

ISSN 2531-2189

Volumen 2, Número 8 — Octubre — Diciembre - 2018

# Revista de Ingeniería Mecánica

**ECORFAN®**

## **ECORFAN-Spain**

### **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**

MIRANDA-GARCIA, Marta. 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

**Revista de Ingeniería Mecánica** Volumen 2, Número 8, de Octubre a Diciembre - 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Morzarzal -Madrid. WEB: [www.ecorfan.org/spain](http://www.ecorfan.org/spain),

[revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD, Co-Editor: MIRANDA-GARCÍA, Marta. PhD, ISSN: 2531-2189. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda. PhD, LUNA-SOTO, Vladimir. PhD, actualizado al 31 de Diciembre de 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 Ingeniería Mecánica**

## **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 Construcción de puentes, Desarrollo de la ingeniería ambiental, Gestión en construcción de viviendas, Infraestructura hidráulicas Mecánica de suelos, Ingeniería sanitaria, Infraestructura vial

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 Ingeniería Mecánica es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Spain, 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 Construcción de puentes, Desarrollo de la ingeniería ambiental, Gestión en construcción de viviendas, Infraestructura hidráulicas Mecánica de suelos, Ingeniería sanitaria, Infraestructura vial 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 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 Nefthalí. 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 Ingeniería Mecánica emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadadas 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 Spain 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 mandará 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-Africa 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 Construcción de puentes, Desarrollo de la ingeniería ambiental, Gestión en construcción de viviendas, Infraestructura hidráulicas, Mecánica de suelos, Ingeniería sanitaria, Infraestructura vial y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

## **Presentación del Contenido**

Como primer artículo presentamos, *Construcción de un prototipo de banco para el estudio de las Vibraciones Mecánicas*, por CÓRDOVA-LOPEZ, José Miguel, BÁEZ-MORATILLA, Pedro y HERNÁNDEZ-MORALES, Irma, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Oriental, como segundo artículo presentamos, *Situación Actual de los jagüeyes del Corredor Industrial del Noreste de México*, por HOZ-ZAVALA, Ma. Elia Esther & NAVA-DIGUERO Pedro, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Altamira, como tercer artículo presentamos, *Automatización de una caldera pirotubular utilizando el internet de las cosas como medida de monitoreo y seguridad*, por GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Andrés, GALLEGOS-BAÑUELOS, José Luis Guillermo, LÓPEZ-HERRERA, Jesús José Nicolás y CANTÚ-PÉREZ, Miguel Alejandro, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Chihuahua, como cuarto artículo presentamos, *Modelo bidimensional para el estudio y análisis de inundación en la ciudad de Durango, Dgo.*, por BUSTAMANTE-ESPINOSA, Laura Virginia, HINOJOSA-LÓPEZ, Cesar Octavio y LLAGUDO-GUILBERTO, Oscar Jesús, con adscripción en la Universidad Politecnica de Francisco I. Madero.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Construcción de un prototipo de banco para el estudio de las Vibraciones Mecánicas</b> CÓRDOVA-LOPEZ, José Miguel, BÁEZ-MORATILLA, Pedro y HERNÁNDEZ-MORALES, Irma <i>Universidad Tecnológica de Oriental</i>	1-4
<b>Situación Actual de los jagüeyes del Corredor Industrial del Noreste de México</b> HOZ-ZAVALA, Ma. Elia Esther & NAVA-DIGUERO Pedro <i>Universidad Tecnológica de Altamira</i>	5-11
<b>Automatización de una caldera pirotubular utilizando el internet de las cosas como medida de monitoreo y seguridad</b> GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Andrés, GALLEGOS-BAÑUELOS, José Luis Guillermo, LÓPEZ-HERRERA, Jesús José Nicolás y CANTÚ-PÉREZ, Miguel Alejandro <i>Instituto Tecnológico de Chihuahua</i>	12-17
<b>Modelo bidimensional para el estudio y análisis de inundación en la ciudad de Durango, Dgo</b> BUSTAMANTE-ESPINOSA, Laura Virginia, HINOJOSA-LÓPEZ, Cesar Octavio y LLAGUDO-GUILBERTO, Oscar Jesús <i>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero</i>	18-25

**Construcción de un prototipo de banco para el estudio de las Vibraciones Mecánicas****Construction of a bench prototype for the study of Mechanical Vibrations**

CÓRDOVA-LOPEZ, José Miguel †\*, BÁEZ-MORATILLA, Pedro y HERNÁNDEZ-MORALES, Irma

*Universidad Tecnológica de Oriental*ID 1<sup>er</sup> Autor: *José Miguel, Córdova-López* / ORC ID: 0000-0002-6450-705X, Researcher ID Thomson: G-7950-2018, arXiv Author ID: 2213566, CVU CONACYT ID: 901270ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Pedro, Báez-Moratilla* / ORC ID: 0000-0002-1712-817X, Researcher ID Thomson: G-7949-2018, arXiv Author ID: 2213381, CVU CONACYT ID: 901268ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Irma, Hernández-Morales* / ORC ID: 0000-0003-1436-8546, Researcher ID Thomson: G-8122-2018, arXiv Author ID: 2213639, CVU CONACYT ID: 168156

Recibido 08 Septiembre, 2018; Aceptado 12 Diciembre, 2018

**Resumen**

Es importante que los ingenieros y técnicos del Mantenimiento tengan conocimientos sólidos de sobre los efectos negativos que se presentan en las máquinas debido al exceso de vibraciones mecánicas, este proyecto tecnológico es realizado por los alumnos del onceavo cuatrimestre de Ingeniería en Mantenimiento Industrial y fue dirigido por el cuerpo académico de la Universidad Tecnológica de Oriental, el prototipo está construido con material de acero al carbono, con un disco para contrapesos del mismo material y un acoplamiento mecánico flexible de aluminio y es impulsado por un motor eléctrico de 1.5 caballos de poder. El objetivo de construir un banco de vibraciones mecánicas es facilitar la comprensión del comportamiento de las vibraciones mecánicas en los mecanismos y los efectos que se presentan en los mismos, tales como: daños prematuros en los cuerpos rodantes y las bases de los equipos, el prototipo será utilizado para dar cursos de capacitación sobre vibraciones mecánicas y mantenimiento predictivo en empresas, además de que servirá de apoyo didáctico para impartir materias en los programas educativos de TSU en Mantenimiento Área Industrial e Ingeniería en Mantenimiento Industrial, en el caso específico de mantenimiento predictivo mecánico, máquinas y mecanismos.

**Mantenimiento, Vibraciones, Maquinas****Abstract**

It is important that maintenance engineers and technicians have solid knowledge of the negative effects that occur in the machines due to the excessive mechanical vibrations, this technological project is carried out by the students of the eleventh semester of Industrial Maintenance Engineering and was directed by the academic body of Technological University of Oriental, the prototype is built with a carbon steel material, a disc for counterweights of the same material and a flexible mechanical aluminum connection, driven by an electric motor of 1.5 horsepower. The objective of building a mechanical vibration bank is to facilitate the understanding of the behavior of mechanical vibrations in the mechanisms and the effects that occur in them, such as premature damage to the rolling bodies and the bases of the equipment, the prototypes will be used to give training courses on mechanical vibrations and maintenance predictive in companies besides to teaching some subjects in educational programs of TSU in Maintenance Industrial Area and in Engineering in Industrial Maintenance, like specific case machines and mechanisms and predictive maintenance.

**Maintenance, Vibrations, Machines**

**Citación:** CÓRDOVA-LOPEZ, José Miguel, BÁEZ-MORATILLA, Pedro y HERNÁNDEZ-MORALES, Irma. Construcción de un prototipo de banco para el estudio de las Vibraciones Mecánicas. Revista de Ingeniería Mecánica. 2018. 2-8: 1-4.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [coordinacion\\_mantenimientoindustrial@uto.edu.mx](mailto:coordinacion_mantenimientoindustrial@uto.edu.mx))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

*¿Como puedo demostrar el comportamiento de las vibraciones mecánicas en los mecanismos y sus efectos?*

El interés de realizar el proyecto de investigación surge en el año 2013 en la materia de máquinas y mecanismos en donde se presenta la siguiente problemática, “*El laboratorio de mecánica no cuenta con equipo especializado para observar el comportamiento de las vibraciones mecánicas en las máquinas*”, para el TSU en mantenimiento área industrial es importante comprender el comportamiento de las vibraciones mecánicas, para la aplicación de mantenimiento predictivo. Se puede definir que una vibración mecánica como: *El movimiento de un cuerpo en un solo sentido de manera repetida sí que sufra un desplazamiento a los costados.*

Para (Genaro Mosquera, 2001) la moderna tecnología proporciona una serie de métodos que permite una evaluación exterior de las condiciones internas de la máquina, como lo es el estudio de las vibraciones mecánicas. Cuando los conocimientos de vibraciones mecánicas son carentes en los técnicos e ingenieros en mantenimiento, esta situación puede ser un factor limitante para la aplicación de mantenimiento preventivo, mantenimiento basado en la confiabilidad y mantenimiento predictivo, es por tal motivo que surge la necesidad cubrir las deficiencias de los egresados de mantenimiento en conocimientos relacionados con vibraciones mecánicas, para esto se propone la construcción de un prototipo para el estudio del vibraciones mecánicas que al mismo tiempo sirva como equipo didáctico.

Según (Genaro Mosquera, 2001) las vibraciones mecánicas son el resultado de la transmisión de fuerzas, que resultan en desgaste de los mecanismos.

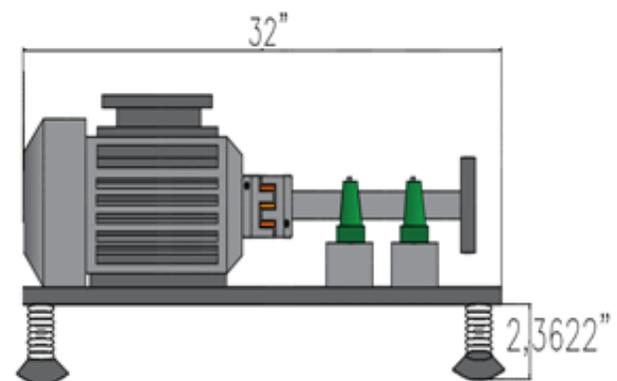
Actualmente existen en el mercado bancos para el estudio de las vibraciones mecánicas con un costo de setenta y cinco mil pesos, así pues cierta catidad monetaria puede ser determinate, para la adquisición de equipamiento tecnológico en instituciones de educación tecnológica.

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

### Metodología

El proyecto inicia como parte de las actividades de la materia de integradora II que se imparte a nivel ingeniería, el equipo de trabajo está integrado por 7 alumnos en donde cada uno de ellos tiene diferentes responsabilidades, tres estudiantes son constructores, dos se encargan de la selección de materiales y los dos restantes se dedican al diseño del prototipo. Las actividades se estructuran de la siguiente forma.

1. Se organiza una lluvia de ideas para encontrar el mejor diseño del prototipo que valla de acuerdo con las necesidades de la problemática (presupuesto y tiempo de construcción).



**Figura 1** Bosquejo final

Fuente: *Elaboración Propia*

2. El grupo de trabajo se reúne una vez más con la finalidad de seleccionar el tipo de materiales con el que se construirá el prototipo, el equipo decide que el prototipo se construirá en acero cold rolled, por su resistencia mecánica, abundancia en el mercado y bajo costo.
3. Se inicia la construcción del prototipo en el laboratorio de mecánica. Para la construcción del mismo se utiliza, torno convencional, planta soldadora, taladro de banco, esmeriladora angular.



**Figura 2** Chumacera y eje de acero cold rolled  
Fuente: *Elaboración Propia*



**Figura 3** Base de cold rolled  
Fuente: *Elaboración Propia*

4. Descripción de materiales: los materiales que se utilizan para construcción en su mayoría son de acero al carbon y son comunes en el mercado de los aceros.

Componentes mecánicos y materiales	Características técnicas	Observaciones
Eje mecánico	Dimensiones: 19.685" largo x 1.5" diámetro.	Material: acero al carbón.
Chumaceras	Dimensiones: 1" de diámetro interior, grosor de 1.5", base: longitud 5.5", modelo de chumacera P205.	Material: acero fundido
Base	Angulo de 1" x 3/16" Dimensiones: 32" de longitud x 18" ancho	Material: acero al carbón, la base esta unida con soldadura de arco eléctrico atraves de un electrodo 6013 de un 1/8"
Disco para contra pesos	Diámetro 7.8"	Material acero al carbón
Acoplamiento mecánico	Acople flexible de quijadas Diámetro 2,36" con un barreno de acoplamiento de 1"	Material: aluminio y polímero
Motor eléctrico	Siemens de 1.5 caballos.	Voltaje de funcionamiento 220 voltios
Resortes	Dimensiones: 1/2" de diámetro x 2.3 "	Material: acero al carbón

**Tabla 1** Descripción de materiales  
Fuente: *Elaboración Propia*

5. Pruebas de funcionamiento, el prototipo funciona y no tiene problemas de vibración ya que los cuerpos rodantes fueron maquinados con precisión, cuando se coloca un peso de 50 gramos en el plato, el banco muestra vibracion.

### Resultados

En cuanto a las pruebas de funcionamiento del banco de vibraciones mecánicas los resultados fueron los esperados, ya que el prototipo gira a 1700 RPM no causa una vibración extra que pueda alterar los resultados de la práctica, por otro lado, la estructura general de acero se percibe a simple vista resistente, a continuación, se muestran los resultados de las pruebas de pilotaje del prototipo.

Numero de Prueba	Peso en gramos	Tiempo en segundos	Observaciones
1	50	10	Se puede observar que el prototipo vibra, sin embargo, dicha vibración es absorbida por los amortiguadores del mismo prototipo (no se presenta desplazamiento en ningún sentido).
2	100	10	Se observa mayor vibración en el prototipo y este mismo se desplaza en hacia un lado, además de que el nivel de ruido aumenta.
3	150	10	Se observa un incremento de vibración considerable con respecto a las dos anteriores pruebas, el prototipo brinca y hace mucho ruido, la prueba solo dura 4 segundos

**Tabla 2** Resultados de prueba de pilotaje  
Fuente: *Elaboración propia*



**Figura 4** Prototipo Final  
Fuente: *Elaboración Propia*

Se ha encontrado que el banco de vibraciones funciona y muestra el cómo se comporta las vibraciones mecánicas en las máquinas y los daños prematuros que pueden causar en los mecanismos, así mismo los resultados obtenidos permitirá un pensamiento crítico, sobre las causas que provocan las vibraciones y los daños que prematuros en los mecanismos, soportes y sobretodo en los cuerpos rodantes (rodamientos).

### Discusiones y conclusiones

La mejor forma de poder observar el comportamiento de las vibraciones mecánicas es a través de un banco de vibraciones mecánicas, con base a los resultados obtenidos durante las pruebas de funcionamiento se puede concluir que el prototipo para el estudio de vibraciones mecánicas funciona, como se tenía planteado, ya que realmente se puede observar el comportamiento de las vibraciones mecánicas en los mecanismos y los daños prematuros que se pueden presentar a causa de estas.

Estamos cocientes que en este trabajo no se presentan una técnica para medir las vibraciones, sin embargo, ya se está buscando en una solución costeable para medir el comportamiento de las vibraciones mecánicas en tiempo real. Para finalizar es importante recalcar que las pruebas que se realizaron son de pilotaje y que el prototipo será utilizado como un equipo didáctico, para la capacitación en temas relacionados con vibraciones mecánicas, mantenimiento RCM y mantenimiento predictivo.

### Referencias

Abascal, J. D. (2016). *Teoría de máquinas y mecanismos*. Sevilla: Universidad de Sevilla-Secretariado de Publicaciones.

Ferdinand Pierre Beer, E. R. (2010). *Mecánica vectorial para ingenieros*. España: McGraw-Hill

Genaro Mosquera, M. d. (2001). *Las Vibraciones mecánicas y su aplicación al mantenimiento predictivo*. Caracas: Isid.

Nicolas Perez, C. P. (2015). Determinación de la frecuencia natural de Vibración de una Barra. Parte 1, estudio experimental utilizando tarjetes de sonido. *Revista de enseñanza de la física*, 385-390.

Robert F. Steidel, J. (1991). *Introducción al estudio de las vibraciones mecánicas*. México: CECSA.

Robert L. Mott, P. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson Educación.

Tipeens, P. E. (2007). *Física conceptos y aplicaciones*. México: Mac Graw Hill.

Villanueva, E. D. (2014). *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*. México: Editorial Patria.

### Agradecimientos

Es importante agradecer el apoyo brindado por la dirección académica de la Universidad Tecnológica de Oriental por el respaldo a la superción docente, además debo de reconocer el trabajo colaborativo de los alumnos de Onceavo cuatrimestre de ingeniería en Mantenimiento Industrial. siempre agradecido a ustedes.

## Situación Actual de los jagüeyes del Corredor Industrial del Noreste de México

### Current Status of the jagüeyes in the Industrial Corridor of North-East México

HOZ-ZAVALA, Ma. Elia Esther†\* & NAVA-DIGUERO Pedro

*Universidad Tecnológica de Altamira*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Ma. Elia Esther, Hoz -Zavala / ORC ID: 0000-0002-3005-4769, CVU CONACYT ID: 432943

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Pedro, Nava-Diguero / ORC ID: 0000-0002-4980-227X, CVU CONACYT ID: 170330

Recibido 25 Agosto, 2018; Aceptado 25 Noviembre, 2018

#### Resumen

El estado de Tamaulipas en México, cuenta con gran cantidad de recursos hídricos naturales, uno de los cuales son los jagüeyes, reservorios que se caracterizan por ser de dimensiones pequeñas, de 1 a 3 hectáreas, siendo su principal recarga el agua proveniente de precipitación pluvial y de manto freático. Se han registrado más de 80 jagüeyes en todo el estado y 20 de ellos dentro del corredor industrial de Altamira, al sur del mismo. En la actualidad, los 20 existentes en Altamira muestran evidentes alteraciones, lo que ha llevado a que estén en estado vulnerable, ejerciendo sobre ellos deterioro por el uso que le da la industria como receptores de agua de oxidación. Para este estudio se muestreó uno de los jagüeyes conocido como Laguna del Conejo, que es el de mayor dimensión en la zona y al que se le midieron varios parámetros fisicoquímicos, centrándose principalmente en DQO que arrojó valores entre 12 a 500 mg.l<sup>-1</sup>, pH entre 6.8 y 8.4, conductividad entre 1000 y 1650  $\mu$ S.cm<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos de DQO indican que hay una gran variación de la materia orgánica presente, alta conductividad y un pH básico. Este cuerpo de agua se está viendo modificado por las descargas de agua residual industrial, incidiendo también en el manto freático.

#### Jagüeyes, Reservorios, Tamaulipas

#### Abstract

Tamaulipas state in México has a large amount of natural water resources, one of which are the jagüeyes, reservoirs that are characterized by being small, from 1 to 3 hectares, with the main resource being water from both pluvial precipitation and the subsurface water table. More than 80 jagüeyes have been registered throughout the state and 20 of them within Altamira's industrial corridor to the south of it. Presently, the 20 existing in Altamira show obvious changes, the likes of which have led to their being in a vulnerable state, exerting over them deterioration due to the use that the industry gives as recipients of oxidation water. For this study we sampled one of the jagüeyes known as Laguna del Conejo, which is the largest in the area and which had measured several physicochemical parameters, focusing mainly on COD that gave values between 12 to 500 mg.l<sup>-1</sup>, pH between 6.82 and 8.4, conductivity between 1000 and 1650  $\mu$ S.cm<sup>-1</sup>. The results obtained from COD indicate that there is a great variability of the organic matter present, high conductivity and a basic pH. This body of water is being modified by the discharges of industrial wastewater, which is also affecting the subsurface water table.

#### Jagüeyes, Reservoirs, Tamaulipas

**Citación:** HOZ-ZAVALA, Ma. Elia Esther & NAVA-DIGUERO Pedro. Situación Actual de los jagüeyes del Corredor Industrial del Noreste de México. Revista de Ingeniería Mecánica. 2018. 2-8: 5-11.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mhoz@utaltamira.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Conforme la población mundial crece, se van ocasionando grandes presiones sobre los recursos naturales renovables y no renovables, y uno de los recursos que más presión ha tenido es el hídrico, ocasionando una sobreexplotación de reservorios y acuíferos naturales. En Tamaulipas, para el 2010, se extraían, de aguas superficiales,  $3,427 \text{ hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$  que correspondía al 90.2% y de acuíferos  $374 \text{ hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$ , que equivalía al 9.8 % (CNA, 2010).

En el 2015, el reporte, para agua de uso consuntivo en Tamaulipas, fue de  $4,215.1 \text{ hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$ , correspondiendo a  $3754 \text{ hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$  al agua superficial que equivale al 89.06% y  $461 \text{ hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$  de agua subterránea, que es el 10.94%. Se encontró que los sectores que más uso de agua ocupan son el Agrícola, el de Abastecimiento público, el de Industria autoabastecida y finalmente el de Energía eléctrica. Sin considerar el agua de abastecimiento a la población. (CNA, 2015).

En Altamira, al sur de Tamaulipas, se concentran dos de las actividades más importantes del Estado que son el agrícola y el industrial, lo que ha llevado a un rápido crecimiento poblacional del municipio, aledaño al corredor industrial y al puerto de Altamira. Este municipio era considerado hasta 1990 como zona rural, con una población de 82,585 habitantes (INEGI, 1995), dedicada principalmente a la agricultura y donde el desarrollo industrial apenas se estaba consolidando, estableciéndose en aquel entonces, aproximadamente 25 plantas industriales.

En la actualidad Altamira cuenta con 235,066 habitantes (INEGI, 2018), por ello, pasó a ser considerada zona urbana y como refiere Salmerón et al, 2015 el fenómeno de expansión urbana está llevando a que la ciudad se traslade a lugares cercanos a las principales zonas de influencia. Tal es el caso de Altamira, en relación al corredor industrial, lo que ha llevado a una mayor sobreexplotación del agua de las lagunas que surten a la ciudad conocidas como Laguna de la Puerta y Laguna de Champayan, que se conectan con el Río Tamesí; pero que, al usarse también para riego agrícola y para captación de agua cruda para los procesos industriales, llegó a ser insuficiente para surtir la demanda requerida de esos sectores.

Aunado a esto, las demandas de servicios urbanos, generados por el crecimiento de asentamientos urbanos en la localidad, dieron pie a que se empezaran a usar con mayor frecuencia los pequeños reservorios inmersos en el corredor industrial. Todo esto ha llevado a un impacto sobre los cuerpos naturales existentes dentro de la zona de Altamira, conocidos como jagüeyes. En el 2000, Hoz y De La Lanza reportaban veinte de estos tipos de cuerpos de agua y referían que, ya para entonces, se les consideraban impactados por las actividades antropogénicas realizadas.

En la actualidad, dieciocho años después de haberse realizado la primera identificación y establecido la situación de los jagüeyes, se les sigue impactando y alterando, para lograr el desarrollo urbano del municipio de Altamira y el desarrollo y crecimiento industrial. Actualmente, cuenta con más de 80 industrias químicas, petroquímicas, de manufactura y de servicio, aunado al crecimiento portuario. Mismos que, lógicamente, como bien menciona Handal, 2017, están provocando altos índices de contaminación del agua, deterioro de ecosistemas y pérdida de biodiversidad, lo que finalmente lleva a la escasez del preciado líquido. Esto se vuelve un problema, inherente al desarrollo industrial y social, que no se sabe cómo revertir.

Hoy en día, el rápido aumento poblacional de Altamira y la necesidad de crear infraestructura habitacional y servicios como agua, luz y, drenaje están moviendo a la población al corredor industrial, que es el que contiene a los veinte jagüeyes naturales que aún quedan. Sin embargo, la ocupación de los terrenos está ocasionando que o se rellenen los reservorios o se estén usando como fosas de oxidación o sean drenados para construir calles o nuevas industrias o para ampliar las vialidades que llegan al puerto o para construir puentes que agilicen el tráfico vehicular.

De ahí la importancia de establecer la situación real que guardan, en este momento, este tipo de reservorios naturales del noreste de México. Así como realizar análisis fisicoquímicos que nos permitan aportar información sobre las modificaciones que se están dando en ellos, por los impactos generados por la población, industria y el desarrollo portuario que se está dando en el sitio.

Con ello, se hará patente la necesidad de detener su acelerada destrucción, Especialmente, si consideramos que, desde los reportes de Prieto en 1873, estos jagüeyes han dado sustento a los pobladores del noreste de México.

### Metodología

El área de estudio se localiza a los 22° 25' 44" de Latitud NTE, y a 97° 52' 59" de Longitud Oeste, a una altitud de 3 pies (un metro), en el denominado Corredor Industrial de Altamira que está a 1.5 km de la ciudad de Altamira (Ver Figura1). Dentro de esta área se encuentran jagüeyes no mayores a tres hectáreas, con excepción de la denominada Laguna del Conejo, que es un jagüey tipificado con más de 14 hectáreas (Fierro et al, 2009). Éste es el que se seleccionó para el estudio, por abarcar una extensión mayor, al interior del Corredor Industrial; y también por ser un cuerpo de agua que recibe el mayor impacto de descargas de agua derivadas de los procesos industriales de diversas industrias aledañas al citado jagüey (Ver figura 2).



**Figura 1** Área de Estudio.  
Fuente: Google Map 2018

Hoz y De La Lanza en el año 2000, refieren que los jagüeyes reciben su recarga principalmente de la precipitación pluvial y del manto freático. No presentan conexión directa con ríos, lagunas o mar. Muchos de ellos son temporales, por presentarse llenos solamente en época de lluvias y otros perennes, por recibir continua aportación del manto freático del lugar.

En cuanto a la vegetación, la más característica es el Huizache (*Acacia farnesiana*) típica de la zona costera y variedades de cactáceas, principalmente las del género *Opuntia sp.*

En lo referente a la fauna, la más característica es el mapache, el coyote, y diversos tipos de roedores; todos ellos indicadores de deterioro ambiental y en contadas ocasiones, incluso se han reportado, en el corredor industrial, oso hormiguero y gato montés. No obstante, la mayoría de la fauna silvestre se ha ido perdiendo, por todas las actividades de desarrollo humano que se están realizando en la zona.



**Figura 2** Foto del Jagüey del Conejo  
Fuente: Cesar Hernández 2018

Se seleccionaron dos puntos de muestreo: uno localizado al interior de la Universidad Tecnológica de Altamira, al noreste del corredor industrial, y otro en su lado central, en dirección sureste, a 200 metros de la entrada de la Pequeña y Mediana Industria, y a 800 metros del Centro de Investigación del Tecnológico de Ciudad Madero. La selección se realizó en función de la viabilidad de acceso a los sitios de muestreo. El jagüey está rodeado por asentamientos industriales en los que no es permitida fácilmente la entrada a las empresas, lo que limita establecer más puntos de muestreo.

El muestreo y análisis se realizó de enero a junio de 2018 de forma semanal, tomando como referencia la NMX-AA-014-1980, y se determinaron los parámetros fisicoquímicos de Temperatura, Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, Conductividad, Sólidos Sedimentables (SS) y Sólidos Disueltos Totales (SDT).

Se realizaron observaciones de protozoarios en microscopio compuesto marca Zeiss, para identificación de indicadores de impacto y de calidad de agua apoyándonos para la identificación en la Guía de identificación de protozoarios de Jahn L. and Jahn F., 1949, y en la microbiología de lodos activados de Moeller y Tomasini. s/a

Las técnicas de análisis se basaron en las Normas Mexicanas. Para Temperatura, la NMX-AA-007-SCFI-2013, para DQO, la NMX-AA-030/1-SCFI-2012 y la NMX-AA-030/2-SCFI-2011; para Conductividad la NMX-AA-093-SCFI-2000; para pH, la NMX-AA-008-SCFI-2016; para determinación de Sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, la NMX-AA-034-SCFI-2015; para Sólidos sedimentables, la NMX-AA-004-SCFI-2013 y el Método Estándar de la EPA (1963) y la American Public Health Association (APHA) (1976,1995). Se tomaron como referencia de concentraciones permisibles los valores establecidos en los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE-CCA-001/89. (SEDUE, 1989) y en la NOM-001-ECOL-1996. (DOF, 1997), la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

## Resultados

Los resultados obtenidos de los análisis realizados durante el período de enero-junio de 2018, se muestran en las Tablas 1.2, y 2.2; A dichos valores se les anexan en las Tablas 1.1 y 2.1 los criterios ecológicos de calidad de agua y el límite máximo permisible para descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales que permitirán establecer un análisis comparativo con lo obtenido en el jagüey para visualizar la situación en que se encuentra en la actualidad.

Parámetro	CE-CCA-001	NOM-001/ECO
Temperatura, °C	Cond nat	40
pH	5-9	7-9
Conductividad, $\mu\text{S.cm}^{-1}$	1	No especifica
Sólidos Sedimentables, $\text{ml.l}^{-1}$	No reduce act fotosintética	1
SDT, $\text{mg.l}^{-1}$ (ppm)	500	No hay dato
DQO, $\text{mg.l}^{-1}$	No hay dato	No hay dato
Protozoarios indicadores	No se considera	No se considera

**Tabla 1.1** Cuadro de resultados de análisis fisicoquímicos esperados en jagüey, lado Noreste al interior de la UTA Altamira (CE-CCA-001 y NOM-001/ECO).

Fuente: Elaboración Propia

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Temperatura, °C	28	30	30	32	32	33
pH	7.3	7.2	7.3	7.3	7.6	7.6
Conductividad, $\mu\text{S.cm}^{-1}$	1098	1000	1100	1476	1545	1610
Sólidos Sedimentables, $\text{ml.l}^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1
SDT, $\text{mg.l}^{-1}$ (ppm)	900	945	1020	1240	1100	780
DQO, $\text{mg.l}^{-1}$	47	68	195	585	663	722
Protozoarios indicadores	ciliados	ciliados	ciliados	ciliados	ciliados	ciliado

**Tabla 1.2** Cuadro de resultados de análisis fisicoquímicos obtenidos en jagüey, lado Noreste al interior de la UTA Altamira (Promedio mensual)

Fuente: Elaboración Propia

Considerando los criterios de calidad del agua se observa que los datos obtenidos de los análisis realizados indican afectación en el cuerpo de agua. A lo largo de los seis meses se obtuvieron resultados muy variables, pero los valores obtenidos de DQO indican la existencia de materia orgánica, la cual puede provenir de descargas de aguas residuales de origen municipal y no municipal. Significa que hay vertimientos no controlados al cuerpo de agua, Este cuerpo de agua no debería presentar recepción de descargas. Sin embargo, en la revisión en campo, se observaron tubos de descargas, cuya procedencia no se pudo determinar, pero que están directamente sobre el cuerpo de agua, al que usan como receptor.

Por otra parte, los datos de conductividad registrados son altos, mayores a  $1000 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ; lo mismo que los SDT, que van de 900 a más de  $1000 \text{mg.l}^{-1}$ . Eso nos indica intrusión salina de la línea de costa aledaña al cuerpo de agua, que incide directamente sobre el manto freático. Además, si tomamos como referencia los datos que usa la CONAGUA para evaluar la salinización de aguas subterráneas, por medio de la concentración de SDT, se considera que la presencia de SDT entre 1000 a 2000  $\text{mg/l}$ , indica aguas ligeramente salobres. También estos datos por las concentraciones referidas pueden provenir de vertidos de origen industrial.

Los valores de Sólidos Disueltos Totales obtenidos, también indican que entre mayor sea su concentración, mayor será el incremento de la Dureza, puesto que existe una correlación directa entre SDT y Dureza total, ya que el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) es la mayor concentración de los Sólidos Disueltos presentes en el agua.

Cabe mencionar que, de igual modo, la alta Conductividad va referida al incremento de la Dureza y, por ende, a la presencia de SDT. Estos datos ya nos indican modificaciones en las condiciones naturales del cuerpo de agua, pues, acorde a los criterios ecológicos de calidad de agua los valores obtenidos sobrepasan los valores que deben mantenerse en un cuerpo de agua natural.

Parámetro	CE-CCA-001	NOM-001/ECO
Temperatura, °C	Cond nat	40
pH	5-9	7-9
Conductividad, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	1	No especifica
Solidos Sedimentables, $\text{ml}\cdot\text{l}^{-1}$	No reduce act fotosintética	1
SDT, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (ppm)	500	No hay dato
DQO, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	No hay dato	No hay dato
Protozoarios indicadores	sp	No aplica

**Tabla 2.1** Cuadro de resultados de análisis fisicoquímicos esperados en jagüey, punto central de la laguna. Sureste del Corredor (CE-CCA-001 y NOM-001/ECO)

Fuente: Elaboración Propia

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Temperatura, °C	28	30	30	32	32	35
pH	6.8	7.3	7.8	8.0	8.3	8.4
Conductividad, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	1098	1200	1350	1476	1545	1645
Solidos Sedimentables, $\text{ml}\cdot\text{l}^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1
SDT, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (ppm)	900	945	1020	1240	1100	780
DQO, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	12	47	214	395	215	584
Protozoarios indicadores	cilia dos	ciliados				

**Tabla 2.2** Cuadro de resultados de análisis fisicoquímicos obtenidos en jagüey, punto central de la laguna. Sureste del Corredor Industrial (Promedio mensual)

Fuente: Elaboración Propia

En las tablas 1.1, 1.2, 2.1 y 2.2 los datos obtenidos muestran gran variabilidad en lo referente a los resultados de DQO. De acuerdo a los criterios de calidad del agua dados por CONAGUA, en el 2016, un indicador que muestra una DQO entre 40 y mayor a 200 es un tipo de agua superficial que se cataloga entre contaminada y fuertemente contaminada. Es el caso del Jagüey en estudio.

Las DQO en las muestras tomadas en la parte Noreste del corredor industrial son más altas, lo que indica una disminución de oxígeno, alta concentración de materia orgánica no biodegradable y posibles descargas industriales al Jagüey. Esta concentración elevada en este punto sugiere influencia de los vientos dominantes del sureste.

Lo que debe preocupar es la presencia en aumento de Materia Orgánica y de Sólidos Disueltos que muestran que se está impactando a este jagüey, promoviendo su deterioro.

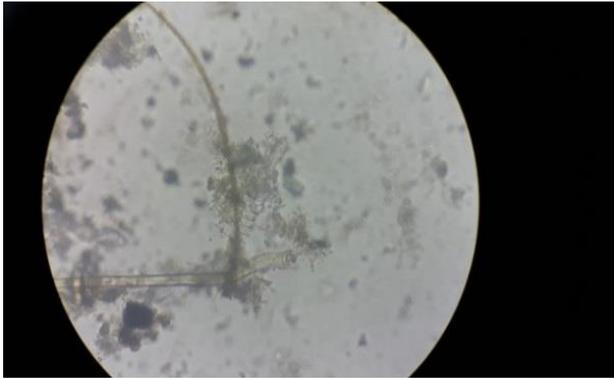
Hay, en la zona, aproximadamente, de cinco a ocho industrias grandes y asentamientos humanos, como el Ejido Armenta y la Pedrera, además de las pequeñas industrias y entidades educativas que están aledañas a la Laguna del Conejo y de otras lagunas y Jagüeyes. La zona Este del corredor industrial de Altamira está conformada por un sistema de lagunas que comprende la del Conejo (Ver figura 3), objeto de este estudio, pero también se encuentran ahí la Laguna del Chango (en la parte posterior de la planta industrial Kaltex), el Cañón, el Sauz, San Jaure, El Gringo, La Aguada Grande y la Laguna del Burro, al interior de la Zona de la Pedrera



**Figura 3** Foto del Jagüey del Conejo desde la UTAltamira  
Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, se hicieron observaciones al microscopio, del agua muestreada del jagüey, y se observaron diversos tipos de protozoarios (Ver figura 4)

La presencia más relevante de protozoarios encontrados fue de ciliados entre los observados, se encontró a *Chilodonella* sp., que se caracteriza por encontrarse en aguas estancadas o de poco movimiento, como es el caso de la Laguna del Conejo. También se observó a *Colpidium* sp., que es característico de cuerpos de agua con alta concentración de materia orgánica, y a *Paramecium* sp., también característico de aguas con elevada carga de materia orgánica



**Figura 4** Observación de protozoarios  
Fuente: *Elaboración Propia*

### Conclusión

Los resultados obtenidos de DQO, SDT, pH, Conductividad y Protozoarios observados muestran que, acorde a los criterios de calidad de agua de cuerpos naturales y a la NOM-001-ECOL-1996, el jagüey conocido como La Laguna del Conejo está siendo seriamente afectado promoviendo su deterioro y posible destrucción en pocos años, de no tomarse las medidas necesarias para impedirlo.

El desarrollo antropogénico acelerado que se está presentando en el corredor industrial de Altamira con la entrada de nuevas plantas industriales y empresas, aunado a los nuevos desarrollos habitacionales, la construcción de nuevas vías de tránsito y de puentes, para mayor flujo vial, algunos de ellos muy cercanos al cuerpo de agua, están acelerando los impactos y promoviendo la contaminación

Asimismo, las descargas clandestinas de posibles aguas industriales y, seguramente, también urbanas incrementan en mucho la contaminación al cuerpo de agua. Ello está provocando la destrucción acelerada de la Laguna y también están impactando al manto freático, principal fuente de abastecimiento para los jagüeyes más pequeños que se encuentran cercanos a éste, que es el de mayor tamaño. De no tomar las medidas para detener el daño. La Laguna del Conejo se convertirá en una enorme laguna de oxidación.

### Referencias

American Public Health Association (APHA). (1976) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th edn. American Public Health Association, Washington D.C.

American Public Health Association (APHA). (1995) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edn. American Public Health Association, Washington D.C.

Anonymous (1963) Métodos Estándar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho. Undecina Edición. Editorial Interamericana. S.A. México

Comisión Nacional del Agua, (2010). Estadísticas del agua en México. Edición 2010. Editor. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 250 p.

Comisión Nacional del Agua, (2016). Estadísticas del agua en México. Edición 2016. Editor. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Planeación. México. 282 p.

CONAGUA. (2016). Atlas del Agua en México. SEMARNAT y CONAGUA. México. México. Octubre de 2016. 140 pp.

Diario Oficial de la Federación (DOF), (1997). Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. DOF. Tomo DXX No. 3. México, D.F. Lunes 6 de enero de 1997. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Pág 68-85.

Fierro-Cabo, A.; F. González-Medrano; C. Zamora-Tovar y A. D. Vázquez-Lule. Caracterización del sitio de manglar Miramar, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F

Handal-Silva A., Pérez-Castresana, G., Morán-Perales, J., y García-Suastegui, W. 2017. Historia de la contaminación Hídrica del Alto Balsas. Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable 2017. Vol. 3 No. 9 Octubre-Diciembre 2017. 10-23 Ecorfan-Bolivia. ISSN 2414-4932.

Hoz Zavala Elia y Guadalupe De La Lanza Espino, 2000. Limnology and pollution of a small, shallow tropical water-body (jagüey) in North- East Mexico. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 2000 5: 249-260.

INEGI (2018), Cuéntame de México. Información por entidad en: [Cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tam/poblacion/default.aspx?tema](http://Cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tam/poblacion/default.aspx?tema). Consultado en marzo de 2018.

INEGI, Tamaulipas. (1997). Censo de Población y Vivienda 1995. Perfil Sociodemográfico. 1997. Población. INEGI, 1997. 8p. En: [internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/producto/historicos/2014/702825493202/702825493202\\_3.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/producto/historicos/2014/702825493202/702825493202_3.pdf). Consultado en Marzo de 2018.

JAHN LOUIS AND JAHN FLOED. (1949)., How To Know The Protozoa. WM. C. Brown company Publishers, Duburque. Iowa. U.S.A. Pictured-Key Nature Series

Moeller G., y Tomasini Ortiz A.C., s/a., Microbiología de lodos activados. En: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/5Microbiologiadelodosactivados.pdf>. Consultado en enero de 2018.

NMX-AA-004-SCFI-2013. Análisis de agua-medición de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba. Secretaría de Economía. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de noviembre de 2013.

NMX-AA-007-SCFI-2013. Análisis de agua-medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba. Secretaría de Economía. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de enero de 2014.

NMX-AA-008-SCFI-2016. Análisis de agua-medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba. Secretaría de Economía. Publicada en el Diario Oficial de la Federación

NMX-AA-014-1980. Cuerpos receptores-Muestreo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de Septiembre de 1980.

NMX-AA-030/1-SCFI-2012. Análisis de agua-medición de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.- método de prueba-parte 1-método de refluo abierto. Secretaría de Economía. Publicada en el Diario Oficial de la Federación.

NMX-AA-030/2-SCFI-2011. Análisis de agua-determinación de la Demanda Química de Oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba-parte2-determinación del índice de la Demanda Química de Oxígeno-Método de tubo sellado a pequeña escala. Secretaría de Economía. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de junio de 2013.

NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de agua-medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba. Secretaría de Economía. Publicada en el Diario Oficial de la Federación.

NMX-AA-093-SCFI-2000. Análisis de agua-determinación de la conductividad electrolítica-método de prueba. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. DGN. Publicada en el Diario Oficial de la Federación.

Salmerón, A., López M., Cortes E., y Mata, E., 2015. Barra vieja y la expansión urbana del municipio de Acapulco de Juárez Gro, 2015. *Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable*. Diciembre 2015 Vol 1 No. 1 Octubre-Diciembre 2015. 1-8 ECORFAN-Bolivia. ISSN 24114-4932

SEDUE, 1989. Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE-CCA-001/89. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Publicado en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1989. Tomo CDXXX, No. 9. México, D.F.

## Automatización de una caldera pirotubular utilizando el internet de las cosas como medida de monitoreo y seguridad

### Automation of a pirotubular boiler using the internet of things as a measure of monitoring and safety

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Andrés†\*, GALLEGOS-BAÑUELOS, José Luis Guillermo, LÓPEZ-HERRERA, Jesús José Nicolás y CANTÚ-PÉREZ, Miguel Alejandro

*Instituto Tecnológico de Chihuahua -Tecnológico Nacional de México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Andrés, González-Rodríguez* / ORC ID: 0000-0001-9260-3866, Researcher ID Thomson: G-0607-2018, arXiv Author ID: 0000-0001-9260-3866, CVU CONACYT ID: 901097

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *José Luis Guillermo, Gallegos-Bañuelos* / ORC ID: 0000-0002-4804-6273, Researcher ID Thomson: G-6185-2018, arXiv Author ID: 0000-0002-4804-6273, CVU CONACYT ID: 455103

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Jesús José Nicolás, López-Herrera* / ORC ID: 0000-0001-8612-7261, Researcher ID Thomson: G-6518-2018, arXiv Author ID: 0000-0001-8612-7261, CVU CONACYT ID: 091818

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Miguel Alejandro, Cantú-Pérez* / ORC ID: 0000-0002-6842-3603, Researcher ID Thomson: G-6083-2018, arXiv Author ID: 0000-0002-6842-3603, CVU CONACYT ID: 901098

Recibido 20 Septiembre, 2018; Aceptado 30 Noviembre, 2018

#### Resumen

Para tener control de un proceso, es necesario la utilización de un sistema de control programable, el cual debe adaptarse a los requerimientos de diseño, procesar señales de los sensores y utilizar esta información para manejar los actuadores. En la actualidad, esto es posible pero no suficiente, ya que algunos procesos requieren de monitoreo constante en tiempo real, donde el usuario no siempre está presente. Para lograr esto, una opción factible es el uso de las aplicaciones móviles y el internet de las cosas que permitan la comunicación entre el proceso automatizado y el usuario, los cuales, al implementarse en la industria, dan lugar a la Revolución Industrial 4.0. En esta nueva industria un sistema interconectado nos da la posibilidad de un monitoreo en tiempo real vía remota, que brinde seguridad al operario. Las aplicaciones móviles, permiten tener un control completo de los sistemas vía remota, por lo que se propone un sistema de comunicación con una caldera pirotubular automatizada mediante un PLC localmente y controlada vía remota mediante un sistema embebido, una base de datos y una aplicación móvil que implementa alertas de seguridad y apagado de emergencia del equipo.

**Caldera, Control, Industria 4.0**

#### Abstract

To have control of a process it is necessary to use a programmable control system, which must adapt to the design requirements, processing sensor signals and use this information to manage the actuators. At present this is possible but not enough since some processes require constant real time monitoring, where the user is not always present. To achieve this, a feasible option is the use of mobile applications and the internet of things that allow communication between the automated process and the user, which when implemented in the industry gives rise to the Industrial Revolution 4.0. In this new industry an interconnected system gives us the possibility of a real-time remote monitoring, providing security to the operator. Mobile applications allow to have complete remote control of systems; so what was done was a communication system of an automated pyrotubular boiler locally using a PLC and controlled remotely by means of an embedded system, a database and a mobile application that implements security warning alerts and emergency shutdown of the equipment.

**Boiler, Control, Industry 4.0**

**Citación:** GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Andrés, GALLEGOS-BAÑUELOS, José Luis Guillermo, LÓPEZ-HERRERA, Jesús José Nicolás y CANTÚ-PÉREZ, Miguel Alejandro. Automatización de una caldera pirotubular utilizando el internet de las cosas como medida de monitoreo y seguridad. Revista de Ingeniería Mecánica. 2018. 2-8: 12-17.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: agonzalezr@itchihuahua.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La caldera es un dispositivo que produce agua sobrecalentada y genera vapor saturado a cierta presión por medio del poder calorífico de un combustible. Las calderas se clasifican en dos tipos generales: las piro tubulares y las acuotubulares. Una caldera piro tubular se caracteriza debido a que los gases calientes que se producen en la combustión pasan adentro de los tubos instalados adentro de la caldera, mientras que el agua se encuentra en contacto con la superficie exterior de los tubos [8].

A medida que los gases de combustión circulan por los tubos, éstos se enfrían y transfieren el calor al agua. [6].

La automatización con los PLC ha mejorado los beneficios para el control de las calderas principalmente en la velocidad de respuesta y en el buen funcionamiento del proceso en un estado seguro. Estos autómatas programables que forman parte del sistema de control mantienen el proceso dentro de los rangos o límites a los cuales se establecen.

Si se sobrepasan los niveles propuestos de control o un elemento no se comporta de la manera deseada, el controlador lógico podría mandar una alerta local en la zona de control, pero en caso de no haber alguien disponible, sería necesario que la alerta fuera enviada remotamente.

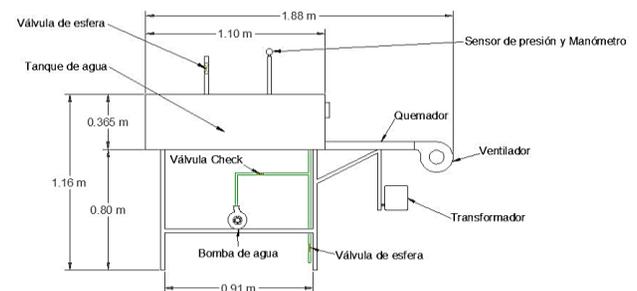
Para que el PLC sea capaz de hacer esto es necesario la implementación de un sistema IoT (internet de las cosas por sus siglas en inglés) el cual logra la comunicación a través de internet a tiempo real.

El internet de las cosas es la comunicación entre dispositivos vía internet para el manejo de procesos utilizando sistemas embebidos, aplicaciones móviles y la nube. Haciendo uso de esto el usuario puede utilizar un dispositivo móvil para interactuar y obtener información del sistema embebido a través de la nube para el monitoreo y control de las variables. Todo esto se incluye en el nuevo concepto conocido como industria 4.0 [3]

## Descripción de la caldera piro tubular

En este artículo se tiene una problemática específica a resolver la cual consiste en aplicar un sistema de monitoreo a una caldera piro tubular como herramienta de seguridad, por lo que el enfoque que se le da a esta investigación es de tipo aplicada. Se empezará a ver las diferentes tecnologías y sistemas que lo conforman, por lo que se empezará describiendo la caldera.

Como objeto de experimentación, se decidió automatizar una caldera piro tubular horizontal didáctica de 11 fluxes con un solo retorno y un volumen de 88 litros. La presión a la que se decidió trabajar por seguridad fue de 2 bar. Esta caldera requiere de varios dispositivos para funcionar, por lo cual se decidió hacer un estudio para la obtención y diseño de estos elementos, los cuales consistían en un quemador, bomba de agua, sensor de flama, sensor de presión, nivel de agua, ventilador y una electro válvula. Los elementos de la caldera y sus dimensiones se muestran en la figura 1.



**Figura 1** Dibujo de las dimensiones y partes de la caldera  
Fuente: *Elaboración Propia*

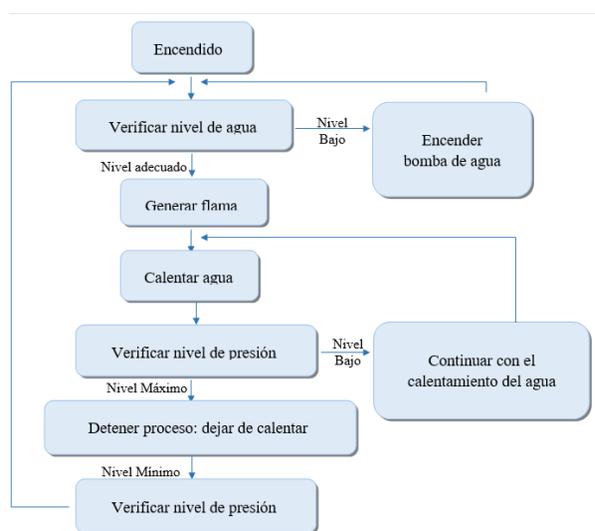
## Control propuesto para la caldera

Para el funcionamiento correcto y seguro del proceso de generación de vapor en la caldera, se deben de seguir ciertos pasos.

El primero de estos consiste en la verificación de la existencia de agua por medio del nivel; si no existe nivel suficiente se enciende la bomba hasta llegar al nivel deseado, después de esto, se realiza el barrido de los gases de combustión por un tiempo definido.

Cuando se concluye el barrido, comienza la ignición la cual consiste en activar el transformador (chispa del quemador) y abrir la electroválvula dejando pasar el gas; si existe flama, es detectada por el sensor y en caso de ausencia de flama se repite la ignición tres veces, si esto llega a suceder una cuarta vez, se hace otro barrido y se aborta el encendido.

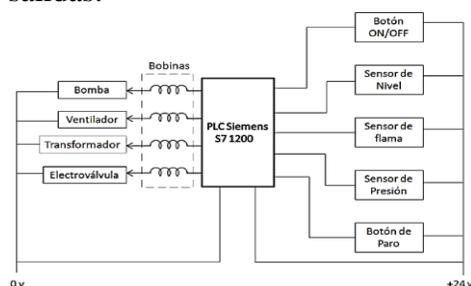
En caso de detectar flama el proceso no se detiene y prosigue a censar la cantidad de presión en la caldera hasta llegar a 2 bar, cuando esto sucede se apaga el quemador hasta que la presión disminuya a 1 bar, entonces el sistema inicia de nuevo en un ciclo continuo hasta que el usuario lo detenga. Esta secuencia se muestra de forma resumida en la figura 2.



**Figura 2** Flujo del proceso funcional de la caldera  
Fuente: Elaboración Propia

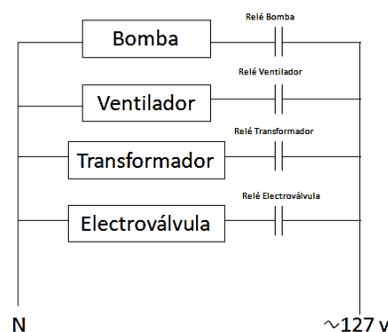
## Automatización

El controlador utilizado para llevar a cabo la automatización de la caldera fue un SIMATIC S7-1200 con CPU 1215C DC/DC/RLY. Se usó el software TIA portal V13 de SIMENS. Las conexiones de control de los componentes se muestran en la figura 3 en donde se muestra de derecha a izquierda las entradas, el PLC y las salidas.



**Figura 3** Representación del esquema de control  
Fuente: Elaboración Propia

Las conexiones de potencia se muestran en la figura 4.



**Figura 4** Representación del esquema de potencia  
Fuente: Elaboración Propia

## Sistema IoT para monitoreo y apagado de seguridad de la caldera

Para monitorear las señales vía internet, se utilizó una tarjeta Nodemcu ESP8266 ESP12-E (sistema embebido) la cual lee las señales de entrada y salida, las cuales eran enviadas a una base de datos Firebase (la nube). La aplicación móvil hecha para el sistema operativo android, se conecta a dicha base para recopilar la información y mostrarla en el dispositivo. El flujo de información transcurre como se muestra en la figura 5.

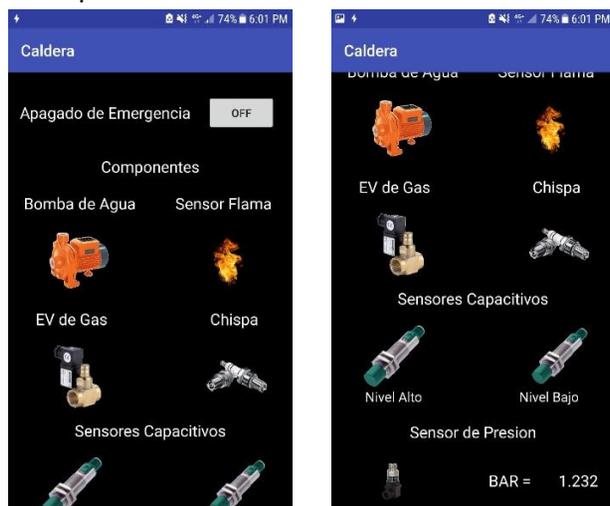


**Figura 5** Esquema del flujo de información  
Fuente: Elaboración Propia

## Aplicación móvil

La aplicación móvil se desarrolló en el IDE de Android Studio el cual es un software libre para todo público además de que cuenta con la facilidad de una librería para conexión a firebase. La estructura que maneja la aplicación móvil es una pantalla donde se muestran los actuadores activos o inactivos del proceso de la generación de vapor y el valor del sensor de presión. La información que muestra la aplicación sobre los estados de los actuadores y el sensor de presión la obtiene de la base de datos. También se le colocó un botón de paro del proceso el cual provoca que la aplicación cambie el estado de una variable dentro de la base de datos.

La aplicación móvil se puede ver en la figura 6.

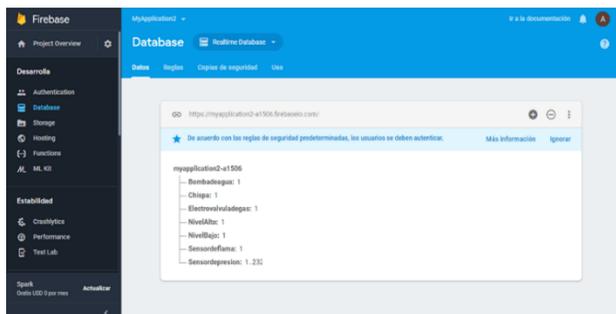


**Figura 6** Aplicación móvil  
Fuente: *Elaboración Propia*

### Base de datos

Para que la aplicación móvil pueda observar lo que sucede dentro del sistema embebido y para que el sistema embebido observe la aplicación móvil es necesario el uso de la nube, la cual es responsable de guardar la información de las variables que se manejan, así como poder acceder a ellas vía remota.

Se utilizó la base de datos Firebase debido a su comunicación de manera eficaz con Android Studio y con Arduino IDE debido a las librerías que manejan estos tipos de software. Para los actuadores y el botón de paro se utilizaron variables enteras que registran su estado actual, para el sensor de presión se utilizaron variables tipo flotante. La base de datos se puede ver en la figura 7.



**Figura 7** Base de datos  
Fuente: *Elaboración Propia*

### Sistema embebido

El ESP8266 ESP12-E es un microcontrolador el cual cuenta con una entrada analógica, y 6 entradas o salidas digitales, se puede programar en el IDE de Arduino y cuenta con conexión WIFI. Para el manejo de las señales de entrada se usaron relevadores dobles, los cuales mandaban 3.3 volts hacia el sistema embebido.

El microcontrolador manda una señal a la base de un transistor, el cual enciende la bobina de un relevador; con esto se logra detener el proceso mediante el uso de la aplicación móvil. La señal se enclava con el propósito de que el sistema no pueda ser operado localmente hasta que el usuario de la aplicación móvil lo decida removiendo la señal en el transistor, esto con el objetivo de brindar seguridad al equipo y al operario.

Para la señal analógica se utilizó una resistencia, ya que la señal que maneja el sensor de presión es de 4 – 20 mA y el ESP8266 ESP12-E solo lee de 3.3 a 0 V por lo que se usó la ley de ohm.

$$\begin{aligned} \text{Corriente del sensor} &= i_s = 20 \text{ mA} \\ \text{Voltaje del sistema embebido} &= V_e = 3.3 \text{ V} \end{aligned}$$

$$R = \frac{V_e}{i_s} \quad (1)$$

$$R = \frac{3.3 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = 165 \Omega$$

El resultado da una resistencia de 165  $\Omega$ , por lo que se selecciona una resistencia de 180  $\Omega$ . Ya que los 4 mA nos varían para los 0 V es posible un error mínimo a la hora de verlo en la aplicación móvil. El sistema embebido se puede ver en la figura 8.



**Figura 8** Sistema embebido  
Fuente: *Elaboración Propia*

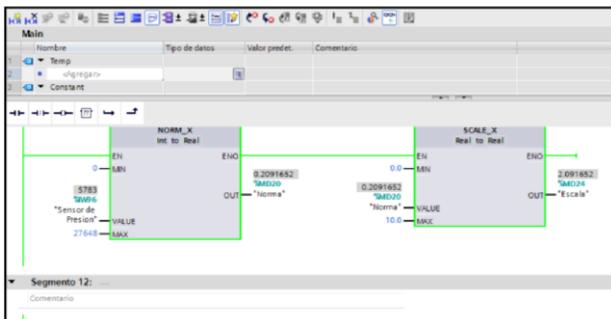
**Resultados**

El sistema IoT demostró la factibilidad del monitoreo del proceso de la caldera y su seguridad de apagado de emergencia, donde el sistema embebido y la aplicación móvil solo pueden ver lo que ocurre dentro de la nube, pero sin la nube no podrían tener interacción en este tipo conexión. La conexión se puede ver en la figura 9.

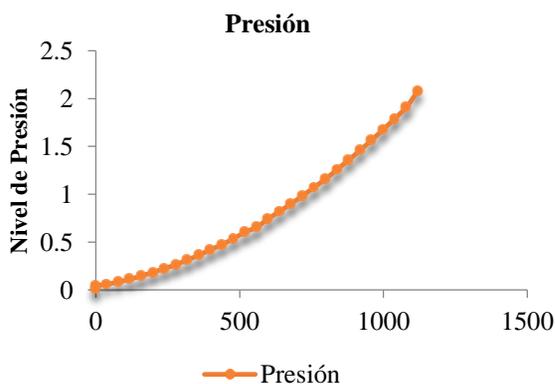


**Figura 9** Conexión de internet de las cosas  
Fuente: Elaboración Propia

Se procedió a hacer una prueba física. Con un manómetro se verificó que los datos que arrojaba el sensor de presión eran correctos los datos de la presión se pueden ver en la figura 10 y se elaboró un gráfico presión - tiempo el cual se muestra en el gráfico 1, con un intervalo de tiempo de 20 segundos.



**Figura 10** Lecturas de presión en programa TIA PORTAL V13  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 1** Gráfica de presión-tiempo  
Fuente: Elaboración propia

Los datos que arrojó el sensor CoelMatic PA-21Y se recibieron de manera binaria y por medio de un arreglo en el software de control, se convirtió a unidades de presión (bares). La verificación de los datos arrojados por el sensor de presión se hizo con el manómetro mostrado en la figura 11.



**Figura 11** Manómetro con salida de datos analógica  
Fuente: Elaboración Propia

Las variables de salida y entrada del PLC se enviaron al ESP8266 12-E y de ahí a la base de datos FireBase en la que se conecta la aplicación móvil para monitorear estas variables. El paro del proceso funciono adecuadamente con su respectivo retraso debido a la rapidez del internet.

**Agradecimiento**

Se agradece al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico de Chihuahua por todo su apoyo para la realización de este proyecto.

**Conclusiones**

La caldera es un dispositivo que requiere elementos de seguridad y tiempos exactos para un funcionamiento más eficiente, por lo que al momento de automatizarlo se pudieron cumplir estas características. Generalmente las calderas industriales requieren sensores muy costosos, por lo que una opción viable para la automatización de calderas pequeñas es el diseño de sensores propios.

El uso del internet de las cosas es ideal para el monitoreo de procesos a largas distancias, ya que el usuario no tiene que estar en contacto con el equipo, el cual puede provocar un accidente. La ventaja de este sistema es que es a tiempo real por lo cual se pueden detectar fallas preventivas al equipo.

## Referencias

- [1] Aguilar, L. J. (2017). *Industria 4.0: la cuarta revolución industrial*. Barcelona: ALFAOMEGA.
- [2] B.H Amstead, P. F. (1981). *Proceso de Manufactura. Version SI*. Mexico, DF: Continental.
- [3] Balcells, J., & Romeral, J. L. (1988.). *Autómatas Programables*. Barcelona: Marcombo.
- [4] Bondar, K. (04 de Julio de 2016). UNIR Revista. Recuperado el 01 de Septiembre de 2017, de <http://www.unir.net/research/revista/noticias/qu-e-es-realmente-la-industria-4-0/549201502351/>
- [5] Castillo Soriano, D. (2015). *Diseño y construcción del sistema eléctrico automatizado para la utilización de una caldera pirotubular, que servirá para la formación práctica en los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UPSE. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.*
- [6] Daneri, P. A. (2008). *Automatizacion y Control Industrial*. Buenos Aires - Argentina: HASA.
- [7] Darwish, A. M. (Marzo de 2016). *Complete Combustion Control for a Steam Boiler Plant*. Alexandria, Egipto. Obtenido de *Balkan Journal of Electrical & Computer Engineering*.
- [8] De la Sen Sanz, A., Galván Marcos, S., & Bielza Lino, J. (23 de Noviembre de 2000). *Control y Seguridades de Calderas*. Madrid, España.
- [9] Girónes, J. T. (2018). *El gran libro de Android sexta edición*. Barcelona: ALFAOMEGA.
- [10] Gubbi, J. B. (2013). *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future generation computer systems, 1645-1660.*
- [11] Mims III, F. M. (1986). *Timer, op amp and optoelectronic circuits & projects*. Estados Unidos de América: Master Publishing, Inc.
- [12] Miranda Martínez, E. N., & Rivera Guña, T. G. (12 de Julio de 2016). *Implementación de un proceso de automatización en una caldera pirotubular, para controlar el sistema de calefacción de las piscinas, en la quinta recreacional pacific garden soldelop cía. latda. Latacunga, Ecuador.*
- [13] Ortiz Baron, E., & Arbesu García, V. J. (15 de Marzo de 2013). *Sistema de Control para una Caldera Usada en una Harinera*. México, D.F. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12138/>
- [14] SIEMENS. (2017). *Data Sheet*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2017, de <https://www.alliedelec.com/m/d/f0777be568018c021e606c91436ad950.pdf>
- [15] SIEMENS. (2017). *Industry Online Support*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2017, de <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/20508?pdtd=td&lc=en-US>

## Modelo bidimensional para el estudio y análisis de inundación en la ciudad de Durango, Dgo

### Two-dimensional model for the study and analysis of flood in the city of Durango, Dgo

BUSTAMANTE-ESPINOSA, Laura Virginia†, HINOJOSA-LÓPEZ, Cesar Octavio y LLAGUDO-GUILBERTO, Oscar Jesús

*Universidad Politecnica de Francisco I. Madero*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Laura Virginia, Bustamante-Espinosa*

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Cesar Octavio, Hinojosa-López*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Oscar Jesús, Llagudo-Guilberto*

Recibido 28 Septiembre, 2018; Aceptado 12 Diciembre, 2018

#### Resumen

El presente trabajo describe un modelo bidimensional para la Ciudad de Durango, Dgo., el cual tiene como objetivo evaluar y analizar el porqué de las inundaciones en esa zona debido a que es una problemática constante, causando afectaciones en las diferentes infraestructuras. Para su estudio se llevó a cabo primeramente, un análisis topográfico con apoyo de modelos digitales de elevación en las subcuencas que se encuentran al noroeste de la ciudad. Posteriormente se realizó un análisis hidrográfico con el que se determinó el tipo de suelo y la N de escurrimiento, uso de suelo para la obtención de la N ponderada la cual se obtendrá con el método de los números de escurrimiento empleado por el United States Department of Agriculture Soil Conservation Service. Y finalmente, un análisis hidrológico con estaciones climatológicas además de los datos de lluvia para tener máximos mensuales y anuales por medio del software AFA, dando como resultado los diferentes datos de los periodos de retorno, a través de un análisis de estaciones ESIME y cálculos matemáticos se tienen los hietogramas. Y obtener la simulación bidimensional y los mapas de tirantes y velocidades que se presentan en las subcuencas de estudio.

#### Inundación, Hietogramas, Software

#### Abstract

This article describes a two-dimensional model for the city of Durango, Dgo., Which aims to evaluate and analyze floods in that area because it is a constant problem that causes damage to the different infrastructures. For its study, a topographic analysis was carried out with the support of digital elevation models in the sub-basins located northwest of the city. Subsequently, a hydrographic analysis was carried out to determine the type of soil and the N of runoff, land use to obtain the weighted N that will be obtained with the method of runoff numbers used by the Soil Condition Service of the Department of Agriculture of the United States. And finally, a hydrological analysis with climatological stations in addition to the rain data to have monthly and annual maximums through the AFA software, which results in the different data of the return periods, through an analysis of ESIME stations and mathematical calculations. you have the hietograms And get the two-dimensional simulation and maps of tie rods and velocities that occur in the study sub-basins.

#### Flood, Hietograms, Software

**Citación:** BUSTAMANTE-ESPINOSA, Laura Virginia, HINOJOSA-LÓPEZ, Cesar Octavio y LLAGUDO-GUILBERTO, Oscar Jesús. Modelo bidimensional para el estudio y análisis de inundación en la ciudad de Durango, Dgo. Revista de Ingeniería Mecánica. 2018. 2-8: 18-25.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El agua es uno de los recursos naturales más valiosos de cualquier país debido a los beneficios sociales y económicos que se derivan de su consciente explotación; sin embargo, junto con las ventajas existen también situaciones extremas, como inundaciones y sequías. En el mundo, las inundaciones están aumentando más rápidamente que ningún otro desastre, causando severos daños económicos.

Existen diferentes formas de examinar las inundaciones. Hunt las analiza como un desastre natural en el que se deben identificar los peligros y la vulnerabilidad para poder superarlos (Hunt, 2002). El Centro Nacional de Prevención al Desastre (Cenapred, 2006), por el contrario, no maneja los desastres como naturales sino como producto de las condiciones de vulnerabilidad y exposición.

En algunos otros trabajos, Herrera-Díaz, Rodríguez-Cuevas, Couder-Castañeda y Gasca-Tirado (2015), así como Flowers-Cano, Jeffrey-Flowers y Rivera-Trejo (2014), al igual que Young (2002), combinan los métodos estadísticos y determinísticos para analizar datos pasados y predecir los niveles de inundación y de ríos. Por su parte, Bayliss y Reed (2001) discuten diferentes formas de estudiar las inundaciones históricas y revisan métodos para incorporar datos históricos al análisis de frecuencias de inundaciones.

Se puede incorporar información meteorológica para fortalecer la estimación del riesgo; la lluvia puede ser un notorio indicador fiable de la inundación (Duncan, 2002). Sin embargo el riesgo abarca dos aspectos: peligro (P) y vulnerabilidad (V) (Mileti, 1999), aunque si bien no es la única definición que se maneja para el riesgo, sí es una de las más utilizadas. Ordaz incluye un tercer factor para la expresión del cálculo de riesgo por algún fenómeno natural (Ordaz, 1996), el costo (C) o valor de los bienes expuestos; entonces, el riesgo es producto de tres factores:  $R = V \times C \times P$ .

En cuanto al peligro, se deben calcular las probabilidades de que ocurra un fenómeno que pueda dañar lo expuesto (Ordaz, 1996). Por el efecto de las inundaciones, el riesgo puede ser generado por lluvias, ciclones tropicales o falla de obras hidráulicas.

## Objetivos

### Objetivo general

Generar un modelo bidimensional que refleje la problemática de las inundaciones en la ciudad de Durango, Durango, apegándose a los diferentes métodos teóricos que se requieran para la realización de la misma.

### Objetivos específicos

- Obtener los datos terrenos, precipitación, eventos de tormenta, uso de suelo y edafología para realizar la modelación de inundaciones en la ciudad de Durango, Durango.
- Analizar la problemática de inundaciones en la ciudad de Durango, Durango
- Realizar mapas de tirantes y velocidades de inundación que expongan las zonas vulnerables para cada periodo de retorno.
- Conocer el volumen necesario de una presa rompepicos para mitigar la avenida de 100 años en las Cuencas 1, 2 y 3.

## Metodología

El modelo de simulación propuesto fue planteado mediante la utilización del “método hidrológico-hidráulico”. Este tipo de método parte de la premisa de que en nuestra zona de estudio se produzca un evento que genere caudales anormalmente altos, lo cual genere una crecida o avenida fluvial. Una vez que ese hecho se dé, la caracterización temporal de esos caudales y su posterior análisis será fundamental para definir el hietograma y el posterior hidrograma para poder asignar así una probabilidad de ocurrencia al evento.

El estudio hidrológico de las crecidas se puede abordar desde dos métodos diferentes, directos o indirectos., El método usado para nuestro caso, el método hidrometeorológico. Su función es convertir las variables meteorológicas en escorrentía superficial, para lo cual convertimos precipitaciones en forma de lluvia en caudales (también conocido como método precipitación-escorrentía).

Como consideramos nuestra cuenca de estudio una zona homogénea (con respuesta hidrológica homogénea), el modelo tendrá carácter pseudodistribuido y se usará la fórmula del hidrograma unitario (Sherman, 1932).

Para el estudio pluviométrico, no solo se uso la cantidad de precipitación total diaria, sino también su distribución temporal y su valor areal sobre la cuenca de estudio.

La situación geográfica de la cuenca de estudio (Fig 1) es muy importante ya que define el clima predominante en esta, y por lo tanto cómo será su régimen de precipitaciones. Para la delimitación de las cuencas y subcuencas de aportación en la zona de estudio se empleará la metodología siguiente:

1. Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL).
2. Cartas topográficas escala 1:50000 de INEGI.
3. Plataforma de elevaciones mexicano 3.0 (CEM 3.0) y/o LIDAR.
4. Herramienta Hec-GeoHMS (Geoespatial Hydrologic Modeling Extension).
5. Shapefile de líneas de corriente y cuencas delimitadas.

A partir de la metodología se obtendrá el área de las 3 cuencas de estudio, para así después realizar la simulación en el modulo IBER.

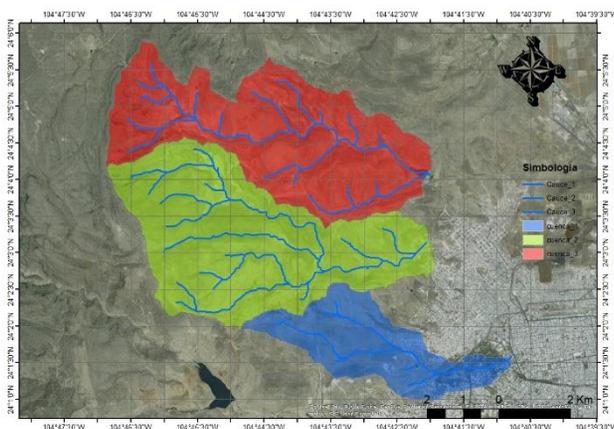


Figura 1 Delimitación de las cuencas

Con base al Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL) la cuenca RH11AF la cual engloba nuestra zona de estudio para lo cual se necesitó usar el sitio web del SIATL anteriormente se procedió a ubicar la zona de estudio en google earth para marcar puntos cercanos a la cuenca y así tener las coordenadas aproximadas a las 3 cuencas para lo cual solo se necesitaba un punto cercano para proceder a ubicar en el SIATL y obtener datos como longitud del cauce, pendiente y área de la cuenca.

Para el uso de modelos digitales de elevación se necesitó hacer uso nuevamente del punto generado en google earth para así cargarlo en el mapa digital de México v6 . 3.0 en el cual contiene las claves de las cartas topográficas escala 1:50000.

Mediante el uso de un modelo digital de elevación tipo CEM3.0, resolución de 15m con el uso de las cartas topográficas de una escala de 1:50000 (G13D81, G13D82, F13B11 y F13B12) se determinaron los rasgos fisiográficos de las micro cuencas ubicadas en la zona de estudio.

### Análisis hidrográfico

#### Método de los números de escurrimiento

Para esta parte del análisis hidrográfico se empleará el método de los números de escurrimiento del United States Department of Agriculture Soil Conservation Service para la obtención del volumen de escurrimiento directo a partir de la lluvia total y las características de la cuenca como lo es el uso y tipo de suelo (Tabla 1), (Aparicio 2008).

En cuencas agrícolas, forestales y urbanas pequeñas se utiliza para la estimación de un solo parámetro el N, esto con la finalidad de contribuir a reducir la incertidumbre de la calibración de los modelos de simulación de crecidas (Ares, Varni, Chagas, & Entraigas 2012).

Tipo de suelo	Textura del suelo
A	Suelos de gravas y arenas de tamaño medio, limpias y mezclas de ambas. estos generan el menor escurrimiento
B	Suelos de arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezcla de arena y limo. generan escurrimiento inferior al medio
C	Suelos de arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad de mezcla de arena, limo y arcilla. generan escurrimiento superior al medio
D	Suelos arcillosos de alta plasticidad, con saborizantes casi impermeables cerca de la superficie. generan el mayor escurrimiento

Tabla 1 Clasificación de suelo

**Información del suelo**

De acuerdo con CONAGUA [1], para la determinación de N es común utilizar las cartas de uso de suelo y vegetación, así como las cartas edafológicas. La información del uso de suelo y vegetación se obtuvo de (INEGI, 2017), el cual se encuentra en formato vectorial escala 1:250000 serie V para su manejo en un sistema de información geográfica (SIG). En la Tabla 2, se muestra los diferentes usos de suelo y vegetación dentro de la zona de estudio.

Cuenca	Suelo	Clasificador	Tipo	Uso de suelo
1	Regosol	Eutrico	B	Asentamientos humanos
	Castañoze	Luvico	C	Asentamientos humanos
	Castañoze	Luvico	C	Bosque cultivado
	Regosol	Eutrico	B	Pastizal natural
	Castañoze	Luvico	C	Pastizal natural
	Castañoze	Luvico	C	Agricultura de temporal anual
	Regosol	Eutrico	B	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule
	Regosol	Eutrico	B	Zona urbana
	Castañoze	Luvico	C	Zona urbana
	2	Regosol	Eutrico	B
Regosol		Eutrico	B	Asentamientos humanos
Regosol		Eutrico	B	Pastizal natural
Regosol		Eutrico	B	Agricultura de temporal anual
Regosol		Eutrico	B	Agricultura de temporal anual
Regosol		Eutrico	B	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule
Regosol		Eutrico	B	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural
Regosol		Eutrico	B	Zona urbana
3	Regosol	Eutrico	B	Pastizal natural
	Regosol	Eutrico	B	Agricultura de temporal anual
	Regosol	Eutrico	B	Agricultura de temporal anual
	Regosol	Eutrico	B	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino
	Regosol	Eutrico	B	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule
	Regosol	Eutrico	B	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural

Tabla 2 Relación de tipo y uso de suelo

**Análisis hidrológico**

**Ubicación de las estaciones climatológicas**

En México se cuenta con la información climatológica nacional que va de 1900 hasta la fecha donde se dispone de información actualizada por los Organismos de Cuenca y Direcciones Locales de la CONAGUA, la cual implica aproximadamente 55 millones de registros diarios de lluvia en 24 horas y temperatura mínima y máxima, reportados por alrededor de 5,500 estaciones climatológicas (CNA-SMN, 2017).

En la zona de estudio se visualizaron varias estaciones climatológicas, pero se utilizarán las estaciones 10011, 10023 y 10092 puesto que la dispersión de datos o datos faltantes en otras estaciones era muy notoria entonces en base a criterio se tomó en cuenta etas 3 estaciones las cuales no ayudaran a determinar y recopilar la información de lluvia (mm) para los diferentes periodos de retorno. Los datos de las estaciones climatológicas visualizadas por información de CONAGUA [1].

Estación	Nombre	Coordenadas geográficas		Altitud msnm	Fecha en que terminan e inician los registros		Años en que se inician con registro
		Long.	Lat.		Primer registro	Ultimo registro	
10011	Colonia Insurgentes	-104.636	23.98	1870	1982-01	2003-08	21.7
10023	El Pueblito	-104.735	23.96	1900	1963-08	2008-02	44.6
10092	Durango (DGE)	-104.673	24.02	1900	1941-01	2000-12	60

Se recomienda no usar series de datos menores a 20 años para análisis de frecuencias (Linsley, Kohler, & Paulhus, 1977). A partir de las estaciones seleccionadas se puede observar que se cumple esta condición.

Para el análisis de datos de precipitación pluvial en nuestra zona de estudio se seleccionó la estación climática 10023 esto se debió a que la cernía con la zona de estudio era próxima por lo que así también las estaciones aledañas se ocuparían para el completado de datos y estas estaciones son la 10011 y la 10092.

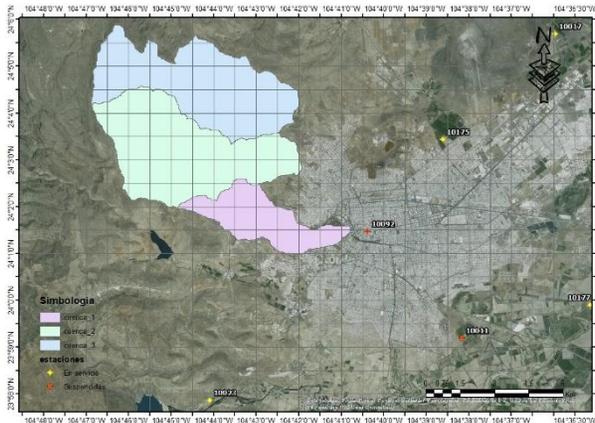


Figura 2 Ubicación de las estaciones climatológicas

**Resultados**

Para la simulación de las subcuencas en el periodo de retorno de 2, 5, 10,100 y 1000 años se muestra que tanto en el mapa de tirantes y velocidades existen zonas de peligro donde los tirantes a partir de 0.30 metros ya afectan a los humanos y tirantes a partir de 1 metro afecta a las casas habitacionales para efectos representativos de la simulación bidimensional se presenta el mapa de tirantes con un tiempo de simulación de 10000 segundos ver Figura 3, Figura 5, Figura 7, Figura 9

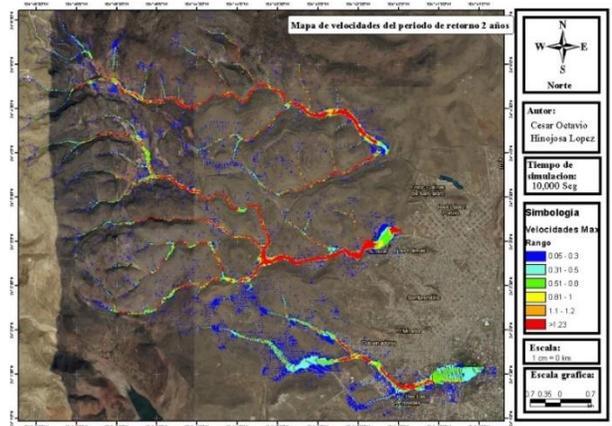


Figura 4 Mapa de velocidades Tr 2 años

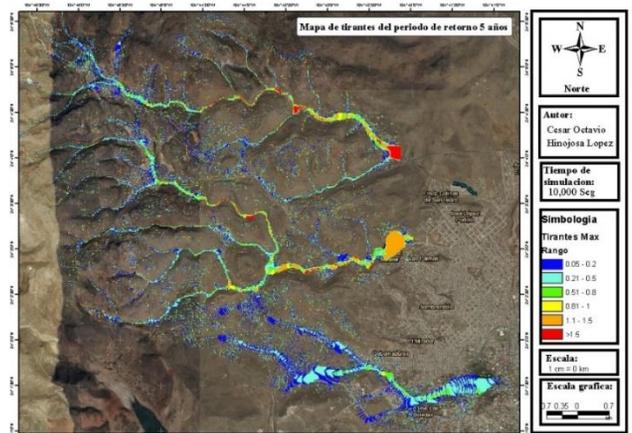


Figura 5 Mapa de tirantes Tr 5 años

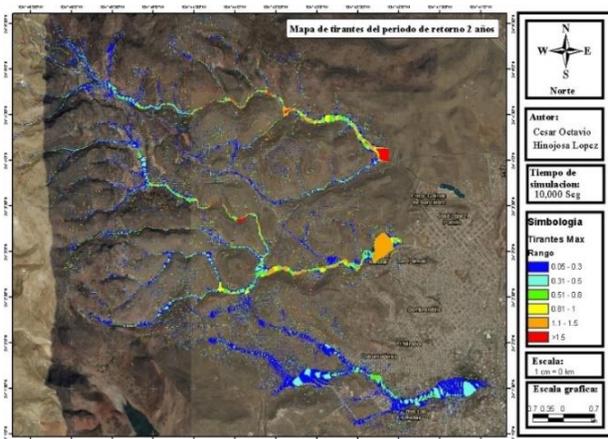


Figura 3 Mapa de tirantes Tr 2 años

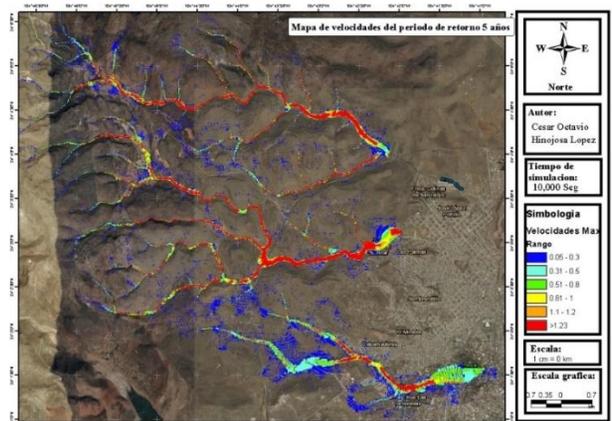


Figura 7 Mapa de velocidades Tr 5 años

Mapa de velocidades máximas para el periodo de retorno de 2, 5, 10,100 y 1000 años con un tiempo de simulación de 10000 segundos. Para lo cual se muestra que con velocidades excedentes a los 1.23 m/seg ya derriba a un humano por lo tanto se toma como zona de riesgo en caso de darse una inundación y dichas zonas se muestran en la Figura 4, Figura 6, Figura 8, Figura 10.

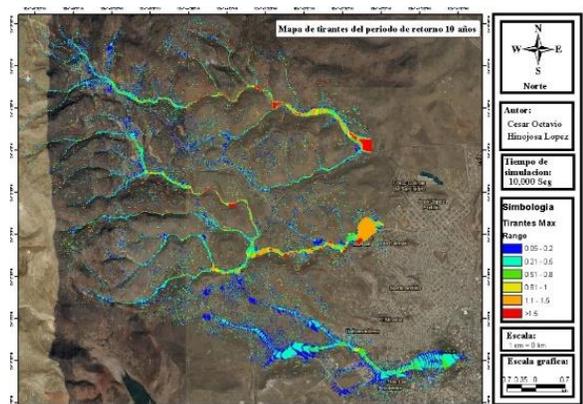


Figura 7 Mapa de tirantes Tr 10 años

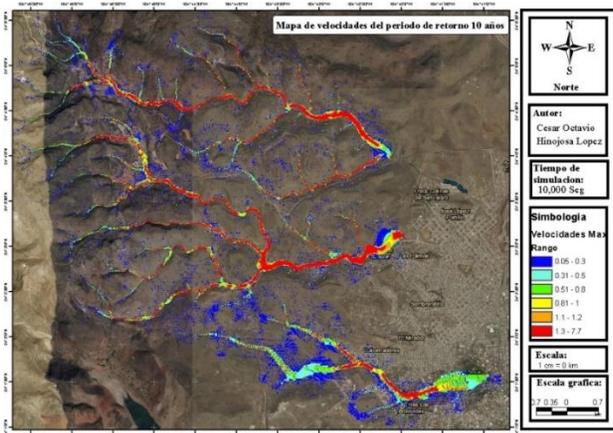


Figura 8 Mapa de velocidades Tr 10 años

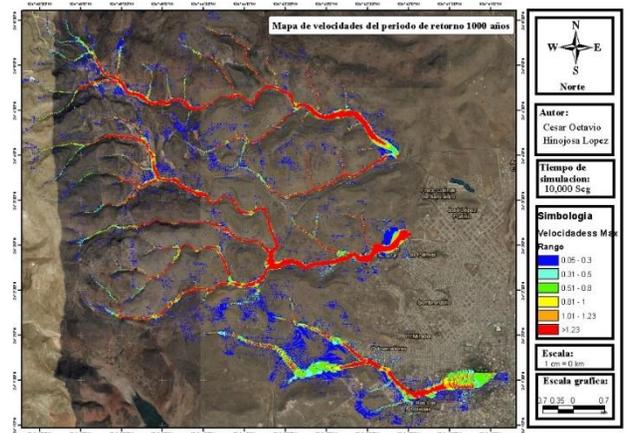


Figura 12 Mapa de velocidad Tr 1000 años

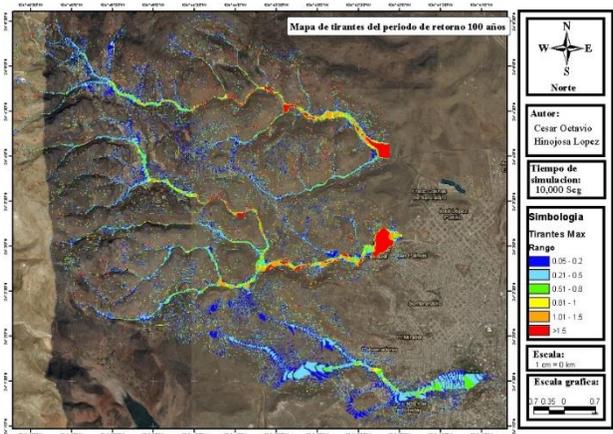


Figura 9 Mapa de tirante a 100 años

Con base a los hidrogramas se analizó la relación del tiempo en cuanto al gasto que se tiene en cada uno de los pasos de la simulación en este caso se analizó cada 100 segundos lo cual cada dato de los 10000 segundos de la simulación contiene un gasto diferente obtenido para lo cual se muestra el lugar de las 4 secciones el cual se tomó en el mismo lugar para cada uno de los diferentes Tr.

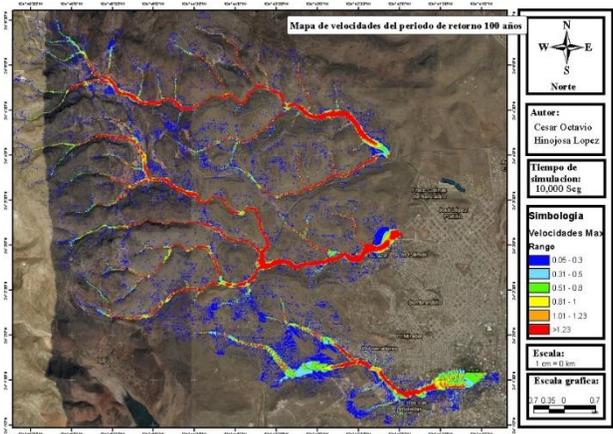


Figura 10 Mapa de velocidades Tr 100 años

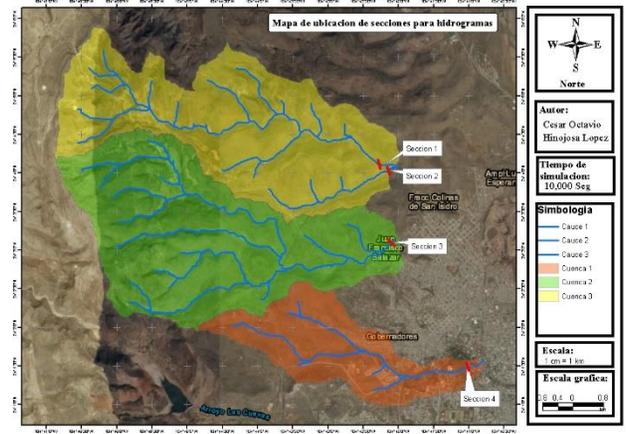


Figura 13 Secciones Hidrográficas

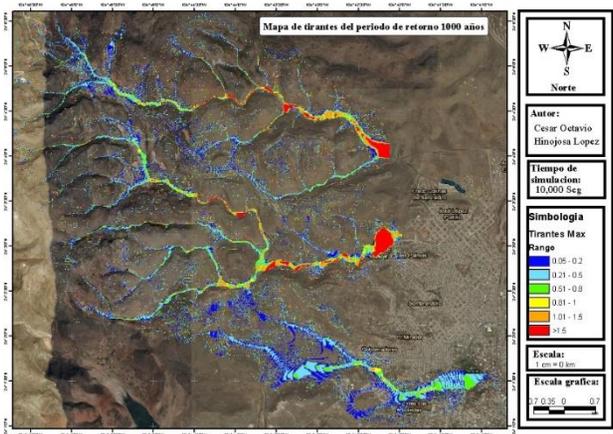


Figura 11 Mapa de tirante 1000 años

Los hidrogramas se utilizan para la realización de la modelación en HEC-HMS, lo cual nos ayuda a evaluar las inundaciones en la ciudad de Durango y así mitigarlas con el uso de algunas obras hidráulicas de retención como lo son las presas rompe picos Hidrogramas para cada Tr en cada una de las secciones Sección 1 con los diferentes hidrogramas para cada uno de los diferentes Tr analizados

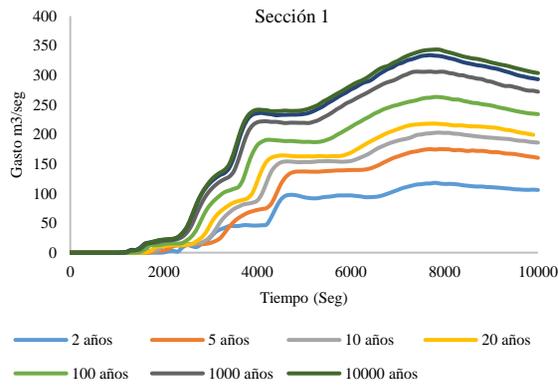


Figura 14 Sección 1 del hidrograma

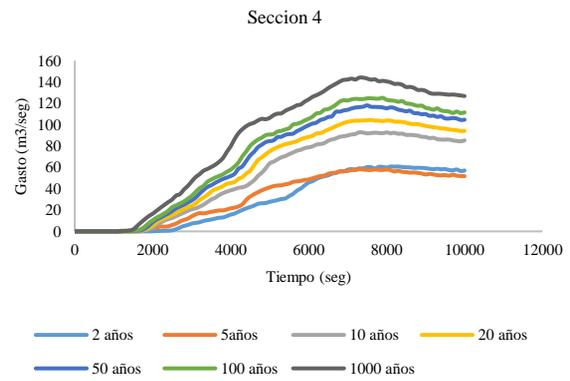


Figura 17 Hidrograma de la sección

Sección 2 con los diferentes hidrogramas para cada uno de los diferentes Tr analizados

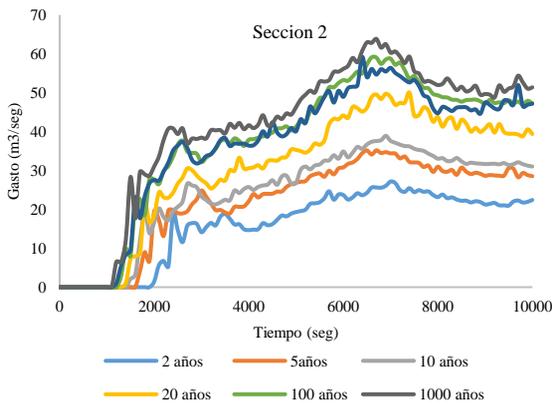


Figura 15 Sección 2

Sección 3 con los diferentes hidrogramas para cada uno de los diferentes Tr analizados

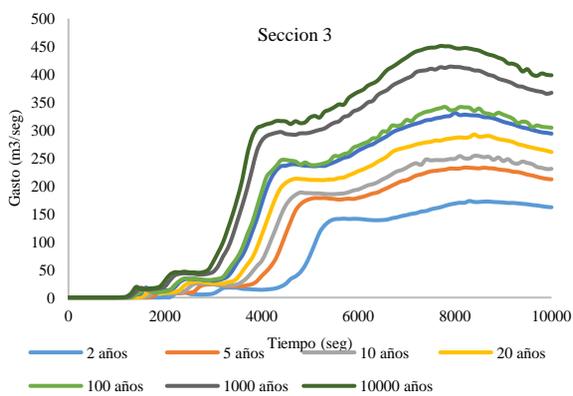
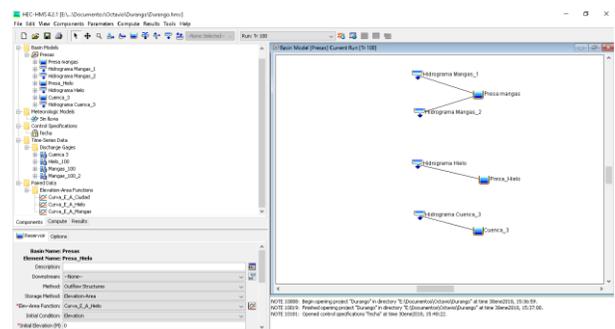


Figura 16 hidrograma de la sección

Sección 4 con los diferentes hidrogramas para cada uno de los diferentes Tr analizados

En la figura 17 se muestra el esquema de la modelación de HEC-HMS para la ciudad de Durango



Conclusiones

Para mitigar las inundaciones en la ciudad de Durango producto de las subcuencas ya descritas en este trabajo de estudio, se proponen el volumen de 3 obras. Con esto se regularían 800 m<sup>3</sup>/s en la cuenca 1, en la cuenca 120 m<sup>3</sup>/s y en la cuenca 3, 110 m<sup>3</sup>/s, y en la descarga se presenta 9 m<sup>3</sup>/s para descargar en arroyos que confluyen en la ciudad, esto permite no tener problemas en tiempo de lluvias y genera un ambiente de armonía entre la ciudadanía y su entorno.

Se recomienda el uso de modelos en IBER como herramienta para la simulación de inundaciones puesto que se toman datos como lo son el uso de suelo, n de Manning, perdidas por infiltración aparte de ser un software gratuito es muy fácil de manejar, solo se recomienda el uso de un equipo de cómputo de gama alta puesto que el tiempo de las simulaciones puede ser muy tardado en equipos de bajos recursos o en casos se llega a cerrar el programa por lo tanto es favorable tener un equipo de cómputo con altos recursos en memoria ram, procesadores y tarjeta gráfica.

## Agradecimientos

Al Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua, por su valioso tiempo e infraestructura para el desarrollo de este trabajo.

## Referencias

- [1] CONAGUA. Agenda del Agua 2030. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011, 66 pp.
- [2] Atlas de riesgos naturales del municipio de Durango, [http://www.anr.gob.mx/PDFMunicipales/2012/10005\\_Durango.pdf](http://www.anr.gob.mx/PDFMunicipales/2012/10005_Durango.pdf) (2012)
- [3] INEGI sitio web, <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Dur/Territorio/default.aspx?tema=ME&e=10> (2017)
- [4] Inundaciones, Publicado por la Secretaria de Gobernación y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (2004)
- [5] D. F. Campos Aranda Introducción a la Hidrología Urbana, (2010)
- [6] D. F. Campos Aranda, Procesos del Ciclo Hidrológico, Universidad de San Luis Potosí (1998)
- [7] Horton, r.e. the role of infiltration in the hydrologic cycle. Eos trans. Vol. 14, 1933, pp. 446-460.
- [8] Kull, d.w. and feldman, a.d. evolution of clark's unit graphs method to spatially distributed runoff. Journal of hydrologic engineering. Vol. 3, 1998, pp. 9-19.
- [9] Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL), [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/siatl/#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#) (2017)
- [9] Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0), <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/Descarga.aspx> (2017)
- [10] Mapa digital de México de INEGI, <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjZLjMyMDA4LGxvbjotMTAyLjE0NTY1LHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=> (2017)
- [10] Morin, J., Rosenfeld, D., And Amitai, E. Radar Rain field evaluation and possible use of its high temporal and spatial resolution for hydrological purposes. Journal of hydrology. Vol. 172, 1995, pp. 275-292.
- [11] ONU. Cómo desarrollar ciudades más resilientes, un manual para líderes de los gobiernos locales. Ginebra, switzerland: organización de las naciones unidas, 2012, 103 pp.
- [12] ONU. Vivir con el riesgo, informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres. New york, usa/ginebra, switzerland: organización de las naciones unidas, 2004, 139 pp.
- [13] ONU. Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres 2011. Revelar el riesgo, replantear el desarrollo. Devon, united kingdom: organización de las naciones unidas, 2012. 190 pp.
- [14] Presidencia de la república. Sexto informe de gobierno [en línea]. México: servicio de internet de la presidencia, 2012 [citado el 01 de octubre de 2012].
- [15] Sherman, L.K. Stream Flow From Rainfall By The Unit Graph Method. Engineering news-record. Vol. 108, 1932, pp. 501-505.
- UNISDR. Reducción del riesgo de desastres: un instrumento para alcanzar los objetivos de desarrollo del milenio, kit de cabildeo para parlamentarios. Ginebra, switzerland: united nations international strategy for disaster reduction and unión interparlamentaria, 2010, 53 pp.

# 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 Ingeniería Mecánica. 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

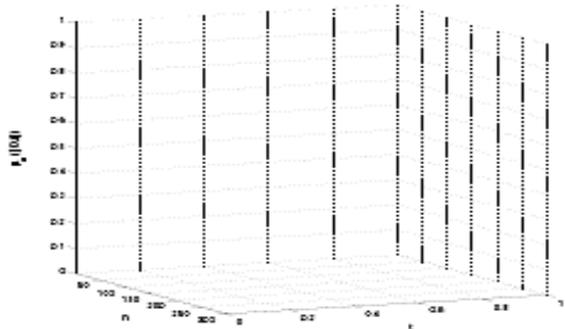
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

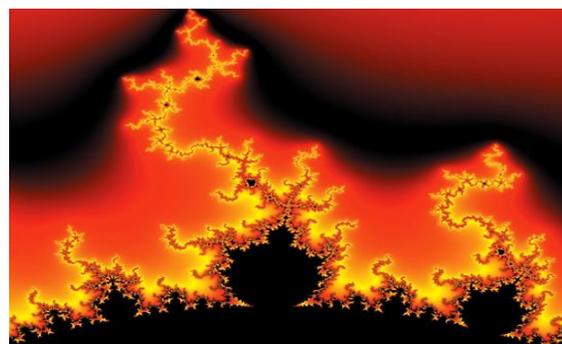
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[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 Titulo 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 Ingeniería Mecánica 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 Ingeniería Mecánica emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadadas 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 Spain 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 Spain para su Revista de Ingeniería Mecánica, 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**

MIRANDA-GARCIA, Marta. 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

### **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 Ingeniería Mecánica

“Contrucción de un prototipo de banco para el estudio de las Vibraciones Mecánicas”

**CÓRDOVA-LOPEZ, José Miguel, BÁEZ-MORATILLA, Pedro y HERNÁNDEZ-MORALES, Irma**

*Universidad Tecnológica de Oriental*

“Situación Actual de los jagüeyes del Corredor Industrial del Noreste de México”

**HOZ-ZAVALA, Ma. Elia Esther & NAVA-DIGUERO Pedro**

*Universidad Tecnológica de Altamira*

“Automatización de una caldera pirotubular utilizando el internet de las cosas como medida de monitoreo y seguridad”

**GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Andrés, GALLEGOS-BAÑUELOS, José Luis Guillermo, LÓPEZ-HERRERA, Jesús José Nicolás y CANTÚ-PÉREZ, Miguel Alejandro**

*Instituto Tecnológico de Chihuahua*

“Modelo bidimensional para el estudio y análisis de inundación en la ciudad de Durango, Dgo”

**BUSTAMANTE-ESPINOSA, Laura Virginia, HINOJOSA-LÓPEZ, Cesar Octavio y LLAGUDO-GUILBERTO, Oscar Jesús**

*Universidad Politecnica de Francisco I. Madero*

