguimiento a las investigaciones desarrolladas para encontrar la relación entre el uso de los recursos multimedia y algunos aspectos motivacionales y afectivos, uno de los cuales es el uso de contradicciones para generar una confusión y así crear un desequilibrio cognitivo como el mencionado por Van Eck (2006). Eventos o acciones con discrepancias, información errónea, anomalías o conflictos, bajo ciertas condiciones controladas y con soluciones apropiadas, beneficiaron el aprendizaje a través de la mediación de las emociones –motivación, afectación- y generaron un mayor compromiso (Park, Plass, y Brünken, 2013).

## 2 Modelo de la Mecánica del Juego y la Mecánica del Aprendizaje (LM-GM)

En el marco de este modelo de teoría cognitiva-afectiva CATLM, se asumirá como base la propuesta de Arnab y otros (2015) del modelo de la Mecánica del Juego y la Mecánica del Aprendizaje LM-GM.

Este modelo se muestra en la figura 2 y los autores afirman que este modelo es descriptivo, no exhaustivo y no prescriptivo, al utilizarse como base para que los diseñadores de juegos relacionen las acciones vinculadas con el juego y con el aprendizaje de forma que se adapte a sus intenciones.

Mecánica del aprendizaje			Mecánica del juego		
Instruccional	Guía		Impulso conductual	Papel en el juego	
Demostrativo	Participación	Acción/Tarea	Cooperación	Colaboración	
Generalización/Clasificación	Observación	Retroalimentación	Selección/Recuperación	Claves	Bienes/Información
	Preguntas y respuestas		Información secuencial	Escenas cortas/Historia	
Exploración	Identificación	Descubrimiento	Preguntas y respuestas	Descubrimiento común	
	Planificación	Justificación	Estrategia/Planificación	Gestión de los recursos	Optimización de Pareto
Hipótesis	Experimentación		Captura/ Eliminación	Entramado/Redes	Juego interminable
	Repetición		Turnos de acción	Puntos de acción	Niveles
	Reflexión/ Discusión	Análisis	Presión del tiempo	Interacciones Pavlovianas	Retroalimentación
					Cita



LM: Mecánica del aprendizaje

GM: Mecánica del juego

**Figura 2** Mecánica del aprendizaje y del juego utilizada como base para el mapa LM-GM de un juego

Fuente: Traducción libre de Arnab, y otros (2015, p. 397)

La tabla de la figura 2 muestra las relaciones estáticas entre estas acciones, no obstante, durante el juego la dinámica modifica las relaciones y permite visualizar las mecánicas del juego y del aprendizaje en varias fases.

De todas maneras, el modelo LM-GM tiene el propósito de presentar una interpretación de la relación entre las intenciones pedagógicas y los elementos lúdicos dentro de las acciones de un jugador y de las jugadas (Arnab, y otros, 2015, p. 396).

Los rasgos mencionados en la figura 2, de acuerdo con los autores, podrían ser utilizados para ayudar en el análisis de los juegos serios en la identificación y evaluación de sus principales características y componentes; también en el diseño del mismo, por ejemplo, en la toma de decisiones sobre los componentes que podrían constituir un nuevo juego serio; y también en las especificaciones de los componentes mismos y las relaciones entre sí (Arnab, y otros, 2015). Los diseñadores de juegos y los diseñadores pedagógicos tienen una base para alcanzar los objetivos deseados.

La figura 2 debe observarse como una tabla con dos ejes, sobre el eje horizontal se muestran en paralelo las dos líneas verticales más importantes donde se indica el nombre de Mecánica del Aprendizaje (LM) y el de Mecánica del Juego (GM) respectivamente, que constituyen la estructura principal del modelo; los componentes centrales se pueden leer de forma vertical de arriba hacia abajo de dichos nodos principales.

Las columnas laterales representan las funciones mecánicas que apoyan a la mencionada estructura principal.

Arnab y sus colegas (2015) argumentaron también que, desde una perspectiva pedagógica, se podría pensar que es más importante la forma en que aprende el usuario que su manejo del medio por el cual lo hace, por lo cual plantearon una clasificación de ambas mecánicas –del juego y del aprendizaje– asociadas a la taxonomía de Bloom y alineadas con una taxonomía digital de Anderson y Krathwohl (citados por Arnab, y otros).

Esto es, la figura 2 se puede utilizar para relacionar la GM común a la LM, con lo cual un juego puede verse como una evaluación continua de conocimiento adquirido a medida que el juego avanza de nivel en nivel.

De esta manera, se hace énfasis en el aprendizaje centrado en la tarea en vez del aprendizaje cognitivo o centrado en el conocimiento.

Mecánica del juego	Habilidades de pensamiento				Mecánica del aprendizaje	
	Estado	Crear	Confiabilidad	Propiedad		
Diseño/edición	Estado	Crear	Confiabilidad			
Juego interminable	Estrategia/planeación		Propiedad			
Propiedad	Azulejos/parrillas		Planeación			
Efecto protegido			Responsabilidad			
Puntos de acción	Turnos	Evaluar	Evaluación	Reflexión/debate		
Evaluación	Optimización de Pareto		Colaboración			
Colaboración	Recompensas/sanciones		Hipótesis			
Descubrimiento común	Optimismo urgente		Incentivo			HOTS
Gestión de los recursos			Motivación			
Retroalimentación		Analizar	Análisis	Identificación		
Acerca del juego			Experimentación	Observación	hacia	
Realismo			Retroalimentación	Perseguir		
Captura/eliminación	Progresión	Aplicar	Acción/tarea	Imitación		
Competencia	Selección/recolección		Competencia	Simulación		LOTS
Cooperación	Simulación/reacción		Cooperación			
Movimiento	Presión del tiempo		Demostración			
Cita	Juego de rol	Entender	Justificación	Tutorial		
Información en cascada	Tutorial		Participación			
Preguntas y respuestas			Preguntas y respuestas			
Cortar escenas/historia	Impulso conductual	Retención	Descubrimiento	Guía		
Fichas	Interacciones Pavlovianas		Exploración	Instrucción		
Viralidad	Bienes/Información		Generalización	Repetición		

HOTS: Habilidades de pensamiento de alto rango

LOTS: Habilidades de pensamiento de bajo rango

**Tabla 2** Clasificación basada en las habilidades del pensamiento ordenadas por Bloom

Fuente: Traducción libre de Arnab, y otros (2015, p. 399)

Para el usuario del modelo de Arnab y sus colegas (2015), que es el interés de este trabajo, la figura 2 y la tabla 2 servirían para: 1) identificar los elementos de la mecánica del aprendizaje y del juego que van a ser utilizados en cada jugada, de acuerdo con el listado de la figura 4; 2) describir las relaciones entre los elementos de las mecánicas que han sido identificados, con las acciones para la operación del juego, de acuerdo con la tabla 2; y 3) elaborar un mapa con la dinámica durante el desarrollo de las acciones del juego, el flujo en cada jugada, vinculando tanto los elementos pedagógicos como los operativos del juego.

Cabe considerar que el usuario del modelo LM-GM puede ser un diseñador de juegos, pero también un diseñador instruccional o pedagógico que desee utilizar algún juego disponible para fines de integrarlo en un curso.

Este modelo LM-GM permite un mayor cuestionamiento sobre si los juegos deben adaptarse a las prácticas pedagógicas existentes o si deberían usarse para cambiar esas prácticas, ya que forman una entidad que funciona para educar y entretener a través de una experiencia convincente (Arnab, y otros, 2015, p. 398).

## Discusión

En este trabajo se partió de las consideraciones del proceso enseñanza aprendizaje, el contexto y ambiente en el que se realiza, acorde con el modelo por competencias del TecNM.

Se ha presentado el modelo de la Teoría Cognitivo-Afectiva para el Aprendizaje con Multimedia (CATLM) que permite comprender la relación entre los cinco sentidos de las personas y sus respectivos canales de sensaciones e información, con la memoria de corto y largo plazo que contribuyen al aprendizaje tanto en el aspecto cognitivo como en el afectivo (Park, Plass, y Brünken, 2013; Park, Flowerday, y Brünken, 2015). Este modelo teórico permite orientar el trabajo de los diseñadores de juegos educativos y los diseñadores pedagógicos para la toma de decisiones sobre el uso de recursos tecnológicos que brinden la posibilidad de alcanzar los objetivos y características del producto final.

Este modelo comprehensivo abarca las 3P del modelo de Biggs (2005), con detalles específicos asociados a los sentidos corporales.

El modelo LM-GM de Arnab y otros (2005) como propuesta base para analizar la relación entre las intenciones educativas y la mecánica de un juego digital, a partir de la taxonomía de Bloom y la taxonomía digital de Anderson y Krathwohl (citados por Arnab y otros, 2005) permite encauzar iniciativas y esfuerzos para continuar investigando sobre la importancia y efectos del uso de la tecnología, en particular de este tipo de recursos. Así mismo, orienta el trabajo de los diseñadores de juegos digitales y de los diseñadores pedagógicos para trabajar en conjunto a partir de esta base teórica, lo cual genera una mayor certeza sobre el producto final.

Finalmente, podría decirse que si se conjuntan los modelos analizados de la teoría CATLM de Moreno adaptada por Park y otros (2015) y del LM-GM de Arnab y otros (2005) se tendría una base teórica para: investigar sobre el proceso de aprendizaje cuando se utilizan juegos digitales, pero también eventualmente, sobre los resultados de su uso, involucrando el aspecto afectivo y emocional ocasionado por el juego mismo, y deslindando en todo caso si las situaciones son imputables al juego mismo o a la mecánica del aprendizaje; diseñar un juego digital con intenciones educativas definidas previamente, proporcionando líneas de trabajo del diseñador de juegos y del diseñador pedagógico sobre la toma de decisiones de los elementos a considerar, para alcanzar los objetivos de forma eficaz; analizar la posibilidad de incorporar un juego digital disponible en el mercado para diseñar una secuencia didáctica o un objetivo de aprendizaje por parte de un diseñador pedagógico, vinculado con un programador o diseñador de juegos digitales que oriente sobre algunas de las situaciones en cada jugada o en las secuencias del juego, y aclare las expectativas que el diseñador pedagógico pudiera esperar.

Si se analizan los compromisos establecidos en el Modelo Educativo basado en competencias de los institutos tecnológicos de México, las responsabilidades de los profesores sobre el desarrollo de competencias disciplinarias y profesionales, pero también genéricas, podrían reforzarse a través del uso de recursos didácticos atractivos como son los videojuegos.

Si se localizan juegos digitales disponibles para el aprendizaje de ciertos conceptos en un curso, bien puede incluirse en la planeación didáctica del mismo, con una intencionalidad clara y específica en lo cual puede servir el modelo LM-GM de Arnab y otros (2005).

Si, además, se trabaja con estudiantes de programación, por ejemplo, interesados en el desarrollo de este tipo de aplicaciones, entonces el beneficio se multiplica desde los dos puntos de vista: el desarrollo bajo diseño educacional, y la utilización didáctica de una aplicación disponible.

Para este caso el modelo teórico CATLM de Moreno adaptada por Park y otros (2015) tendría que analizarse previo al diseño de la aplicación del videojuego, junto con el modelo LM-GM de Arnab y otros (2005), con lo cual se especificarían las intencionalidades pedagógicas de las acciones y elementos que se incluirían en la aplicación. Lo anterior conjuntamente con las características propias del desarrollo técnico del videojuego.

### Agradecimiento

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto 6449.18-P apoyado financieramente por el Tecnológico Nacional de México, y forma parte del proyecto de fortalecimiento del cuerpo académico ITCMAD-CA-15.

### Conclusiones y recomendaciones

Durante este trabajo se partió de las consideraciones del proceso enseñanza aprendizaje, el contexto y ambiente en el que se realiza, así como las tres etapas que se suceden para ello según el modelo por competencias.

La primera relacionada con los conocimientos y habilidades previos del estudiante que lo disponen para el aprendizaje junto con su motivación, la segunda referida al proceso mismo mediante el que se realiza el aprendizaje y está vinculada con los recursos utilizados y el ambiente del aula y de la institución, y la tercera asociada con los resultados de este proceso y de las condiciones previas con las cuales se desarrolló dicho proceso (Biggs, 2005).

Se ha presentado el modelo de la Teoría Cognitivo-Afectiva para el Aprendizaje con Multimedia (CATLM) que permite comprender la relación entre los cinco sentidos de las personas y sus respectivos canales de sensaciones e información, con la memoria de corto y largo plazo que contribuyen al aprendizaje tanto en el aspecto cognitivo como en el afectivo.

Este modelo teórico permite orientar el trabajo de los diseñadores de juegos educativos y los diseñadores pedagógicos para la toma de decisiones sobre el uso de recursos tecnológicos que brinden la posibilidad de alcanzar los objetivos y características del producto final.

El modelo LM-GM de Arnab y otros (2005) como propuesta base para analizar la relación entre las intenciones educativas y la mecánica de un juego digital, a partir de la taxonomía de Bloom y la taxonomía digital de Anderson y Krathwohl (citados por Arnab y otros, 2005) permite encauzar iniciativas y esfuerzos para continuar investigando sobre la importancia y los efectos del uso de la tecnología, en particular de este tipo de recursos.

Así mismo, también orienta el trabajo de los diseñadores de juegos digitales y de los diseñadores pedagógicos para que, a partir de esta base teórica, se genere una mayor certeza sobre el producto final.

Finalmente, podría decirse que si se conjuntan los modelos analizados de la teoría CATLM de Moreno adaptada por Park y otros (2015) y del LM-GM de Arnab y otros (2005) se tendría una base teórica para: investigar sobre el proceso de aprendizaje cuando se utilizan juegos digitales, pero también sobre los resultados de su uso, involucrando el aspecto afectivo y emocional ocasionado por el juego mismo, y deslindando.

En todo caso, si las situaciones son imputables al juego mismo o a la mecánica del aprendizaje; diseñar un juego digital con intenciones educativas definidas previamente, proporcionando líneas de trabajo del diseñador de juegos y del diseñador pedagógico sobre la toma de decisiones de los elementos a considerar, para alcanzar los objetivos de forma eficaz.

Analizar la posibilidad de incorporar un juego digital disponible en el mercado para diseñar una secuencia didáctica o un objetivo de aprendizaje por parte de un diseñador pedagógico, vinculado con un programador o diseñador de juegos digitales que oriente sobre algunas de las situaciones en cada jugada o en las secuencias del juego, y aclare las expectativas que el diseñador pedagógico pudiera esperar.

Con estas conclusiones se podría esperar la generación de trabajos de investigación sobre el desarrollo y el uso de este tipo de recursos tecnológicos digitales en el aprendizaje, de las matemáticas y las ciencias, principalmente.

En este caso, el proyecto de investigación en curso continúa con el diseño técnico del videojuego para el aprendizaje de las matemáticas básicas para ingeniería, lo que implicará identificar aprendizajes y percepciones de los estudiantes sobre su propio proceso de aprender, y también eventualmente, la identificación por medios digitales de las emociones motivadas por el uso de estos recursos tecnológicos, didácticos y lúdicos.

## Referencias

- Ak, O., y Kutlu, B. (2017). Comparar entornos de aprendizaje basados en juegos 2D y 3D en términos de beneficios en el aprendizaje y percepciones de los estudiantes. *Revista Británica de Tecnología Educativa*, 48(1), 129-144. DOI: 10.1111/bjet.12346.
- Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., Freitas, S. d., Louchart, S., . . . De Gloria, A. (2015). Mapeo de aprendizaje y mecánica del juego para el análisis de juegos serios. *Revista Británica de Tecnología Educativa*, 46(2), 391-411. DOI: 10.1111/bjet.12113.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Kinshuk, y Graf, S. (2015). Realidad Aumentada Móvil en educación y capacitación vocacional. *Procedia. Ciencias de la Computación*, 75, 49-58. DOI: 10.1016/j.procs.2015.12.203.
- Biggs, J. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.
- Brandao, D., y Vargas, A. C. (2016). Evaluación del uso de tecnologías digitales en la educación pública. En F. T. Vivo, *Experiencias evaluativas de tecnologías digitales en la educación* (págs. 9-17). Sao Paulo: Fundación Telefónica Vivo.
- Cai, S., Wang, X., Chinag, y Feng-Kuang. (2014). Estudio de caso de la aplicación del sistema de simulación de Realidad Aumentada en un curso de química. *Computadoras en Comportamiento Humano*, 37, 31-40. DOI: 10.1016/j.chb.2014.04.018.
- CENEVAL. (s.f.). CENEVAL. Recuperado el 25 de Marzo de 2017, de EXANI-II ¿Qué es?: [http://www.ceneval.edu.mx/exani-ii#tab-\\$i-9](http://www.ceneval.edu.mx/exani-ii#tab-$i-9)
- Chen, C. H., Ho, C.-H., y Lin, J.-B. (2015). Desarrollo de un entorno de aprendizaje basado en juegos de Realidad Aumentada. *Procedia. Ciencias Sociales y del Comportamiento*, 174, 216-220. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.01.649.
- Chiappe, A. (Julio de 2016). Tendencias sobre contenidos educativos digitales en América Latina. (UNESCO/IPE-OEI, Ed.) Recuperado el 11 de Septiembre de 2016, de Sistema de Información de Tendencias Educativas en América Latina: <http://www.siteal.iipe-oei.org>
- Coimbra, T., Cardoso, T., y Mateus, A. (2015). Realidad Aumentada: ¿un reforzador para estudiantes de educación superior en el aprendizaje de matemáticas? *Procedia. Informática*, (67), 332-339. DOI: 10.1016/j.procs.2015.09.277.
- DGEST. (2012). *Modelo Educativo para el Siglo XXI. Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales*. México: Dirección General de Educación Superior Tecnológica.
- Diaz, C., Hincapié, M., y Moreno, G. (2015). Cómo el tipo de contenido en una aplicación de Realidad Aumentada educativa afecta la experiencia de aprendizaje. *Procedia Informática*, 75, 205-212. DOI: 10.1016/j.procs.2015.12.239.
- Ericsson. (2017). *Ericsson Mobility Report 2017*. Estocolmo: Ericsson.

Faúndez Pinto, J. (Julio de 2014). Estrategias no tradicionales en la educación diferencial y en procesos de mediación personalizada. Paulo Freire. *Revista de Pedagogía Crítica*, 13(15), 163-176.

Fernández Berrocal, P., y Extremera Pacheco, N. (2005). La Inteligencia Emocional y la educación de las emociones desde el Modelo de Mayer y Salovey. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 3(19), 63-93.

Fernández Solo de Zaldívar, I. (2016). Juego Serio: Gamificación y aprendizaje. Recuperado el 18 de Septiembre de 2017, de Centro de Comunicación y Pedagogía: <http://www.centrocp.com/juego-serio-gamificacion-aprendizaje/>

Glaser, M., Lengyel, D., y Tolouse, C. (2016). Diseño de contenidos de aprendizaje basados en computadora: influencia del zoom digital en la atención. *Investigación y Desarrollo de Tecnología Educativa*. DOI: 10.1007/s11423-016-9495-9.

Huang, W. H.-Y., y Soman, D. (2013). Una guía para practicantes de la Gamification de la Educación. Toronto: Universidad de Toronto.

Khenissi, M. A., Essalmi, F., y Jemni, M. (2015). Comparación entre Juegos Serios y la versión de aprendizaje de los juegos existentes. *Procedia Ciencias Sociales y del Comportamiento*, 191, 487-494. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.04.380.

Kesim, M., y Osarsian, Y. (2012). Realidad Aumentada en educación: las tecnologías actuales y el potencial para la educación. *Procedia Ciencias Sociales y del Comportamiento*, 47, 297-302. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.06.654.

Münchow, H., Mengelkamp, C., y Bannert, M. (2017). Cuanto mejor se siente, mejor se aprende: ¿Los colores cálidos y las formas redondeadas mejoran los resultados en el aprendizaje multimedia? *Investigación Internacional en Educación*. Art. ID: 2148139. DOI: 10.1155/2017/2148139.

Nincarean, D., Ali, M. B., Halim, N. D., y Rahman, M. H. (2013). Realidad Aumentada Móvil: el potencial para la educación. *Procedia. Ciencias sociales y del comportamiento* (103), 657-664. DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.10.385.

OCDE. (2013). Encuesta internacional de enseñanza y aprendizaje TALIS 2013. Marco conceptual. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

OCDE. (2015). Cómo se relacionan las computadoras con el rendimiento de los estudiantes. En *Estudiantes, Computadoras y Aprendizaje: Haciendo la conexión* (pp. 145-164). París: OCDE.

OCDE. (2016). México. Nota país. Resultados de PISA 2015. París: OCDE.

Padilla Zea, N., Collazos Ordoñez, C. A., Gutiérrez Vela, F. L., y Medina Medina, N. (2012). Videojuegos educativos: teorías y propuestas para el aprendizaje en grupo. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22(1), 139-150.

Palau, M.; Marron, E. M.; Viejo-Sobera, R., y Redolar-Ripoli, D. (2017). La base neuronal de los videojuegos: una revisión sistemática. *Fronteras en la Neurociencia Humana*, 11:248. DOI: 10.3389/fnhum.2017.00248.

Park, B., Flowerday, T., y Brünken, R. (2015). Efectos cognitivos y afectivos de detalles seductores en el aprendizaje multimedia. *Computadoras en Comportamiento Humano* (44), 267-278.

Park, B., Plass, J. L., y Brünken, R. (2013). Procesos cognitivos y afectivos en el aprendizaje multimedia. *Aprendizaje e Instrucción* (29), 125-127. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2013.05.005.

Pedro, F. (2016). Educación, tecnología y evaluación: hacia un uso pedagógico efectivo de la tecnología en el aula. En F. T. Vivo, *Experiencias Evaluativas de Tecnologías Digitales en la Educación* (pp. 21-36). Sao Paulo: Fundación Telefónica Vivo.

Pivec, M., Dziabenko, O., y Schinnert, I. (2003). Aspectos del aprendizaje basado en juegos. *Actas de Conferencia de 1-KNOW '03*, (pp. 216-225). Graz.

Riley, B. (Abril de 2016). El valor de saber cómo aprenden los estudiantes. *Kappan*, 97(7), 35-38. DOI: 10.1177/0031721716641646.

Roozeboom, M. B., Visschedijk, G., y Oprins, E. (2017). La efectividad de tres Juegos Serios que miden las características genéricas del aprendizaje. *Revista Británica de Tecnología Educativa*, 48(1), 83-100. DOI: 10.1111/bjet.12342

Samaniego Ocampo, R., y Sarango Salazar, E. (2016). Aplicación de juegos digitales en educación superior. *Revista San Gregorio*, 1(11), 82-91.

Sannikov, S., Zhdanov, F., Chebotarev, P., y Rabinovich, P. (2015). Contenido educativo interactivo basado en Realidad Aumentada y visualización 3D. *Procedia Informática*, 66, 720-729. DOI: 10.1016/j.procs.2015.11.082.

Soto Hernández, A. M., Ríos Barceló, J. L., Reyes Méndez, V., y Maldonado Soto, O. G. (2015). Los nuevos estudiantes, los viejos profesores, y las Tic's en los cursos de ciencias en ingeniería. En A. M. Soto Hernández, y M. E. De Luna Rodríguez, *Las Tic's imperando en las estrategias para el aprendizaje* (pp. 221-230). Puebla: Mariángel.

Toriz García, E. G., y Murillo Torres, R. M. (Junio de 2017). Aprendizaje basado en gamificación y en espacios educativos para potenciar habilidades de estudiantes nativos digitales. *ANFEI Digital*, 3(6). (www.anfei.org/mx/revista, Ed.).

Van Eck, R. (2006). Aprendizaje digital basado en juegos: no solamente los nativos digitales están inquietos... *EDUCAUSE, Revisión*, 41(2), 1-16.

Xie, H., Wang, F., Hao, Y., Chen, J., An, H., Wang, Y., y Liu, H. (2017). Cuántas cargas cognitivas se reducen por señales, mejor retención y transferencia de aprendizaje multimedia: un metanálisis y dos análisis de metarregresión. *PLoS ONE*, 8(12). DOI: 10.1371/journal.pone.0183884.

Yen, J.-C., Tsai, C.-H., y Wu, M. (2013). Realidad Aumentada en educación superior: aprendizaje del concepto de ciencia de los estudiantes y logro académico en astronomía. *Procedia. Ciencias Sociales y del Comportamiento*, 103, 165-173. DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.10.322.

## Aseguramiento de integridad de datos para el sistema de encuestas del ITSH

### Assurance of data integrity for the ITSH survey system

CRUZ-LUNA, Manuel†\*, LUNA-TREJO, Cupertino y URBINA-FERNÁNDEZ, José

*Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Manuel, Cruz-Luna* / ORC ID: 0000-0002-0640-8926, Researcher ID Thomson: H-8709-2018, CVU CONACYT ID: 368159

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Cupertino, Luna-Trejo* / ORC ID: 0000-0001-5898-8486, Researcher ID Thomson: I-6465-2018, CVU CONACYT ID: 904398

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *José, Urbina-Fernández* / ORC ID: 0000-0003-1805-0973, Researcher ID Thomson: I-6545-2018, CVU CONACYT ID: 905112

Recibido: Marzo 26, 2018; Aceptado: Junio 05, 2018

#### Resumen

La integridad de los datos es una de las características esenciales que se deben tomar en consideración cuando se trata de bases de datos, principalmente si se trata de una base de datos ubicada en un servidor, que es alimentada de forma asíncrona desde diversos dispositivos móviles. En este caso, es un sistema de aplicación de encuestas dentro del Instituto, donde los docentes recaban información de los alumnos, la almacenan dentro de sus dispositivos móviles y posteriormente se envía al servidor para su concentración; parte de los datos que recibe el servidor, debe ser distribuida entre todos los dispositivos móviles utilizados para aplicación de encuestas, para que dichos datos sirvan como datos de entrada en la captura de información de nuevas encuestas aplicadas de manera subsecuente. En el momento de almacenar los datos en cada dispositivo móvil, se genera de manera interna una clave primaria, que puede ser diferente en otro dispositivo, aunque se trate de la misma información; al llegar estos registros al servidor, se debe identificar que se trata del mismo dato y generar una clave primaria general y se deberá hacer llegar a todos los dispositivos móviles para utilizarla en nuevas encuestas aplicadas

#### Integridad, Base datos, Multiplataforma

#### Abstract

Data integrity is one of the essential properties to take in consideration when using databases, mainly if it's about a database located into a server, which is fed in asynchronous way from several mobile devices. In this case, it's a system for survey application inside an Institute, where teachers collect information from students, they store it in their mobile devices and later send it to the server for their concentration; part of the data that receives the server must be distributed among all mobile devices used for survey application, so that said data serve as input data in the capture of new surveys applied subsequently. At the time of store data in each mobile device, a primary key is internally generated, which can be different from others devices, even if it's the same information; when this records arrive at the server, it must be identified it is the same data and generate a general primary key that must be sent to all mobile devices to be used in the application of new surveys

#### Integrity, Databases, Multiplatform

**Citación:** CRUZ-LUNA, Manuel, LUNA-TREJO, Cupertino y URBINA-FERNÁNDEZ, José. Aseguramiento de integridad de datos para el sistema de encuestas del ITSH. Revista de Tecnologías Computacionales. 2018. 2-6: 15-21.

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Una de las características más importantes al momento de almacenar información dentro de una base de datos, es la integridad de dicha información, haciendo referencia principalmente a su exactitud y fiabilidad. Se tienen diversos tipos de integridades y en este trabajo se aplicará la integridad referencial, donde se apunta a las relaciones que existen entre dos o más tablas por medio de llaves primarias y foráneas [1], [3].

En este caso la base de datos se encuentra distribuida en un servidor y en diversos dispositivos móviles que es donde se generan los datos, se almacenan de manera local con sus propias llaves primarias y posteriormente se envían hacia el servidor, donde se deben generar llaves primarias globales al momento de recibir la información sin importar de que dispositivo es enviada; estas características se encuentran definidas de manera clara en la estructura y la lógica interna de la base de datos [4]. para mantener la consistencia de la base de datos se deben cumplir con las reglas de integridad que requieren los datos, sin importar las fuentes donde se genera la información [2], [6].

El esquema de esta aplicación es semejante al de una base de datos distribuida, debido a que los datos se generan de manera independiente en diversos dispositivos móviles y algunos de esos datos deben quedar disponibles para todos los demás, con el inconveniente que los dispositivos no siempre se encuentran conectados y es necesario realizar copias de la información hacia el servidor de datos en cuanto se reestablezcan las conexiones [5], [7].

Dentro de este documento se dará inicialmente un panorama del escenario donde se aplica la integridad de los datos, se hace un recuento de los tipos de integridad y la que aplica en este caso, además de los trabajos previos realizados sobre este tema, se describe la forma en que fluye la información de manera interna, se enlista la infraestructura aplicable al proyecto y los servicios que se ofrecen, el algoritmo propuesto de solución al problema existente y se muestran los resultados logrados; finalmente se hace mención de las conclusiones obtenidas.

## Escenario de aplicación

En el Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango (ITSH) se requiere que grupos de docentes apliquen encuestas entre sus alumnos como parte de un programa de tutorías, donde recaban sus datos personales, escuela de nivel medio superior de procedencia, becas obtenidas, estado de salud, datos laborales si es que trabajan e información de sus padres o tutores. Todos los datos que se generan en estas encuestas eran almacenados en hojas que utilizadas al momento de aplicar las entrevistas con los alumnos; en el momento en que un docente cambia de grupo tutorado, se debe pasar todo el expediente con el historial de cada alumno del grupo al nuevo tutor para que tenga la información necesaria de cada alumno y lo pueda guiar de manera adecuada.

En caso de que se requieran algunos datos para generar estadísticas, se deben calcular de manera manual por cada docente que tiene a su cargo el grupo tutorado, a través de la revisión física de los documentos que tiene en el expediente del grupo y obtener los resultados solicitados. Al generar el concentrado general, se obtienen valores diversos para el mismo dato y se debe llevar a cabo una depuración para obtener información que sea de utilidad.

El sistema de encuestas del Instituto debe tener la capacidad de almacenar la información, al momento de ser generada, de manera directa dentro de un dispositivo móvil por medio de una aplicación [17]; posteriormente se transferirá hacia un servidor para concentrarla y tener un solo lugar desde donde hacer las consultas que se requieran.

Algunos datos que se capturen en las encuestas deben quedar disponibles para todos los demás docentes y con esto se reduzcan los errores de captura o las diferencias de información; para esto se requiere que dichos datos sean distribuidos a las bases de datos de todos los dispositivos móviles que tengan la aplicación para realizar encuestas.

Todo este flujo de información entre bases de datos ubicadas en diferentes plataformas requiere de un control preciso de la información [13], para evitar la pérdida o duplicidad de dicha información relacionada con cada uno de los alumnos.

## Integridad de la información

La integridad de la información es un término que hace referencia a la exactitud y confiabilidad de la información que se almacena dentro de una base de datos. Estos datos deben estar completos, ubicados en el lugar adecuado y con una relación estrecha y bien establecida para realizar consultas y obtener información útil con el menor esfuerzo computacional requerido y en un tiempo mínimo [15]. Algunos de los problemas de integridad de la información se generan desde el usuario, debido a que por descuido o falta de conocimiento en el manejo del equipo de cómputo, no coloca los datos de manera correcta al alimentar una base de datos, lo que da como resultado información duplicada o datos erróneos que pueden llevar a obtener datos no confiables en las consultas que se realizan a las bases de datos.

Se tienen diferentes tipos de integridad de datos, la primera conocida como integridad de la entidad, que hace referencia a que los registros de una tabla deben ser únicos, no debe haber dos registros idénticos, para esto se hace uso de llaves o claves primarias [11], [12], pudiendo estar formadas por uno o más campos; este campo o combinación de campos deben ser únicos dentro de la tabla y no pueden tener valores nulos, es decir, no pueden estar vacíos, debido a que esto limita el desempeño de la mayoría de algoritmos utilizados para perfilar y manipular las llaves [9], [10], [16].

La siguiente integridad es conocida como referencial, en donde se debe tomar en consideración que, al relacionar dos tablas, el valor que se coloque en la tabla secundaria dentro de la llave foránea debe existir en la llave primaria de la tabla principal, para evitar que se tengan registros “huérfanos” en las tablas, generando con esto que las columnas del mismo atributo sean semánticamente equivalentes entre ellas [8].

La tercera integridad, que es de dominio, hace referencia a la validez de los datos que se encuentran en cada uno de los campos de las tablas, esto se logra estableciendo desde el inicio del diseño el tipo de campo correcto y correspondiente a los valores a almacenar [4], además de las configuraciones de restricciones aplicables a través de expresiones regulares.

La pérdida de la integridad de datos se da principalmente por errores del usuario final o procesos de control de cambios deficientes o no desarrollados de manera completa [14].

Las soluciones existentes en bases de datos móviles no son independientes del servidor, debido a que utilizan información como metadatos o funciones específicas como disparadores y marcas de tiempo [18], y en algunos otros casos se hace uso de algoritmos basados en resúmenes de los datos para identificar diferencias o semejanzas [20].

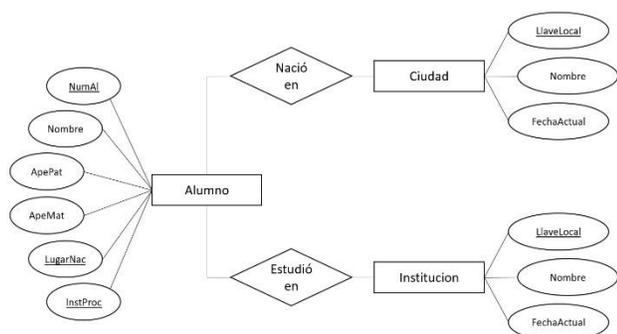
Derivado de las características del sistema de encuestas del Instituto, no será necesaria una sincronización de todos los datos de las bases de datos, debido a que no toda la información se debe tener disponible en todos los dispositivos móviles, únicamente se requiere de controlar las llaves primarias y foráneas de las tablas auxiliares (Ciudad e Institución) entre todas las bases de datos, siendo este un proceso en un solo sentido o en ambos [19].

## Flujo de información

Los datos que se van a almacenar por cada uno de los alumnos incluyen entre otros su nombre y apellidos, sexo, fecha de nacimiento, estado civil, enfermedades, pasatiempos, deporte practicado, lugar de nacimiento y nombre de la institución de procedencia entre otros.

Para cada uno de estos últimos dos datos se va a realizar una tabla de tipo catálogo con su llave primaria generada de manera automática para llevar a cabo las relaciones correspondientes hacia la tabla **Alumno**.

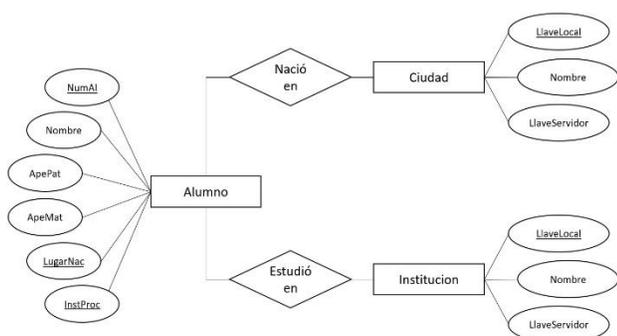
Para la base de datos del servidor se va a incluir un campo con la fecha de actualización de cada registro y será utilizado como referencia para la sincronización de datos hacia las demás bases de datos, la figura 1 muestra parte del diagrama de la base de datos para el servidor, donde se muestra la tabla **Alumno** y las tablas **Ciudad** e **Institucion**, haciendo referencia al lugar de nacimiento y a la institución de procedencia respectivamente.



**Figura 1** Diagrama parcial BD servidor

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la base de datos para los dispositivos móviles, contará en las tablas de catálogos con dos llaves, una de ellas será la primaria que se genera de manera local cada vez que se almacena la información de una nueva encuesta que requiere de un dato que aún no se ha almacenado; la otra llave se utilizará para hacer referencia al valor que contiene ese mismo registro, pero en la llave primaria dentro de la base de datos del servidor. Ambos valores se deben conocer dentro de cada dispositivo móvil, para que los siguientes registros que se almacenen tomando los valores ya existentes tengan forma de hacer referencia a los registros que se encuentran dentro del servidor sin la posibilidad de generar duplicidad de información o sobrecarga de operaciones innecesarias al verificar la existencia de datos que ya se han almacenado. La figura 2 muestra parte del diagrama de la base de datos para el dispositivo móvil, donde se identifican los campos para las dos llaves mencionadas.



**Figura 2** Diagrama parcial BD móvil

Fuente: Elaboración propia

### Infraestructura utilizada

Se tiene un servidor disponible con las siguientes características:

- Sistema operativo Windows Server.
- Internet Information Services con soporte para ASP.NET

- SQL Server

Lo que nos da como resultado los siguientes servicios:

- Servidor web. Incluye un servicio web para transferencia de información, en formato JSON, hacia y desde los dispositivos móviles.
- Servidor de datos. Contiene la base de datos donde se almacena la información completa de las encuestas aplicadas a los alumnos.

Dispositivos móviles con sistema operativo Android y una aplicación instalada para la captura de información de encuestas y envío de datos hacia el servidor por medio de red inalámbrica.

Todo esto hace uso de la red Institucional que se encuentra instalada dentro de las instalaciones.

### Algoritmo propuesto

La descripción del siguiente procedimiento para asegurar la integridad de los datos relacionados con el lugar de nacimiento de los alumnos, también se aplica a estado civil, institución de procedencia, enfermedad, pasatiempo, deporte, comida y bebida, con sus tablas y campos respectivos.

Para el caso de la base de datos de los dispositivos móviles, contendrá también la tabla **Alumno** y las demás tablas de catálogo, con la diferencia de que estas últimas no contendrán como dato adicional la fecha de actualización, sino un campo adicional para almacenar el valor de la llave primaria con que se dio de alta en el servidor por primera vez.

La tabla 1 muestra el contenido de la tabla **Ciudad** ubicada dentro de un dispositivo móvil, donde el primer campo contiene la llave primaria que se genera dentro del mismo dispositivo móvil al momento de almacenar un nuevo registro, el segundo campo contiene el lugar de nacimiento y el tercero contendrá el valor de la llave primaria de ese lugar de nacimiento una vez que se da de alta en el servidor por medio de una actualización de datos.

La primera encuesta que se capturó en ese dispositivo móvil fue de un alumno que nació en Nuevo Necaxa, debido a esto, es el primer registro de la tabla **Ciudad**, el segundo alumno nació en Huauchinango y el tercero en Poza Rica. En el momento en que se almacenan los datos en la tabla local, el campo LlaveServidor contendrá un valor cero (0), debido a que en ese momento se desconoce su llave del servidor.

LlaveLocal	Nombre	LlaveServidor
1	Nuevo Necaxa	0
2	Huauchinango	0
3	Poza Rica	0

**Tabla 1** Tabla inicial Ciudad en BD móvil

Fuente: *Elaboración propia*

Al enviar los datos del primer alumno, se incluye el nombre del lugar de nacimiento y el número cero como llave del servidor, cuando llegan los datos a este último equipo, se verifica esa ciudad en su tabla **Ciudad**, si ya existe, se busca la llave primaria (el valor 3) y se devuelve al dispositivo móvil para que actualice su tabla; lo mismo sucede para el segundo alumno. En caso del tercero, que no existe el nombre de la ciudad en la tabla del servidor, primero se da de alta para que se genere su llave primaria (el valor 7) y se envía al dispositivo móvil para su actualización como se muestra en la tabla 2. Este procedimiento se aplica para cada registro que requiere de un nuevo nombre de lugar de nacimiento.

LlaveLocal	Nombre	LlaveServidor
1	Nuevo Necaxa	3
2	Huauchinango	1
3	Poza Rica	7

**Tabla 2** Tabla final Ciudad en BD móvil

Fuente: *Elaboración propia*

Por cada alumno que conteste la encuesta y sea de alguna de estas tres ciudades, se enviarán al servidor sus datos y el valor de la llave del servidor (tercer campo) para su almacenamiento directo, si necesidad de realizar la búsqueda anteriormente descrita.

Como resultado de estos movimientos de llaves, dentro del dispositivo móvil se llevará a cabo la relación entre las tablas de catálogos hacia la tabla Encuesta, por medio de las llaves primarias generadas de manera local como se muestra en la tabla 3.

NumAl	Fecha	Nombre	LugarNac
1	09/04/2018	Eugenia	1
2	09/04/2018	Claudia	2
3	09/04/2018	Gemma	3

**Tabla 3** Tabla parcial Alumno en BD móvil

Fuente: *Elaboración propia*

Dentro del servidor, esos datos también se encontrarán almacenados, pero haciendo referencia hacia su llave primaria local como se muestra en la tabla 4.

Las tablas de catálogos, como la tabla **Ciudad** descrita anteriormente, son las que tendrán la relación entre las llaves primarias de cada dispositivo móvil y su equivalente hacia las llaves primarias del servidor; toda la información que fluya del dispositivo móvil hacia el servidor, en cualquiera de los dos sentidos, deberá pasar por la equivalencia entre llaves locales y llaves de servidor.

NumAl	Fecha	Nombre	LugarNac
...	...	...	...
27	09/04/2018	Eugenia	3
28	09/04/2018	Claudia	1
29	09/04/2018	Gemma	7

**Tabla 4** Tabla parcial Alumno en BD servidor

Fuente: *Elaboración propia*

Otro proceso que se lleva a cabo es la actualización de las tablas de catálogos dentro de las bases de datos de los dispositivos móviles, dando esto la posibilidad a los usuarios de dichos dispositivos de contar con datos adicionales a los que van capturando para reducir el tiempo en que llenan las encuestas durante las entrevistas, al poder elegir valores en lugar de escribir cada uno de ellos.

Si algún docente desde su aplicación agrega algún alumno que haya nacido en la ciudad "Tulancingo" y actualiza la base de datos del servidor, esta ciudad junto con su llave primaria del servidor será descargada en los demás dispositivos y quedará disponible para su uso.

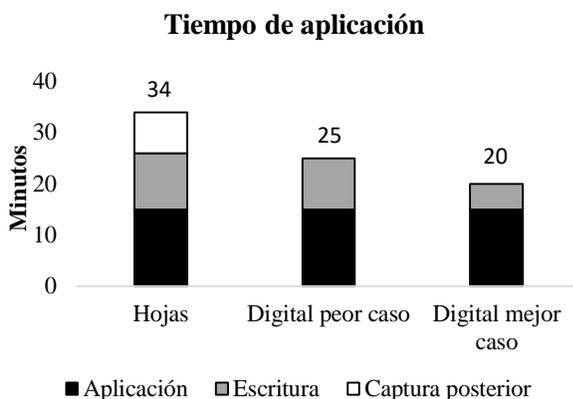
El motivo por el que no se agregaron todas las ciudades inicialmente en la base de datos, es porque se tendrían muchos valores que no se van a utilizar por ningún docente, lo que llevaría a contar con bases de datos muy grandes dentro de los dispositivos móviles con datos innecesarios.

## Resultados obtenidos

Uno de los principales resultados que se derivan de este proyecto, es la precisión con la que se almacenan los datos dentro del sistema, teniendo la información disponible en el momento en que se genera, reduciendo al mínimo los errores en dicha información debido a que no existe una captura posterior por parte de personas diferentes a quienes aplicaron las encuestas; la veracidad de la información y su totalidad se verifican en el momento en que se obtiene por parte de los alumnos y antes de ser enviada al servidor para su concentración.

Como se muestra en el gráfico 1, el tiempo promedio para la aplicación de una encuesta utilizando papel y lápiz es de 34 minutos, utilizando dispositivos móviles se elimina el tiempo de captura posterior y en caso de que todos los datos sean nuevos (digital peor caso), se requiere en promedio de 25 minutos por encuesta.

En caso de que algunos datos ya se hayan capturado con anterioridad (digital mejor caso), el tiempo promedio es de 20 minutos por encuesta aplicada.



**Gráfico 1** Tiempo de aplicación de encuestas  
Fuente: *Elaboración propia*

Otro punto, no menos importante, es la reducción en el uso de papel (más de 2500 hojas ahorradas por semestre), debido a que ya no se cuenta con hojas para la realización de encuestas, se hace de manera digital por medio de un celular o Tablet de cada docente que funge como tutor de un grupo de alumnos.

## Conclusiones

La integridad de la información es un tema que se debe tomar en consideración cuando se hace uso de bases de datos, principalmente si se trata de información que se encontrará distribuida en diversos equipos informáticos (computadoras y celulares entre muchos otros), que será manipulada en diferentes momentos y lugares para posteriormente ser concentrada en repositorios institucionales, desde donde se realizarán consultas para obtener información en tiempo real, con la confianza de la veracidad y totalidad de la información que se encuentra cargada en el sistema.

Además de este procedimiento, se deben tomar en consideración otros mecanismos para certificar que la información viaja de manera segura a través de todos los dispositivos de telecomunicaciones que intervienen entre el dispositivo móvil desde donde se almacena la información y el servidor de datos donde se almacenará de manera definitiva.

## Referencias

- [1] D-P. Pop, "Natural versus Surrogate Keys. Performance and usability", Database System Journals, 2011, pp. 55-63.
- [2] P. Koutris and J. Wijzen, "Consistent query answering for primary keys", SIGMOD Records, 2016, pp. 15-22.
- [3] A. H. Bahmani, M. Naghibzadeh and B. Bahmani, "Automatic databases normalization and primary key generation", 2008 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Niagara Falls, ON, 2008, pp. 000011-000016.
- [4] V. Zykin, "Automatization of foreign keys construction", 2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk, 2016, pp. 1-4.
- [5] L. Zhangbing, C. Wujiang and L. Zhangbing, "A new algorithm for data consistency based on primary copy data queue control in distributed database", 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks, Xi'an, 2011, pp. 207-210.

- [6] A. U. Tansel, "Integrity constraints in temporal relational databases", International Conference on Information Technology: Coding and Computing, 2004. Proceedings. ITCC 2004., Las Vegas, NV, USA, 2004, pp. 460-464 Vol. 2.
- [7] P. Doshi and V. Raisinghani, "Review of dynamic query optimization strategies in distributed database", 2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology, Kanyakumari, 2011, pp. 145-149.
- [8] M. Zhang, M. Hadjieleftheriou, B. C. Ooi, C. M. Procopiuc and D. Srivastava, "Automatic discovery of attributes in relational databases", Proceedings of the 2011 ACM SIGMOD International Conference on Management of data, 2011, pp. 109-120.
- [9] H. Köhler and S. Link, "Inclusion dependencies reloaded", Proceedings of the 24th ACM International Conference on Information and Knowledge Management, 2015, pp. 1361-1370.
- [10] M. Memari, S. Link and G. Dobbie, "SQL data profiling of foreign keys", International Conference on Conceptual Modeling, 2015, pp. 229-243.
- [11] J. Motl and P. Kordík, "Foreign Key Constraint Identification and Relational Databases", ITAT 2017 Proceedings, 2017, pp. 106-111.
- [12] M. Memari and S. Link, "Index Design for Partial Referential Integrity", CDMTCS Research Reports CDMTCS-482, 2015.
- [13] I. Bala, S. Bishnoi, "Research Paper on Data Integrity Checking In Cloud Computing", International Journal of Enhanced Research in Management & Computer Applications, 2015, pp 55-61.
- [14] E. Gelbstein, "Data integrity – Information Security's Poor Relation", ISACA JOURNAL, 2011, pp. 20-25.
- [15] M. Kahng, S.B. Navathe, J.T. Stasko, D.H. Chau, "Interactive Browsing and Navigation in Relational Databases", Proceedings of the VLDB Endowment, 2016, pp. 1017-1028.
- [16] H. Köhler, S. Link, X. Zhou, "Possible and Certain SQL Keys", Proceedings of the VLDB Endowment, 2015, pp. 1118-1129.
- [17] P. Pocatilu, "Building Database-Powered Mobile Applications", Informatica Economică, 2012, pp 132-142.
- [18] R. Singh, C. Dutta, "A Synchronization Algorithm of Mobile Database for Cloud Computing", International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management, 2013, pp. 491-497.
- [19] A.A. Imam, A. Basri, R. Ahmad, A.R. Gilal, "Data Synchronization Model for Heterogeneous Mobile Databases and Server-side Database", International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2018, pp. 521-531.
- [20] B.S. Ramya, S.B. Koduri, M. Seetha, "A Stateful Database Synchronization Approach for Mobile Devices", International Journal of Soft Computing and Engineering, 2012, pp. 316-320.

## Desarrollo de un robot móvil controlado vía internet y ubicado mediante posicionamiento global

### Development of a mobile robot controlled via internet and located by global positioning

MUÑOZ-MATA, José Lorenzo†\*, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, CERVANTES-DE LA ROSA, Juan Pedro y OCOTITLA-MUÑOZ, Alma Delia

*Universidad Tecnológica de Puebla*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *José Lorenzo, Muñoz-Mata* / ORC ID: 0000-0001-7813-5579, CVU CONACYT ID: 177117

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Juan Carlos, Rojas-Garnica* / ORC ID: 0000-0002-2261-587X, CVU CONACYT ID: 66417

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Juan Pedro, Cervantes-De La Rosa* / ORC ID: 0000-0001-6634-2018

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Alma Delia, Ocotitla-Muñoz* / ORC ID: 0000-0002-3266-3226

Recibido: Marzo 28, 2018; Aceptado: Junio 07, 2018

#### Resumen

Actualmente la tecnología ha realizado avances significativos dentro del desarrollo de robótica móvil, tanto en sistemas autónomos como en sistemas controlados en forma remota. En el presente trabajo se muestra el desarrollo e implementación de un robot móvil manipulado a través de wifi y monitoreado geográficamente a través de un módulo de posición global. Para realizar el procesamiento de señales se utiliza un microcontrolador, el cual recibe la información para la manipulación y ubicación del robot utilizando un módulo de comunicación wifi y un módulo GPS respectivamente. Se establece una comunicación bidireccional vía inalámbrica hacia una computadora con acceso a internet utilizando una interfaz de instrumentación virtual, donde se envían los datos para manipulación el robot y las coordenadas de ubicación son recibidas y desplegadas en un mapa de ubicación. La ventaja del desarrollo de este dispositivo es la posibilidad de realizar exploraciones en áreas de difícil acceso y alto riesgo al ser humano. Además, puede ser utilizado como una plataforma en el área de investigación y en la industria, agregando sensores para obtener información en la detección de diferentes variables, tales como; gas, temperatura, presión, humedad, etc.

**Robots móviles, GPS, Wifi, Microcontrolador**

#### Abstract

Currently the technology has performed significant advances in the development of mobile robotics, as much as autonomous systems as remotely controlled. In the present work is shown the development and implementation of a mobile robot manipulated through wifi and geographically monitored through a global positioning module. To performed the signal processing a microcontroller is used, which receives the information for the manipulation and location of the robot using a wifi communication module and a GPS module respectively. A bidirectional communication is established via wireless to a computer with internet access using a virtual instrumentation interface, where data are sent to manipulate the robot and the location coordinates are received and displayed on a location map. The advantage of the development of this device is the possibility to perform explorations in difficult access and high-risk areas to the human being. In addition, such device could be used as a platform in the research area and in the industry by adding sensors to obtain information in the detection of different variables, such as; gas, temperature, pressure, humidity, etc.

**Mobile robots, GPS, Wifi, Microcontroller**

**Citación:** MUÑOZ-MATA, José Lorenzo, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, CERVANTES-DE LA ROSA, Juan Pedro y OCOTITLA-MUÑOZ, Alma Delia. Desarrollo de un robot móvil controlado vía internet y ubicado mediante posicionamiento global. Revista de Tecnologías Computacionales. 2018, 2-6: 22-28.

\* Correspondencia del Autor (Correo Electrónico: jose.munoz@utpuebla.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la actualidad se han logrado avances sustanciales dentro del diseño y desarrollo de sistemas robóticos. Para el desarrollo de estos, se involucra la integración de diferentes áreas dentro de las cuales se encuentran: programación, control, mecánica e inteligencia artificial, con las cuales se han podido desarrollar dispositivos con mayor complejidad para diferentes aplicaciones.

De acuerdo al Instituto de Robótica de América, se define a un robot como “Un manipulador programable y multifuncional diseñado para mover partes, materiales, herramientas o dispositivos específicos mediante movimientos programados para realizar diferentes tareas”. El desarrollo de robots ha sido utilizado principalmente en la industria siendo integrados a otras máquinas para realizar diferentes procesos tales como: soldadura, pintura, ensamble, así como para el traslado de piezas para eficientar los procesos de producción. Por otro lado, se han realizado diseños con propósitos médicos, militares, investigación científica, así como para propósitos educativos.

Además, se han desarrollado dispositivos llamados robots móviles con el propósito de realizar tareas de investigación ingresando a áreas de difícil acceso, donde implica un alto riesgo para la integridad del ser humano, dentro de los cuales se encuentran las actividades bajo el agua (submarinos), incursiones espaciales o áreas donde se pueda encontrar algún gas contaminante. Se han diseñado dos tipos de robots móviles, los manuales o teleoperados y los autónomos (Jones, Flynn and Bruce 2004). Los robots autónomos son programados para realizar una misión o recorrido normalmente sencillos. Los robots teleoperados permite el control a distancia monitoreado por un humano, lo que permite un mejor control sobre los posibles obstáculos que podría tener el móvil.

Dentro de los métodos de manipulación teleoperada de robots móviles se encuentran los operados alámbrica e inalámbricamente. De estos últimos destacan la utilización de comunicaciones como radiofrecuencia, bluetooth y comunicación mediante wifi (Galván, Carrasco y Brena 2013).

La ventaja de utilizar este tipo de comunicación es la ventaja de poder manipular al robot desde cualquier módem de conexión a internet, dadas las prestaciones del protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, por sus siglas en inglés) con el cual es posible triangular la comunicación para el monitoreo de robots.

Además, para conocer la ubicación geográfica del móvil es posible utilizar al Sistema de Posicionamiento Global GPS (Global Position System) (Ibrahim e Ibrahim 2010), el cual es una herramienta que, aún en áreas de difícil acceso para el ser humano, ayuda a localizar a los móviles.

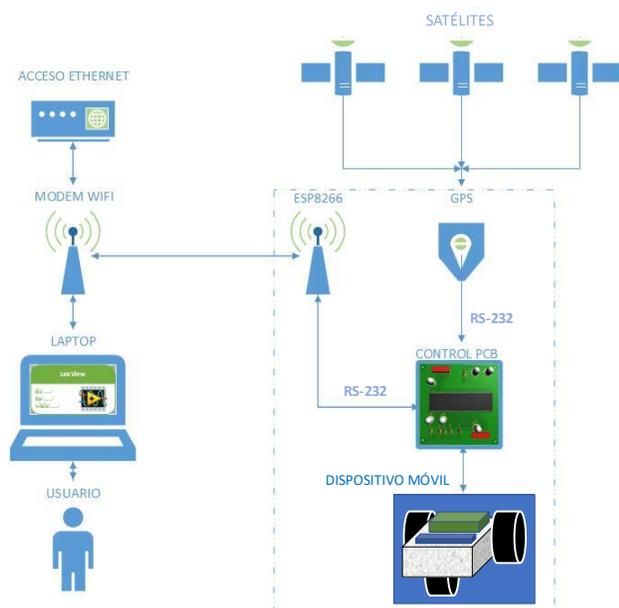
Este trabajo muestra el desarrollo e implementación de un robot móvil controlado vía internet y ubicado mediante posicionamiento global, el cual utiliza un microcontrolador como interfaz entre un módulo de comunicación wifi y un módulo de comunicación GPS, así como el control de los motores de dirección del móvil.

Además, se realiza una comunicación bidireccional con una computadora utilizando una interfaz de instrumentación virtual. Con el desarrollo de este dispositivo está la posibilidad de utilizarlo como plataforma para adicionar otro tipo de sensores para poder monitorear otras variables elevando el potencial útil de dicho dispositivo.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. En la primera sección se muestra una introducción de los robots móviles y sus diferentes aplicaciones. En la segunda sección se describe el desarrollo experimental, donde se muestra el desarrollo y funcionamiento de los diferentes componentes electrónicos del robot, así como el desarrollo del software implementado. En la tercera sección se describen los resultados obtenidos en la integración de todo el sistema para las pruebas correspondientes. En la cuarta sección se muestran los agradecimientos. En la quinta sección se describen las conclusiones que se tienen respecto a los resultados obtenidos. Finalmente, se agregan las referencias de las cuales se obtuvo información para el desarrollo de este trabajo.

## Desarrollo Experimental

En el arreglo experimental implementado, para realizar el robot móvil, la comunicación wifi se basó en el módulo ESP8266 (Espressif Systems) para una conexión TCP/IP con un ancho de banda de hasta 2.4 GHz (Espressif Systems 2013). También, se utilizó el módulo GPS GY-GPS6MV2 (U-BLOX 2011) con una resolución alrededor de hasta 2 m. Se utilizó el microcontrolador 18F4550 (Microchip 2006) donde se desarrolló el firmware con el algoritmo de procesamiento de señales. La interfaz de software fue desarrollada utilizando LabVIEW. El diagrama a bloques del sistema implementado se muestra en la Figura 1.



**Figura 1** Diagrama a bloques del sistema implementado  
Fuente: *Elaboración propia*

Inicialmente, para controlar el dispositivo es necesario acceso a internet. La transferencia y manejo de información almacenada en el microcontrolador es enviada a través del protocolo de comunicación wifi. Posteriormente, el módulo ESP8266 se encarga de enviar y recibir los datos a través de wifi (TCP/IP), los cuales son proporcionados por el Microcontrolador vía RS-232. El Módulo GPS solicita los datos de localización satelital y los envía hacia el Microcontrolador también a través del protocolo de comunicación RS-232. Los motores utilizados de la marca Namiki, son los encargados de proporcionar el movimiento indicado a través del usuario por el canal wifi y por último la tarjeta de circuito impreso PCB (Printed Circuit Board por sus siglas en inglés) está programada para controlar e interactuar con los periféricos antes descritos.

Dichos motores son colocados dentro en la estructura del robot, para la cual se usaron placas perforadas de plástico, para hacer el móvil más ligero y mejorar las condiciones de movimiento. Finalmente, la interfaz de usuario se encuentra contenida en la laptop o dispositivo con acceso a una red de internet, en nuestro caso es por medio del programa de instrumentación virtual LabView.

## 1 Comunicación wifi

En el módulo de comunicación wifi es necesario realizar una configuración inicial tomando en cuenta ciertos parámetros, los cuales son esenciales para la configuración del dispositivo y poder establecer la comunicación wifi. Dichas instrucciones son los llamados comandos AT(REF) (Espressif Systems 2013), los cuales son de alta importancia ya que son necesarios para determinar el modo de comunicación para enlazar con la computadora y así enviar y recibir información. Además, se envía el comando para unirse a un punto de acceso, generar una dirección IP, así como el número de puerto del envío y recibo de datos.

## 2 Comunicación GPS

El módulo que se describe para el proyecto es ideal para ser manipulado por medio de un microcontrolador. Dicho dispositivo incluye una antena cerámica para ser conectada directamente en la PCB del módulo. Con este sistema podemos leer constantemente el módulo GPS y representar leer los datos de forma serial.

Hay que tener en cuenta que la comunicación con el módulo se realiza vía RS-232 a 9600 bps. Los datos adquiridos deben coincidir con el protocolo NMEA (National Marine electronics Asociación), el cual es un protocolo estándar para la recepción de datos GPS (SiRF Technologies 2007).

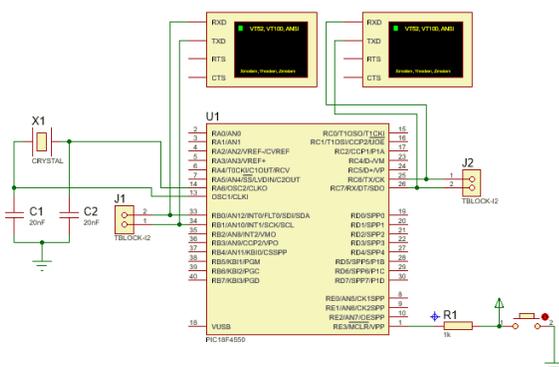
Después de decodificar cada uno de los datos recibidos de forma serial, se pueden procesar los datos ya sea a través de un microcontrolador o pueden ser enviados a un programa para ser analizados y procesados. En este caso, se envía a la computadora y la información es obtenida usando LabView. Por ejemplo, los siguientes datos 19.058431,-98.151091 corresponden a una Ubicación por Latitud y Longitud.

Para poder generar aplicaciones en constante lectura de la ubicación por GPS a través de Google Maps, existen dos opciones para hacerlo, la primera es registrarse en la plataforma como usuario pero tendrá un límite de 25000 actualizaciones totales, detalle que nos conviene para generar una aplicación con constantes actualizaciones de ubicación; sin embargo, la segunda forma es más conveniente para este proyecto, la cual consiste en generar una cuenta en google y unirse al grupo de desarrolladores de la plataforma, con esto lograremos unas 25000 actualizaciones cada 24 horas y acceso ilimitado a todas las aplicaciones de desarrollo en la nube de Google.

### 3 Desarrollo de firmware

Para realizar la integración se realizó el firmware del microcontrolador utilizando el compilador CSC (Lajara y Pelegrí 2011), para ser usado como interfaz entre módulos a través de comunicación serial como se ha mencionado anteriormente.

Además, para controlar los motores y dar la dirección adecuada al móvil de acuerdo a los comandos recibidos por la interfaz de usuario de usuario desarrollada en LabVIEW. En la Figura 2 se muestra el circuito para simular la comunicación serial con los módulos de comunicación.



**Figura 2** Simulación con microcontrolador 18F4550 con dos puertos de comunicación serial  
Fuente: *Elaboración propia*

### 4 Desarrollo de software

Después de describir el circuito de control del dispositivo móvil, se describe en adelante toda la lógica visual basada en el programa LabView (Trejo 2009).

El control está basado en una comunicación TCP/IP, debe estar configurado en LabView la configuración VISA (Virtual Instrument Software Architecture por sus siglas en inglés) para establecer la comunicación serial.

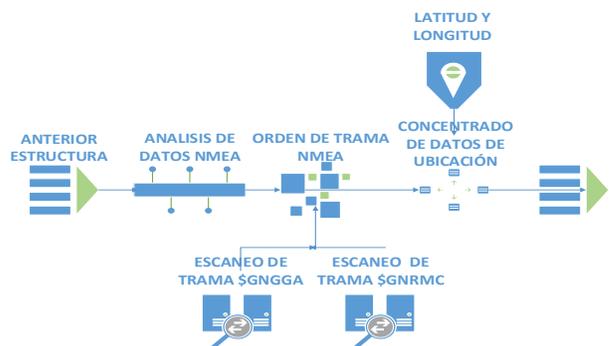
#### 4.1 Lectura y escritura TCP/IP

En primer lugar, se inicializa con la configuración típica de lectura y escritura de una comunicación TCP/IP, (Inicializar el puerto wifi con la dirección IP por lo general es 192.168.XXX.XXX y el puerto que usualmente es 80). Posteriormente, dentro del ciclo en la escritura del programa enviamos 6 comandos distintos para las siguientes acciones: AD=Adelante, AT=Atrás, IZ=Izquierda, DE=Derecha, AL=Alto, GPS=Comunicación GPS.

Se le da un de un segundo en cada ciclo para leer los valores de respuesta enviados por el módulo wifi y al final se cierra la comunicación TCP/IP y se procesa si hay algún error para mostrarlo. La Figura 3 muestra un diagrama de la lógica implementada para el envío de los comandos, cabe mencionar que para poder visualizar y hacer la conexión es a través de internet o con una conexión a la misma, sin esto no puede visualizarse el mapa ni conectarse el sistema móvil.



**Figura 3** Lectura y escritura TCP/IP por LabVIEW  
Fuente: *Elaboración propia*



**Figura 4** Análisis de datos Trama NMEA GPS LabVIEW  
Fuente: *Elaboración propia*

### 4.2 Trama NMEA GPS

Se le llama Trama porque es una serie de caracteres enviados serialmente, dicha Trama tiene una decodificación realizada de los datos recibidos.

La Figura 4 muestra esa decodificación del código NMEA que provienen del anterior ciclo por los datos recibidos, posteriormente separamos las variables dando un retraso al ciclo de 100 ms y mostramos dicha cadena recibida dentro de una gráfica.

### 4.3 Visualización de coordenadas

Al ingresar como desarrollador de Google se puede acceder Google Maps. Para ello hay que obtener una contraseña en el panel de control del mismo Google. Después de conocer la configuración para enviar peticiones en Google Maps, procesamos los caracteres detallados en el segundo ciclo por medio de una cadena de caracteres y en la Figura 5 el diagrama de la lógica utilizada para este propósito, los puntos principales son:

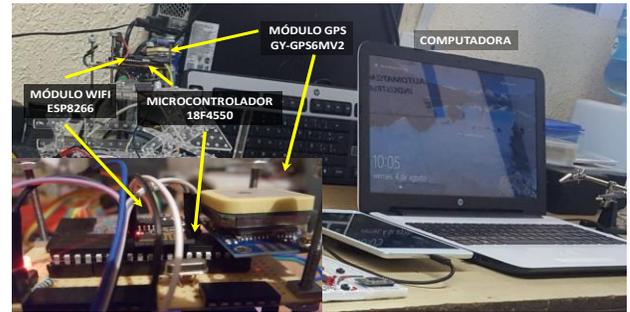
- Dirección URL
- Latitud y longitud
- Zoom
- Alto y Ancho de la Imagen
- Tipo de Mapa
- Marcador de la ubicación con la etiqueta A
- Latitud y Longitud de la etiqueta
- Contraseña desarrollador de Google (Apis).



**Figura 5** Representación en bloques de obtención de coordenadas GPS LabVIEW  
 Fuente: *Elaboración propia*

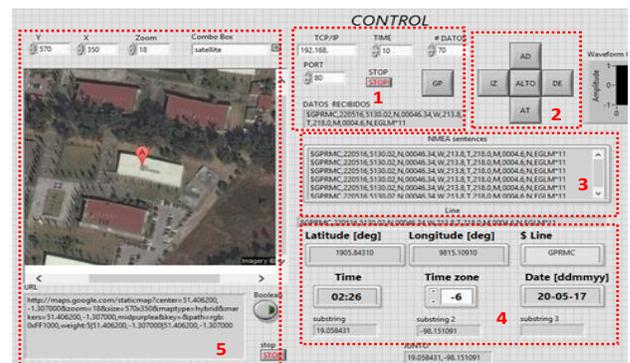
### Resultados Experimentales

El arreglo experimental utilizado para la implementación del sistema se muestra en la figura 6.



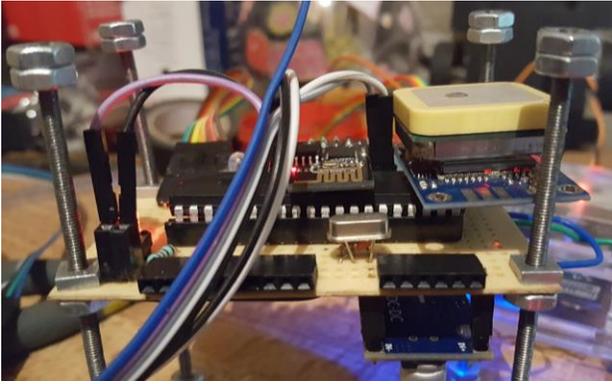
**Figura 6** Arreglo Experimental del sistema implementado  
 Fuente: *Elaboración propia*

Una vez que se realizaron las pruebas correspondientes para cada uno de los módulos de comunicación y su integración con el microcontrolador, se realizó la configuración del panel de botones y visualizadores de datos organizados para el control del dispositivo móvil. En la Figura 7, se muestra el panel visual del software desarrollado, donde la descripción de distribución de controles se enlista a continuación. 1. Comunicación TCP/IP, dirección y puerto. 2. Controles de dirección del móvil. 3. Adquisición de datos NMEA. 4. Decodificación de datos. Longitud, latitud, zona horaria, hora y fecha. 5. Visualización de posición, dirección URL, zoom, tipo de mapa y marcador.



**Figura 7** Interfaz de usuario desarrollada en LabVIEW.  
 Fuente: *Elaboración propia*

Posteriormente se realizó la tarjeta de circuito impreso para realizar las pruebas correspondientes tanto de comunicación entre módulos con el microcontrolador, como de su integración con la comunicación wifi hacia el módem y de ahí a la computadora. En la Figura 8 se muestra la tarjeta de control implementada.



**Figura 8** Tarjeta de control  
Fuente: *Elaboración propia*

Al terminar dichas pruebas, se realizó la integración del robot móvil para poder realizar las pruebas finales con la integración de todo el sistema, para comprobar el correcto funcionamiento en la estabilidad en la comunicación de los módulos, como el de la estructura del robot. En la Figura 9, se puede observar el robot móvil terminado.



**Figura 9** Robot móvil y su integración con la electrónica  
Fuente: *Elaboración propia*

Cabe mencionar que la batería utilizada para alimentar la electrónica del robot es una batería de tres celdas de litio de 1000 mAh, la cual es suficiente para nuestro propósito.

Finalmente se procedió a realizar las pruebas de todo el sistema integrado. Es importante mencionar que tanto el sistema de comunicación como la estructura del robot funcionaron de manera satisfactoria, ya que la electrónica desarrollada muestra una estabilidad de comunicación del microcontrolador con los módulos respectivos.

Además, la comunicación wifi con la computadora mantiene un enlace estable, lo que hace que la comunicación con el robot pueda realizarse en tiempo real, lo cual es adecuado para mantener control constante sobre la dirección del robot.

Se puede decir que el sistema desarrollado puede servir como una plataforma para ser utilizada agregando otro tipo de sensores para incrementar el potencial de funcionamiento del robot móvil y ser utilizado tanto en el área de investigación, como en la industria donde se podrán monitorear diversas variables como presencia de gas, temperatura, presión, humedad, etc.

### Agradecimientos

Se agradece las facilidades prestadas para la realización del presente proyecto a la Universidad Tecnológica de Puebla.

### Conclusiones

Se ha desarrollado un robot móvil manipulado vía wifi y monitoreado por GPS. Se desarrolló un software capaz de leer y escribir datos usando el protocolo TCP/IP para manipular la dirección del móvil. Además, se puede observar la ubicación del móvil generando una dirección URL a través de Google Maps. El sistema implementado se utilizará como plataforma para agregar sensores de gas para utilizar el robot móvil en aplicaciones industriales, para incursionar en ambientes donde se ponga en riesgo la integridad física del ser humano. Como trabajo futuro se está trabajando en la inclusión de los sensores de gas anteriormente señalados para poder realizar un robot que pueda detectar fugas. Además, se planea que el robot pueda ser autónomo para poder realizar la detección de los sitios de fuga y así trazar las trayectorias de dispersión, monitoreado por GPS.

### Referencias

- Ahmet Ibrahim, Dogan Ibrahim. (2010). Real-time GPS based outdoor wifi localization system with map display. *Advances in Engineering Software*, 4, 1080-1086.
- Carlos E. Galván-Tejada, José C. Carrasco-Jiménez, Ramon F. Brena. (2013). Bluetooth-wifi based combined positioning algorithm, implementation and experimental evaluation. *Procedia Technology*, 7, 37-45 .
- Joseph Jones, Anita M. Flynn, Bruce A. (2004). *Mobile Robots: Inspiration to Implementation*. united states od america: McGraw-Hill.

Espressif Systems. (2013, 1 enero). Espressif Smart Connectivity Platform: esp8266 datasheet [Hoja de datos de Fabricante]. Recuperado 12 febrero, 2018, de [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf).

García Trejo, E. (2009). *Compilador C CCS y Simulador Proteus para Microcontroladores PIC (2ª ed.)*. Ciudad de México, México: Alfaomega.

Lajara Vizcaíno, J., & Pelegrí Sebastián, J. (2011). *LabVIEW Entorno gráfico de programación (2ª ed.)*. Ciudad de México, México: Alfaomega.

Microchip. (2006, 1 enero). PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet [Datasheet]. Recuperado 10 octubre, 2017, de <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>

Reyes Cortes, F. (2011). *ROBÓTICA - Control de Robots Manipuladores (Ed. rev.)*. Ciudad de México, México: Alfaomega.

SiRF Technologies. (2007, 1 diciembre). NMEA Reference Manual [Manual]. Recuperado 10 diciembre, 2017, de <https://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/NMEA%20Reference%20Manual-Rev2.1-Dec07.pdf>

U-BLOX. (2011, 1 abril). u-blox 6 Receiver Description, Including Protocol Specification [Manual]. Recuperado 1 diciembre, 2017, de <http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/GPS/760.pdf>

## Detección de fallas en un sistema de tres tanques interactivos

### Fault detection in an interacting level systems with three tanks

LADRON DE GUEVARA-RODRIGUEZ, Víctor Manuel†\*, RAMÍREZ-CABRERA, Luis Alejandro, ZUÑIGA-CASTILLO, Manuel Alejandro y ROMERO-GALVÁN, Gerardo

*Universidad Autonoma de Tamaulipas*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Víctor Manuel, Ladron de Guevara-Rodriguez* / CVU CONACYT ID: 715044

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Luis Alejandro, Ramirez-Cabrera* / CVU CONACYT ID: 492861

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Manuel Alejandro, Zuñiga-Castillo* / CVU CONACYT ID: 492852

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Gerardo, Romero-Galván* / CVU CONACYT ID: 201366

Recibido: Marzo 30, 2018; Aceptado: Junio 09, 2018.

#### Resumen

El diagnóstico de fallas en los sistemas es un tema que sigue siendo retador para los grupos de investigación. En este artículo se propone un algoritmo para la detección de fallas en un sistema de nivel, el cual está conformado por tres tanques interconectados entre sí, formando un sistema interactivo. Con el propósito de extender los resultados obtenidos en simulación, se desarrolló el sistema físico, con el fin de validar los resultados. El método considera un enfoque basado en observadores que facilitan el diseño de los generadores de residuos. Primeramente, siguiendo un enfoque clásico, el sistema original es desacoplado en diferentes subsistemas, de tal modo que cada subsistema sea sensible solamente a una falla en particular. Posteriormente, los residuos se generan a partir de un banco de observadores, correspondiendo un observador distinto para cada uno de los subsistemas desacoplados. Se presentan los resultados numéricos basados en simulaciones para el sistema de tres tanques, contemplando la presencia de fallas tanto en sensores como en actuadores. Finalmente, con el propósito de corroborar los resultados obtenidos en simulaciones, se presentan los resultados obtenidos en pruebas experimentales realizadas en el sistema físico real.

#### Detección de fallas, Observadores, Sistema de Nivel

#### Abstract

This paper proposes an algorithm for fault detection in an interacting level system considering three tanks. In order to extend the results obtained in simulation, the physical system was developed to validate those results. The method considers an observer-based approach that facilitates the design of residual generators. First, following a classical approach, the original system is decoupled in different subsystems, in such a way that each subsystem is sensitive only to one particular failure. Subsequently, the residuals are generated from an observers bank, where a different observer corresponding to each of the decoupled subsystems. Finally, in order to corroborate the results obtained in simulations, several experiments were developed with the real physical system. Where the system is conformed by three tanks where they have ten liters of capacity, two water pump who perform the function of actuators and sensors of level and flow. It is important to note that the faults are presented in sensors and actuators.

#### Faults Detection, Observers, Level System

**Citación:** LADRON DE GUEVARA-RODRIGUEZ, Victor Manuel, RAMIREZ-CABRERA, Luis Alejandro, ZUÑIGA-CASTILLO, Manuel Alejandro y ROMERO-GALVAN, Gerardo. Detección de fallas en un sistema de tres tanques interactivos. Revista de Tecnologías Computacionales. 2018, 2-6: 29-38.

\* Correspondencia del Autor (Correo Electrónico: czam\_@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El diagnóstico de fallas en sistemas, representa una parte importante del estudio en la actualidad, la detección oportuna de la presencia de fallas en los procesos industriales permite tomar acciones de corrección con el objetivo de que estos operen de manera continua y segura. En las últimas décadas muchas investigaciones relacionadas con el problema de diagnóstico de fallas han sido reportados (Alcorta y Frank, 1997), (Frank y Ding, 1977), (Massoumnia et al., 1989), (Rodríguez y Alcorta-García, 2015).

El presente trabajo considera el desarrollo de una plataforma experimental de tres tanques benchmark con dos bombas. Esta plataforma nos permitirá poner a prueba el algoritmo para la detección y aislamiento de fallas en el sistema físico. Es importante mencionar que se consideran fallas tanto en sensores como en actuadores, y se desarrolla un esquema que permite el diagnóstico preciso de cada una de las fallas presente.

En la literatura existen diferentes métodos basados en observadores para el diagnóstico de fallas (Duan y Patton, 2001), (Venkatasubramanian et al., 2003), (Massoumnia, 1986) y (Ding y Frank, 1994).

Una manera de realizar el diseño de un algoritmo para el diagnóstico de fallas es en base a observadores basados en la retroalimentación de la salida, o parte del estado, con el fin de estimar el estado completo, los cuales obtienen señales que dependen explícitamente de la existencia de tales fallas.

De esta manera, las señales producidas son evaluadas con respecto a un umbral, y así determinar la presencia de fallas.

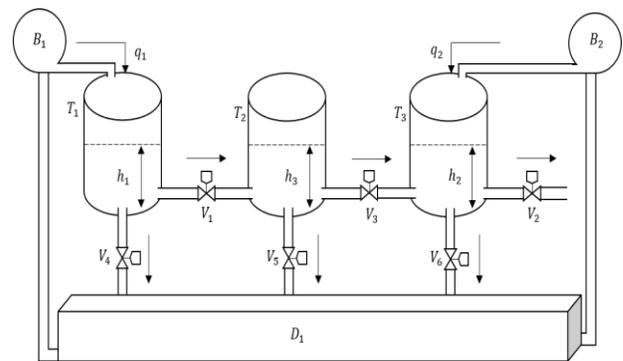
## Plataforma experimental del sistema de nivel

La plataforma experimental consiste en un sistema MIMO (Multiple Input Multiple Output) no lineal. El sistema este constituido por tres tanques cilíndricos de superficie transversal T1, T2 y T3, los cuales están interconectados entre sí por un sistema de tuberías y válvulas: la válvula V1 entre T1 y T3, la válvula V2 entre T3 y T2 y la válvula V3 entre T2 y la salida del sistema, estas válvulas simulan las obstrucciones de las tuberías.

La válvula V4 entre el tanque T1 y el exterior, la válvula V5 entre el T3 y el exterior y la válvula V6 entre T2 y el exterior simulan una fuga en los tanques.

Las variables medibles del sistema son los niveles de los tres tanques  $h_1$ ,  $h_2$  y  $h_3$ , y los flujos  $q_1$  y  $q_2$  que corresponden al flujo originado por las bombas.

La plataforma es un sistema cerrado, donde el líquido que sale por las válvulas V2, V4, V5 y V6 llega a un depósito D1 colocado en la parte inferior, de donde retorna a los tanques principales a través del sistema de tuberías interconectadas con las bombas B1 y B2. Una descripción detallada puede ser encontrada en (Ding, 2008). La figura 1 muestra el esquema de la plataforma experimental.



**Figura 1** Esquema plataforma experimental

Fuente: Elaboración propia

## Modelo matemático de la plataforma

El modelo no lineal se obtiene aplicando directamente las leyes de Torricelli, tomando en cuenta los flujos de entrada y salida de cada tanque. Partiendo del modelo matemático del sistema de tres tanques representado por las siguientes ecuaciones diferenciales (Ding, 2008).

$$\dot{h}_1 = \frac{1}{A} \left[ q_1 - C_1 S_{13} S_g (h_1 - h_3) \sqrt{2g|h_1 - h_3|} \right] \quad (1)$$

$$\dot{h}_2 = \frac{1}{A} \left[ q_2 + C_3 S_{23} S_g (h_3 - h_2) \sqrt{2g|h_3 - h_2|} - C_2 S_2 \sqrt{2gh_2} \right] \quad (2)$$

$$\dot{h}_3 = \frac{1}{A} \left[ C_1 S_{13} S_g (h_1 - h_3) \sqrt{2g|h_1 - h_3|} - C_3 S_{23} S_g (h_3 - h_2) \sqrt{2g|h_3 - h_2|} \right] \quad (3)$$

Después de la linealización en los puntos de operación  $h_1 = 45 \text{ cm}$ ,  $h_2 = 15 \text{ cm}$  y  $h_3 = 30 \text{ cm}$ , tenemos un modelo lineal (nominal).

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (4)$$

$$y = Cx \quad (5)$$

Donde

$$x = [x_1 \ x_2 \ x_3]^T = [h_1 \ h_2 \ h_3]^T \quad (6)$$

$$u = [q_1 \ q_2]^T \quad (7)$$

$$A = \begin{bmatrix} -0.02 & 0 & 0.02 \\ 0 & -0.0458 & 0.0196 \\ 0.02 & 0.0196 & -0.0396 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$B = \begin{bmatrix} 0.006 & 0 \\ 0 & 0.006 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Donde los parámetros son:

Símbolo	Descripción
$h_i$	Nivel del líquido en el tanque en $cm$
$A$	Área del tanque en $cm^2$
$S$	Sección entre los tubos de interconexión en $cm^2$
$q_{13}$	Flujo del tanque 1 al tanque 3 en $cm^3/s$
$q_{32}$	Flujo del tanque 3 al tanque 2 en $cm^3/s$
$q_{20}$	Flujo de salida en $cm^3/s$
$q_i$	Flujo de entrada a los tanques en $cm^3/s$
$C_i$	Coefficiente de flujo de salida

**Tabla 1** Especificaciones

Fuente: Elaboración propia

## Modelado de fallas

Considerando las siguientes fallas.

Las fugas en los tanques  $f_{f1}$ ,  $f_{f2}$ ,  $f_{f3}$ , pueden ser modelados como adiciones a la salida de los tanques, donde.

$$\theta_{A1}\sqrt{2gh_1}; \theta_{A2}\sqrt{2gh_2}; \theta_{A3}\sqrt{2gh_3} \quad (11)$$

$$\theta_{Ai} = Z_i \quad (12)$$

Donde  $\theta_{A1}$ ,  $\theta_{A2}$ ,  $\theta_{A3}$  son conocidas y dependen del tamaño de la fuga  $Z_i$  (área de la fuga).

La obstrucción entre el flujo de los tanques (T1 y T3, T3 y T2) y el tanque T2 y la salida, representadas por  $f_{o13}$ ,  $f_{o20}$ ,  $f_{o32}$  son modeladas por:

Entre T1 y T3

$$\alpha_1 C_1 S_{13} S_g (h_1 - h_3) \sqrt{2g|h_1 - h_3|} \quad (13)$$

Entre T3 y T2

$$\alpha_3 C_3 S_{23} S_g (h_3 - h_2) \sqrt{2g|h_3 - h_2|} \quad (14)$$

Entre T2 y la salida

$$\alpha_2 C_2 S_g \sqrt{2gh_2} \quad (15)$$

$$0 \leq \alpha_i < 1$$

Las fallas en actuadores son las fallas presentes en las bombas, representadas por  $f_{a1}$  y  $f_{a2}$ , son modeladas por:

$$q_1(1 - \beta_1) \quad 0 \leq \beta_1 < 1 \quad (16)$$

$$q_2(1 - \beta_2) \quad 0 \leq \beta_2 < 1 \quad (17)$$

Las fallas en sensores, pueden ser representadas como adiciones a los tres sensores, denotados por  $f_{s1}$ ,  $f_{s2}$ ,  $f_{s3}$ :

$$y = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{bmatrix} + I_{3 \times 3} \begin{bmatrix} f_{s1} \\ f_{s2} \\ f_{s3} \end{bmatrix} \quad (18)$$

Estas fallas son modeladas como:

$$\dot{x} = Ax + Bu + E_f f \quad (19)$$

$$y = Cx + F_f f_s$$

Donde

$$E_f = \begin{bmatrix} -2.27 & 0 & 0 & -0.3 & 0 & 0 & 0.006 & 0 \\ 0 & -1.3 & 0 & 0 & 0.39 & 0.29 & 0 & 0.006 \\ 0 & 0 & 1.84 & 0.3 & 0 & -0.29 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$F_f = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$f = [f_{f1} \ f_{f2} \ f_{f3} \ f_{o13} \ f_{o20} \ f_{o32} \ f_{A1} \ f_{A2}]^T \quad (22)$$

$$f_s = [f_{s1} \ f_{s2} \ f_{s3}]^T \quad (23)$$

## Construcción de los residuos basados en observadores

### 1 Observadores no lineales

Cuando el proceso se describe por un modelo no lineal y solamente se desea resolver el problema de detección y no existen perturbaciones ni fallas de no interés, se pueden utilizar diferentes técnicas para ajustar la ganancia del observador, dependiendo de la clase de funciones no lineales involucradas. El camino sencillo consiste en linealizar la ecuación diferencial del error de estimación y seleccionar la ganancia del observador que garantice estabilidad del error en condiciones normales (Verde et al., 2013).

Los observadores propuestos por Luenberger (1964), son algoritmos que reconstruyen las variables de estado no disponibles de un sistema, a partir de su modelo y el conocimiento del vector de entradas  $u(t)$  y del vector de salidas  $y(t)$ . En tareas de control se usan directamente acoplados a los algoritmos de control en lazo cerrado. Actualmente la variedad de tipos de observadores para ciertas clases de sistemas no lineales es muy amplia (Nijmeijer y Fossen, 1999; Besancon et al., 2007).

### 2 Construcción de los residuos

La construcción de los residuos se basa en el desacoplo del sistema nominal en subsistemas sensibles a  $n$  fallas. Posterior a esto, se diseñó un observador para cada subsistema, de tal manera que el observador utilice las salidas y entradas correspondientes a la falla que se desea aislar, así, el observador diseñado es sensible solo a las fallas en algún sensor determinado, actuador, u otro elemento a considerar con falla, obteniendo así, una matriz de firmas de fallas para el sistema, el cual nos indicara que fallas son probablemente las que ocurrieron.

#### Subsistema 1

$$\begin{aligned} \dot{h}_1 &= A_1 h_1 + B_1 u_1 + G_1 y_3 + E_{1f} f \\ y_1 &= C h_1 + F_{f1} f_s \end{aligned} \quad (24)$$

Donde

$$\begin{aligned} A_1 &= [0.02] \quad B_1 = [0.006] \\ G_1 &= [0.02] \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} E_{1f} &= [-2.27 \ 0 \ 0 \ -0.3 \ 0 \ 0 \ 0.006 \ 0] \\ C &= [1] \quad F_{f1} = [1 \ 0 \ 0] \end{aligned} \quad (26)$$

Los subsistemas 2 y 3 fueron desacoplados utilizando el mismo procedimiento. Los subsistemas 4, 5 y 6 son combinaciones de los subsistemas 1, 2 y 3, que representan los tres estados del sistema. Por ejemplo, el subsistema 5 es una combinación de los subsistemas 1 y 3, una relación de ambos.

#### Subsistema 5

$$\begin{aligned} \dot{h}_{1,3} &= A_5 h_{1,3} + B_5 u_1 + G_5 y_2 + E_{5f} f \\ y_5 &= C h_{1,3} + F_{f5} f_s \end{aligned} \quad (27)$$

Donde

$$\begin{aligned} A_5 &= \begin{bmatrix} -0.02 & 0.02 \\ 0.02 & -0.0396 \end{bmatrix} \\ B_5 &= \begin{bmatrix} 0.006 \\ 0 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} G_5 &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0.0196 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad h_{1,3} = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_3 \end{bmatrix} \\ E_{5f} &= \begin{bmatrix} -2.27 & 0 & 0 & -0.3 & 0 & 0 & 0.006 & 0 \\ 0 & 0 & 1.84 & 0.3 & 0 & -0.29 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (29)$$

$$F_{f1} = [1 \ 0 \ 0]$$

Los residuos son el resultado de la diferencia de los estados del sistema donde ocurren las fallas y los estados estimados a partir de un banco de observadores.

#### Observador 1

$$\begin{aligned} \dot{\hat{h}}_1 &= A_1 \hat{h}_1 + B_1 u_1 + G_1 y_3 + L_1 (y_1 - C_1 \hat{h}_1) \\ \hat{y}_1 &= C_1 \hat{h}_1 \end{aligned} \quad (30)$$

El generador de residuos resulta:

$$r_1 = y_1 - C_1 \hat{h}_1 \quad (31)$$

La activación de cada uno de los residuos construidos dependerá de la ocurrencia de las fallas, cada residuo es sensible a ciertas fallas debido al desacoplo.

De acuerdo a los observadores de cada subsistema se obtienen 5 residuos, ya que el residuo número 4 que corresponde la relación de 1 y 2 no aporta información adicional al análisis y diagnóstico de las fallas, pues este residuo se activa con las mismas fallas que activan el residuo 3. A continuación se presenta la tabla de firmas de los residuos.

residuos fallas	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>
f <sub>f1</sub>	✓			✓	
f <sub>f2</sub>		✓			✓
f <sub>f3</sub>			✓	✓	✓
f <sub>o13</sub>	✓		✓	✓	✓
f <sub>o20</sub>		✓			✓
f <sub>o32</sub>		✓	✓	✓	✓
f <sub>A1</sub>	✓			✓	
f <sub>A2</sub>		✓			✓
f <sub>s1</sub>	✓		✓	✓	✓
f <sub>s2</sub>		✓	✓	✓	
f <sub>s3</sub>	✓	✓	✓		✓

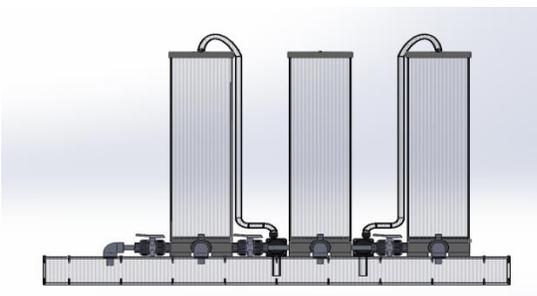
**Tabla 2** Tabla de firmas  
Fuente: Elaboración propia

**Desarrollo de la plataforma experimental**

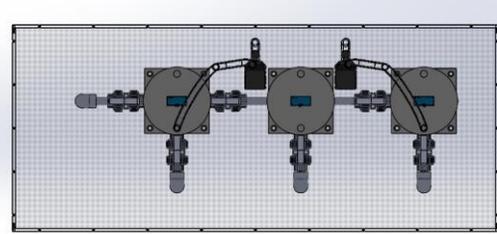
Para el desarrollo de la plataforma experimental, se dividió en dos partes. La primera parte comprende el diseño de los tres tanques y el depósito principal, así como la instalación de los sensores y actuadores. La segunda comprende la parte computacional y el desarrollo del algoritmo para la detección de fallas.

**1 Construcción de la plataforma**

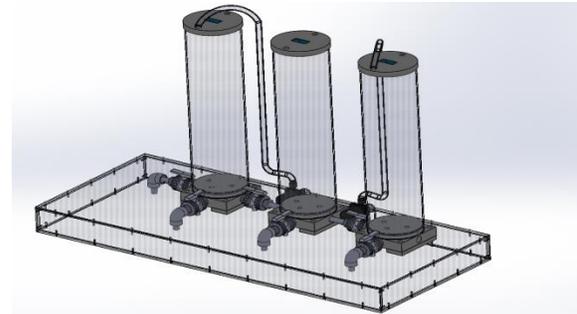
Para la construcción de la plataforma se diseñó un modelo elaborado en Solidwork, el cual sirvió de guía para calcular las dimensiones, materiales y costos. En las figuras 2a, 2b, 2c se muestra el diseño propuesto para la plataforma.



**Figura 2a** Vista frontal  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 2b** Vista superior  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 2c** Vista isométrica  
Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido el diseño final se procedió a la construcción de la plataforma. A continuación, se muestra las especificaciones técnicas del sistema físico.

Pieza	Especificación
Tanques T1, T2 y T3.	Altura 55 cm. Diámetro: 14.5cm. Capacidad: 9.1 Litros c/u.
Deposito D1.	Volumen 47 cm x 113 cm x 7.6 cm. Capacidad de 40.3 litros.
Bombas B1 y B2.	Capacidad de flujo 800L/h.
Válvulas V1, V2, V3, V4, V5, V6.	Diámetro 1/2 pulgada.
Material de fabricación.	Tanques de Lexan. Base de tanques y válvulas de PVC.

**Tabla 3** Especificaciones técnicas  
Fuente: Elaboración propia

**2 Sensores y actuadores**

Para la comunicación entre la plataforma experimental y la parte del algoritmo para la detección de fallas, se emplearon diferentes herramientas. La placa Arduino Mega 2560, es un microcontrolador el cual cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida y 16 entradas analógicas, entre otras características.

Con el fin de facilitar la medición de las variables del proceso y del control de los actuadores. Para el censado del nivel en los tres tanques, se hizo uso del sensor ultrasónico HC-SR04, el cual, al emitir un sonido ultrasónico por uno de sus transductores y esperar que el sonido rebote en el agua, el eco es captado por el segundo transductor, la distancia es proporcional al tiempo de demora en llegar la señal, con ello se mide a que nivel del tanque se encuentra el líquido. Como actuadores se utilizaron dos bombas con capacidad de flujo de 800 L/h, funcionando con 12 vdc a 19 W, utilizando un módulo L298N para la regulación de la potencia. La figura 3 muestra un diagrama esquemático del sistema.

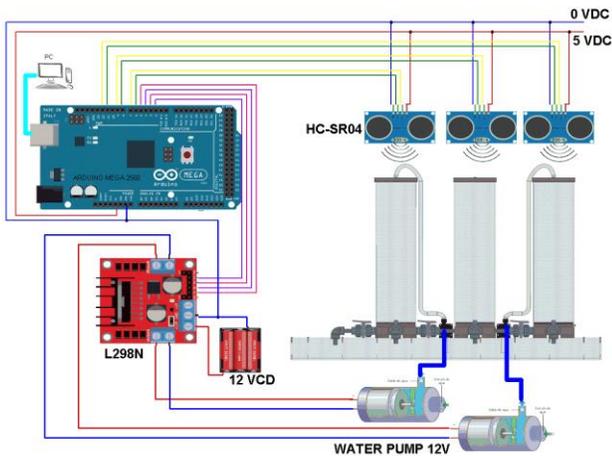


Figura 3 Diagrama esquemático  
Fuente: Elaboración propia

### 3 Parte computacional

Se utilizó LabVIEW en el desarrollo del algoritmo para la detección de fallas en el sistema físico, el cual ofrece un enfoque de programación gráfico que ayuda a la visualización del panel de control principal desde donde es posible llevar a cabo el monitoreo de las variables del sistema, así como la simulación de las fallas en la plataforma experimental.

Las figuras 4a y 4b muestran el panel frontal de control, el cual es usado para la comunicación entre el operario y la plataforma experimental.

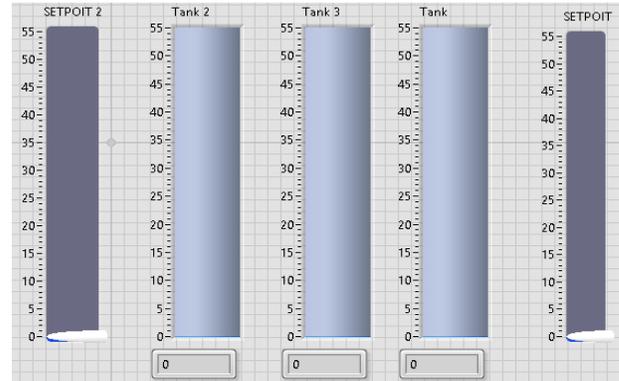


Figura 4a Panel frontal superior de control  
Fuente: Elaboración propia



Figura 4b Panel frontal inferior de control  
Fuente: Elaboración propia

La figura 5 muestra la programación a bloques de este.

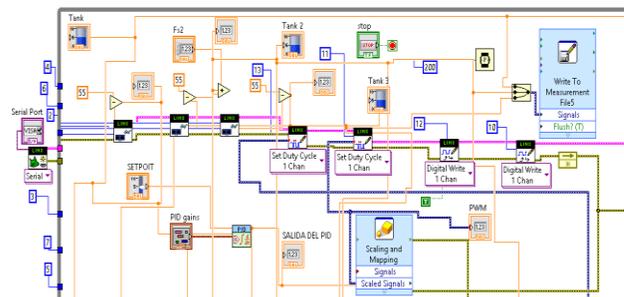


Figura 5 Programación a bloques  
Fuente: Elaboración propia

### Simulación

Obtenido el modelo matemático en espacio de estados se realizó la simulación del algoritmo en la plataforma MATLAB.

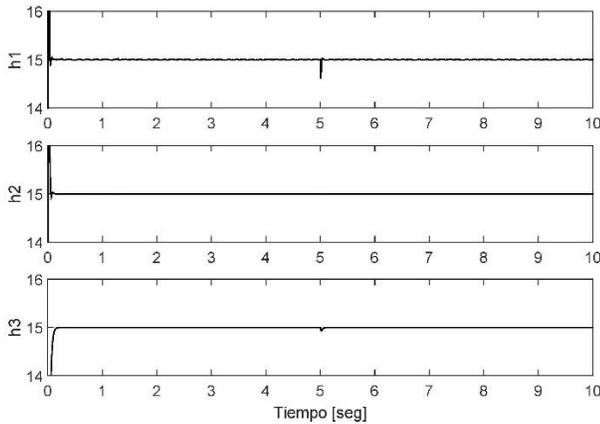
Partiendo de que el sistema se encuentra en lazo cerrado y que solo una falla se puede presentar a la vez se realizó la simulación de algunas fallas en el sistema.

#### 1 Primera Simulación: Fuga en tanque 1 ( $Ff_1$ )

La primera simulación contempla la presencia de la falla  $Ff_1$ , la cual consiste en la fuga en el tanque número uno.

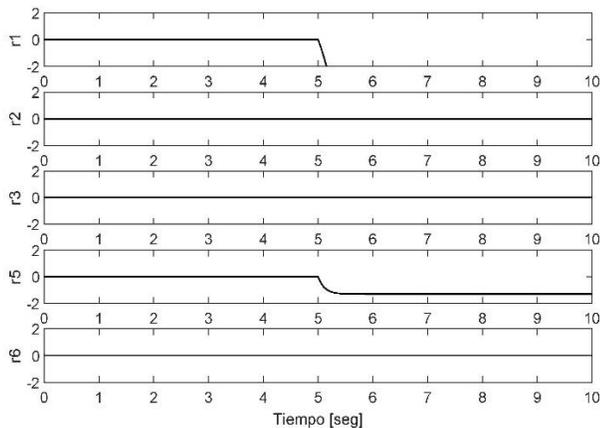
LADRON DE GUEVARA-RODRIGUEZ, Victor Manuel, RAMIREZ-CABRERA, Luis Alejandro, ZUÑIGA-CASTILLO, Manuel Alejandro y ROMERO-GALVAN, Gerardo. Detección de fallas en un sistema de tres tanques interactivos. Revista de Tecnologías Computacionales. 2018

La figura 6 muestra las salidas del sistema simulado.



**Figura 6** Salidas del sistema en presencia de  $Ff_1$   
Fuente: Elaboración propia

La figura 7 muestra el comportamiento de los residuos en presencia de la falla  $Ff_1$ .

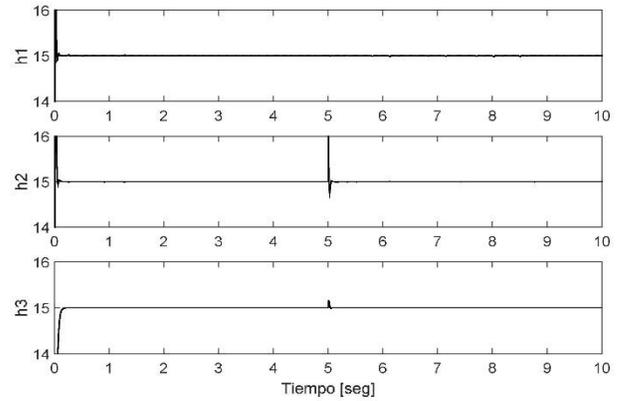


**Figura 7** Residuos en presencia de la falla  $Ff_1$   
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar los residuos  $r_1$  y  $r_5$  son diferentes de cero, lo cual indica la sensibilidad que presentan ante esta falla. Este comportamiento va de acuerdo a la tabla de firmas presentada anteriormente. Mientras que los residuos  $r_2$ ,  $r_3$  y  $r_6$  son en todo momento iguales a cero, lo cual indica que estos presentan insensibilidad a tal falla.

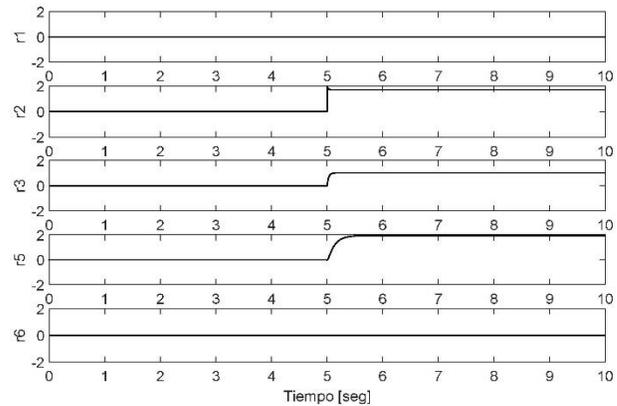
## 2 Segunda simulación: Falla en Sensor 2 ( $Fs_2$ )

Para la segunda simulación se contempla la falla  $Fs_2$  la cual afecta al sensor número dos. La figura número 8 muestra el comportamiento de las salidas en presencia de esta falla.



**Figura 8** Salidas del sistema en presencia de  $Fs_2$ .  
Fuente: Elaboración propia

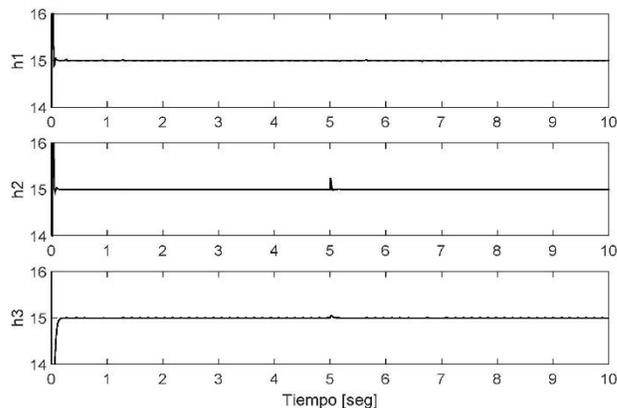
El comportamiento de los residuos ante la presencia de  $Fs_2$  se muestra en la figura número 9.



**Figura 9** Residuos en presencia de la falla  $Fs_2$   
Fuente: Elaboración propia

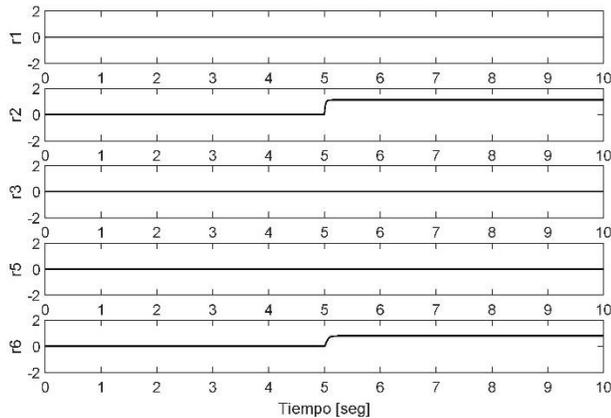
## 3 Tercera simulación: Falla en Actuador 2 ( $Fa_2$ )

Para la tercera simulación se contempla la presencia de la falla en el actuador 2, las respuestas de las salidas del sistema simulado ante la falla  $Fa_2$  se observa en la figura número 10.



**Figura 10** Salidas del sistema en presencia de  $Fa_2$   
Fuente: Elaboración propia

En la figura 11 se puede observar el comportamiento de los residuos cuando la falla  $Fa_2$  se hace presente en el sistema.



**Figura 11** Residuos en presencia de la falla  $Fa_2$   
Fuente: Elaboración propia

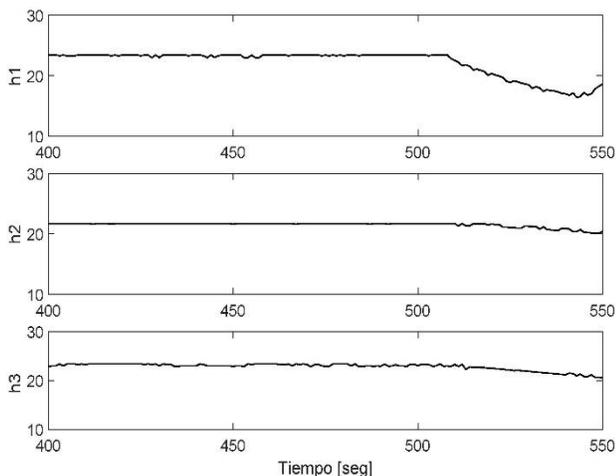
**Resultados de las pruebas físicas**

Para validar los resultados obtenidos en la simulación se realizaron diferentes pruebas físicas en la plataforma experimental.

**1 Primera prueba: Fuga en tanque 1 ( $Ff_1$ )**

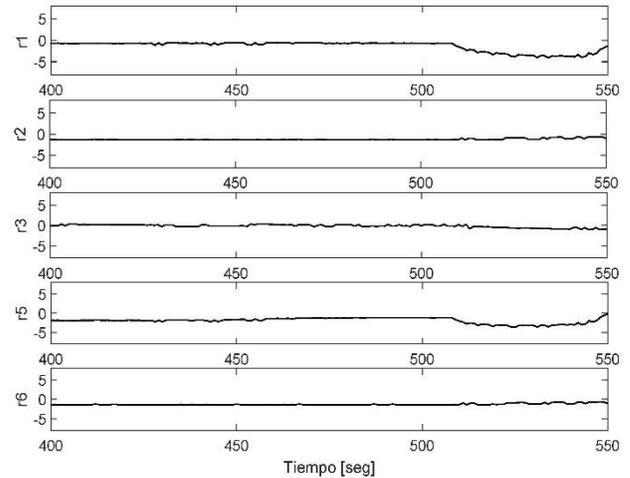
Para la primera prueba se produjo una fuga en el tanque número uno, la cual tiene una magnitud de 50 % respecto a la apertura de la válvula de salida.

La figura 12 muestra la respuesta del sistema cuando la falla  $Ff_1$  está presente.



**Figura 12** Salidas del sistema en presencia de  $Ff_1$   
Fuente: Elaboración propia

La figura 13 muestra la evolución de los residuos cuando la falla está presente.

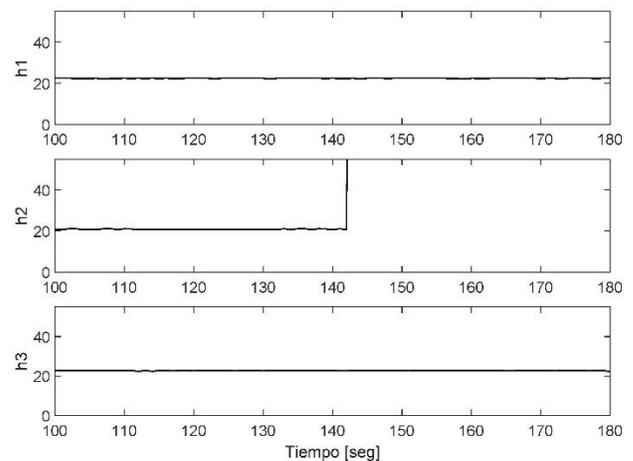


**Figura 13** Residuos en presencia de la falla  $Ff_1$   
Fuente: Elaboración propia

Los residuos que son diferentes de cero indican que estos son afectados por la falla, mientras lo que son insensibles a esta falla, no presentan variaciones en su comportamiento.

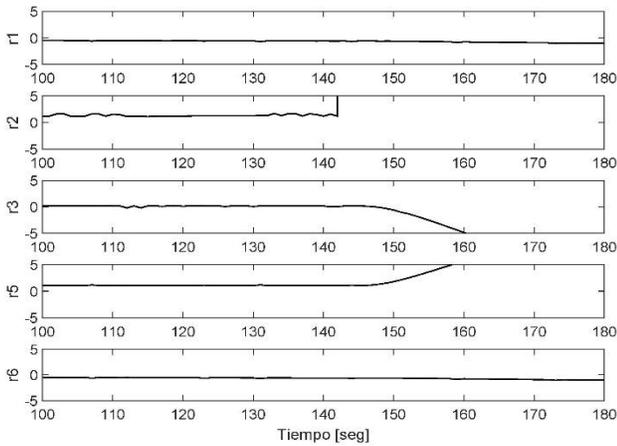
**2 Segunda prueba: Falla en Sensor 2 ( $Fs_2$ )**

Para la segunda prueba se produjo una falla en el sensor número 2, la cual consistió en aplicar computacionalmente una ganancia a la señal adquirida del sensor número dos, el cual corresponde al nivel del tanque dos. La figura 14 muestra las salidas del sistema cuando esta falla está presente.



**Figura 14** Salidas del sistema en presencia de  $Fs_2$   
Fuente: Elaboración propia

Mientras que la figura 15 muestra la respuesta de los residuos cuando esta misma falla se hace presente.



**Figura 15** Residuos en presencia de la falla  $Fs_2$   
Fuente: Elaboración propia

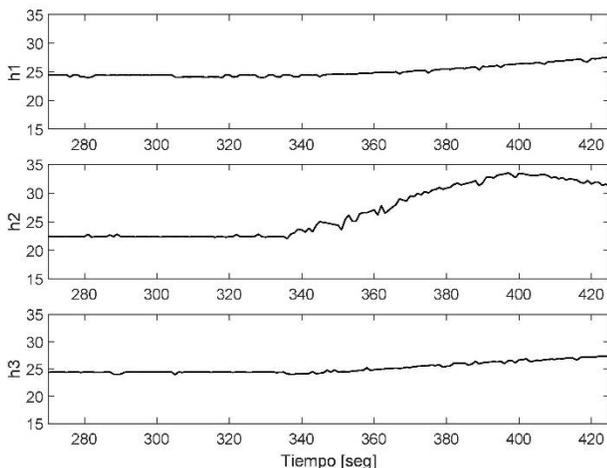
Como se puede observar en la figura anterior, los residuos  $r_2$ ,  $r_3$  y  $r_5$ , son diferentes de cero cuando ocurre la falla, demostrando una sensibilidad a esta, mientras que los residuos  $r_1$  y  $r_6$  permanecen en cero todo el tiempo, lo cual indica insensibilidad a la falla.

### 3 Tercera prueba: Falla en Actuador 2 ( $Fa_2$ )

Para la tercera prueba se produjo una falla en el actuador número dos, el cual corresponde a la bomba que suministra líquido al tanque número dos.

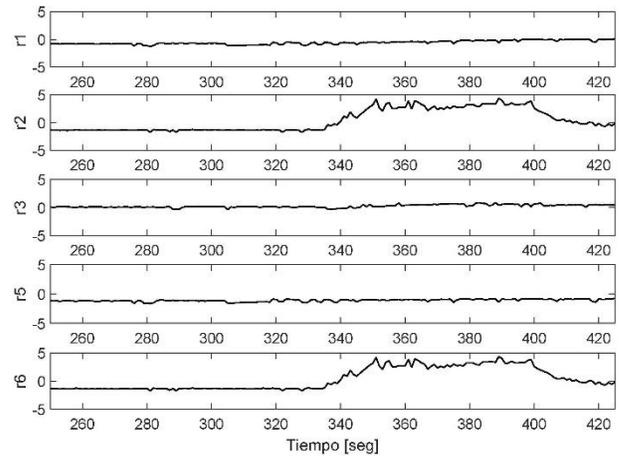
La falla se produjo computacionalmente, adicionándole una ganancia a la señal de salida que controla la bomba.

La figura 16 muestra la salida del sistema cuando esta falla está presente.



**Figura 16** Salidas del sistema en presencia de  $Fa_2$   
Fuente: Elaboración propia

La figura 17 muestra la evolución de los residuos cuando esta falla está presente.



**Figura 17** Residuos en presencia de la falla  $Fa_2$   
Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que los residuos  $r_2$  y  $r_3$  son diferentes de cero cuando ocurre la falla, mientras que los residuos restantes permanecen en cero.

### Conclusiones

La detección oportuna de fallas en los sistemas físicos, juega un papel importante, previniendo accidentes y el paro de estos.

En base a los resultados obtenidos tanto en la simulación como en la experimentación, se pudo comprobar la efectividad para la detección de fallas en base a observadores.

La plataforma experimental realizada, ayudo a la comprobación de los resultados obtenidos en la simulación, y abre las posibilidades no solo de simular, si no también, de probar algoritmos nuevos, tanto para la detección de fallas como para la aplicación de controles tolerantes a fallas, los cuales nos brindaran información importante para su empleo en procesos de la industria.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma de Tamaulipas – Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe por el apoyo brindado para la realización de este proyecto.

## Referencias

- Besançon, G., Georges, D., Begovich, O., Verde, C., & Aldana, C. (2007, July). Direct observer design for leak detection and estimation in pipelines. In Control Conference (ECC), 2007 European (pp. 5666-5670). IEEE.
- Birk, J., & Zeitz, M. (1988). Extended Luenberger observer for non-linear multivariable systems. *International Journal of Control*, 47(6), 1823-1836.
- Chen, J., & Patton, R. J. (2012). *Robust model-based fault diagnosis for dynamic systems* (Vol. 3). Springer Science & Business Media.
- Ding, S. X. (2008). *Model-based fault diagnosis techniques: design schemes, algorithms, and tools*. Springer Science & Business Media.
- Duan, G. and Patton, R. (2001). Robust fault detection using Luenberger-type unknown input observers-a parametric approach. *International Journal of Systems Science*, vol. 32, no. 4, pp. 533-540
- Frank, P. M., & Ding, X. (1997). Survey of robust residual generation and evaluation methods in observer-based fault detection systems. *Journal of process control*, 7(6), 403-424.
- Garcia, E. A., & Frank, P. M. (1997). Deterministic nonlinear observer-based approaches to fault diagnosis: a survey. *Control Engineering Practice*, 5(5), 663-670.
- Isermann, R. (2011). *Fault-diagnosis applications: model-based condition monitoring: actuators, drives, machinery, plants, sensors, and fault-tolerant systems*. Springer Science & Business Media.
- Kinnaert, M. (2003). Fault diagnosis based on analytical models for linear and nonlinear systems. A tutorial. In *Preprints of the 5th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes SAFEPROCESS'2003* (pp. 37-50).
- Luenberger, D. G. (1964). Observing the state of a linear system. *IEEE transactions on military electronics*, 8(2), 74-80.
- Massoumnia, M. A. (1986). A geometric approach to the synthesis of failure detection filters. *IEEE Transactions on automatic control*, 31(9), 839-846.
- Nijmeijer, H. (1999). *New directions in nonlinear observer design* (Vol. 244). T. I. Fossen (Ed.). Berlin: Springer.
- Rodriguez, L. and Alcorta-García, E. (2015). De la representación de sistemas Euler-Lagrange a la hamiltoniana generalizada, *Nova Scientia*. vol. 7, no. 14, pp. 1-23.
- Venkatasubramanian, V., Rengaswamy, R., Yin, K. and Kavuri, S. (2003). A review of process fault detection and diagnosis: Part I: Quantitative model-based methods. *Computers & chemical engineering*, vol. 27, no. 3, pp. 293-311.
- Verde, C., Gentil, S., & Morales-Menéndez, R. (2013). *Monitoreo y diagnóstico automático de fallas en sistemas dinámicos*. Editorial Trillas.

# Instrucciones para la publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

---

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

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

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

International Identification of Science - Technology and Innovation

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

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

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

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

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

---

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

Objetivos  
Metodología  
Contribución

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

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

Objetivos  
Metodología  
Contribución

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

---

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

---

---

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

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

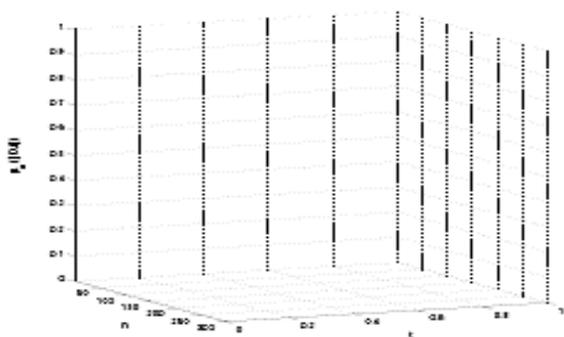
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

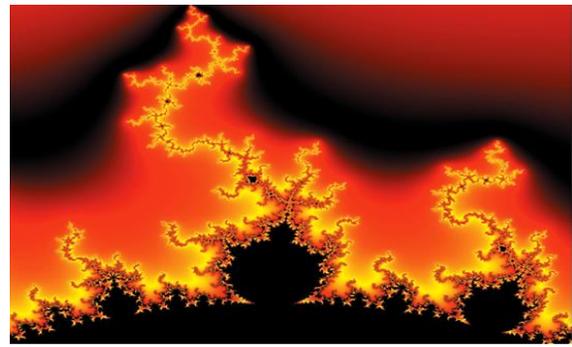
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

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



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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.


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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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

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

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

## Metodología a desarrollar

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

## Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

## Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

## Agradecimiento

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

## Conclusiones

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

## Referencias

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

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

## Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

## Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

## **Reserva a la Política Editorial**

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

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

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

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

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

Título del Artículo:

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

## Copyright y Acceso

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

Título del Artículo:

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

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

### Responsabilidades del Editor

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

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

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

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

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

### Responsabilidades del Consejo Editorial

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

### Responsabilidades del Comité Arbitral

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

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

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

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

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

### **Responsabilidades de los Autores**

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

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

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

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

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

### **Servicios de Información**

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

RESEARCH GATE	(Alemania)
GOOGLE SCHOLAR	(Índices de citas-Google)
MENDELEY	(Gestor de Referencias bibliográficas)
REDIB	(Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)
HISPANA	(Información y Orientación Bibliográfica-España)

#### **Servicios Editoriales:**

Identificación de Citación e Índice H.  
Administración del Formato de Originalidad y Autorización.  
Testeo de Artículo con PLAGSCAN.  
Evaluación de Artículo.  
Emisión de Certificado de Arbitraje.  
Edición de Artículo.  
Maquetación Web.  
Indización y Repositorio.  
Traducción.  
Publicación de Obra.  
Certificado de Obra.  
Facturación por Servicio de Edición.

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

244 - 2 Itzopan Calle. La Florida, Ecatepec Municipio México Estado, 55120 Código postal, MX. Tel: +52 1 55 2024 3918, +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 4640 1298; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org) [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

## **ECORFAN®**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

### **Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Administración Empresarial**

REYES-VILLO, Angélica. BsC

### **Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

### **Editores Asociados**

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

### **Publicidad y Patrocinio**

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan ),sponsorships@ecorfan.org

### **Licencias del Sitio**

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

## **Oficinas de Gestión**

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

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

38 Matacerquillas, CP-28411. Morazarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 La Raza Avenue -Santa Ana, Cusco-Peru.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Cameroon.

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

San Quentin Avenue, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 Kilometro, American Highway, House Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Captain, CP-2060. Luque City- Paraguay.

Distrito YongHe, Zhongxin, calle 69. Taipei-Taiwán.

# Revista de Tecnologías Computacionales

“Modelo teórico para el diseño de un videojuego como recurso didáctico en matemáticas”

**SOTO-HERNÁNDEZ, Ana M., VARGAS-PEREZ, Laura S., PERALTA-ESCOBAR, Jorge y REYES-MÉNDEZ, Victoriano**

*Instituto Tecnológico de Ciudad Madero*

“Aseguramiento de integridad de datos para el sistema de encuestas del ITSH”

**CRUZ-LUNA, Manuel, LUNA-TREJO, Cupertino y URBINA-FERNÁNDEZ, José**

*Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango*

“Desarrollo de un robot móvil controlado vía internet y ubicado mediante posicionamiento global”

**MUÑOZ-MATA, José Lorenzo, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, CERVANTES-DE LA ROSA, Juan Pedro y OCOTITLA-MUÑOZ, Alma Delia**

*Universidad Tecnológica de Puebla*

“Detección de fallas en un sistema de tres tanques interactivos”

**LADRON DE GUEVARA-RODRIGUEZ, Victor Manuel, RAMIREZ-CABRERA, Luis Alejandro, ZUÑIGA-CASTILLO, Manuel Alejandro y ROMERO-GALVAN, Gerardo**

*Universidad Autónoma de Tamaulipas*

