

Volumen 2, Número 7 — Julio — Septiembre - 2018

ISSN 2531-2952

Revista de Cómputo Aplicado

ECORFAN®

ECORFAN-Spain

Editora en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Redactor Principal

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesus. 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 Cómputo Aplicado, Volumen 2, Número 7, de Julio a Septiembre - 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Morazarzal -Madrid. WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. Co-Editor: MIRANDA-GARCÍA, Marta. PhD. ISSN-2531-2952. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 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 Cómputo Aplicado

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 Teoría de Sistemas, Redes, Interconectividad de Empresas, Gobierno Corporativo, Comunicación por satélite, Conectividad, Emisores de tv y transmisión, Enlaces de microondas, Radio comunicaciones y receptores de radio, Radiocomunicación, Receptores de radio, Receptores de TV, Telefonía, Transmisores de radio y TV.

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 Cómputo Aplicado 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 la Teoría de Sistemas, Redes, Interconectividad de Empresas, Gobierno Corporativo, Comunicación por satélite, Conectividad, Emisores de tv y transmisión, Enlaces de microondas, Radio comunicaciones y receptores de radio, Radiocomunicación, Receptores de radio, Receptores de TV, Telefonía, Transmisores de radio y TV con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias de Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

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

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

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

TELOXA - REYES, Julio. PhD
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

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

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

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

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

LAGUNA, Manuel. PhD
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo 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 Cómputo Aplicado 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 mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo 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 Teoría de Sistemas, Redes, Interconectividad de Empresas, Gobierno Corporativo, Comunicación por satélite, Conectividad, Emisores de tv y transmisión, Enlaces de microondas, Radio comunicaciones y receptores de radio, Radiocomunicación, Receptores de radio, Receptores de TV, Telefonía, Transmisores de radio y TV y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos, *Análisis hidrodinámico de turbina hidrocínética mediante CFD*, por RIVERA-RIVERA, Gilberto & RUBIO-GONZÁLEZ, Carlos, con adscripción en el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial. Departamento de Energías, como segundo artículo presentamos, *Programando redes inalámbricas de sensores aplicadas al Internet de las Cosas (IoT): Un análisis sistemático*, por ARIAS-HURTADO, Alma, RUIZ-IBARRA, Joel, ESPINOZA-ZALLAS, Edgar y VALENZUELA-MENDOZA, Filiberto, con adscripción en la Universidad Estatal de Sonora, como tercer artículo presentamos, *Desarrollo de un sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas*, por CARMONA-MARTÍNEZ, Luis, SOTO-CAJIGA, Jorge, GÓMEZ-HERNÁNDEZ, Alejandro y RODRÍGUEZ-OLIVARES, Noé, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Querétaro, como cuarto artículo presentamos, *Análisis de segmentación de color aplicado en una estación de verificación en una celda de manufactura*, por LOPEZ-ALVAREZ, Yadira Fabiola, RODRIGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo, JARA-RUIZ, Ricardo y DELGADO-AGUILERA, Jorge, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, Universidad de Guadalajara y CIATEQ.

Contenido

Artículo	Página
Análisis hidrodinámico de turbina hidrocínética mediante CFD RIVERA-RIVERA, Gilberto & RUBIO-GONZÁLEZ, Carlos <i>Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial</i>	1-7
Programando redes inalámbricas de sensores aplicadas al Internet de las Cosas (IoT): Un análisis sistemático ARIAS-HURTADO, Alma, RUIZ-IBARRA, Joel, ESPINOZA-ZALLAS, Edgar y VALENZUELA-MENDOZA, Filiberto <i>Universidad Estatal de Sonora</i>	8-14
Desarrollo de un sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas CARMONA-MARTÍNEZ, Luis, SOTO-CAJIGA, Jorge, GÓMEZ-HERNÁNDEZ, Alejandro y RODRÍGUEZ-OLIVARES, Noé <i>Universidad Tecnológica de Querétaro</i>	15-23
Análisis de segmentación de color aplicado en una estación de verificación en una celda de manufactura LOPEZ-ALVAREZ, Yadira Fabiola, RODRIGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo, JARA-RUIZ, Ricardo y DELGADO-AGUILERA, Jorge <i>Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes</i> <i>Universidad de Guadalajara</i> <i>Tecnología Avanzada CIATEQ Aguascalientes</i>	24-28

Análisis hidrodinámico de turbina hidrocínética mediante CFD

Hydrodynamic analysis of hydrokinetic turbine using CFD

RIVERA-RIVERA, Gilberto†* & RUBIO-GONZÁLEZ, Carlos

Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial. Departamento de Energías.

ID 1^{er} Autor: *Gilberto, Rivera-Rivera* / ORC ID: 0000-0003-4353-2763, Researcher ID Thomson: G-2550-2018, CVU CONACYT ID: 789390

ID 1^{er} Coautor: *Carlos, Rubio-González* / ORC ID: 0000-0002-4447-3788, Researcher ID Thomson: G-3102-2018, CVU CONACYT ID: 13705

Recibido Junio 30, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

En este trabajo se hace un estudio tridimensional por medio de dinámica de fluidos computacional (CFD) de una turbina hidrocínética de eje horizontal. Los álabes de la turbina tienen el perfil Eppler-817. El análisis permite realizar una comparación de potencia y torque entre el método BEM y el análisis CFD bajo las condiciones de diseño $U=1.5$ m/s y $TSR=4.2$. Además se obtienen otros resultados de potencia a distintas velocidades del fluido y angulares con ayuda de CFD, para así obtener las curvas TSR vs C_p las cuales son información útil para las siguientes fases de diseño de la turbina. Se estudian dos tipos de turbinas con dos tipos de geometría de la pala, la primera presenta un borde de salida plano de 1.5 mm y la segunda un borde de salida en punta. Se discute sobre las distribuciones de presiones y velocidades alrededor de los álabes. Usando un criterio basado en las presiones mínimas en el álabe se determina la presencia o no de cavitación.

Turbina, Hidrocínética, CFD

Abstract

In this work a three-dimensional study is made by means of computational fluid dynamics (CFD) of a horizontal axis hydrokinetic turbine. The turbine blades have the profile Eppler-817. The analysis allows a comparison of power and torque between the BEM method and the CFD analysis under the design conditions $U = 1.5$ m/s and $TSR = 4.2$. In addition, other power results are obtained at different fluid and angular speeds with the help of CFD, in order to obtain the TSR vs C_p curves, which are useful information for the following turbine design phases. Two types of turbines are studied with two types of geometry of the blade, the first one has a flat trailing edge of 1.5 mm and the second one a pointed trailing edge. The distribution of pressures and velocities around the blades are discussed. Using a criterion based on the minimum pressures in the blade, the presence or absence of cavitation is determined.

Turbine, Hydrokinetic, CFD

Citación: RIVERA-RIVERA, Gilberto & RUBIO-GONZÁLEZ, Carlos. Análisis hidrodinámico de turbina hidrocínética mediante CFD. Revista de Cómputo Aplicado. 2018, 2-7: 1-7.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: grivera@posgrado.cidesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Dentro de las tecnologías de energía renovable, existe un dispositivo llamado turbina hidrocínética que permite el aprovechamiento de la energía asociada a la velocidad del agua. Para optimizar la extracción de energía es necesario hacer un análisis de las condiciones donde se quiere instalar la turbina, en este caso en los mares mexicanos, donde se presentan comúnmente corrientes con velocidades bajas, no mayores a 1.5 m/s.

En trabajos previos fue diseñada una turbina hidrocínética para un prototipo experimental mediante la teoría del método BEM (Blade element momentum) usando el perfil hidrodinámico Eppler-817, ya que estos perfiles hidrodinámicos fueron diseñados con el objetivo de trabajar a bajos números de Reynolds maximizando el rendimiento Cl/Cd y minimizar la cavitación sobre todo en un rango de TSR entre 4 y 6 según (Goundar & Ahmed, 2013).

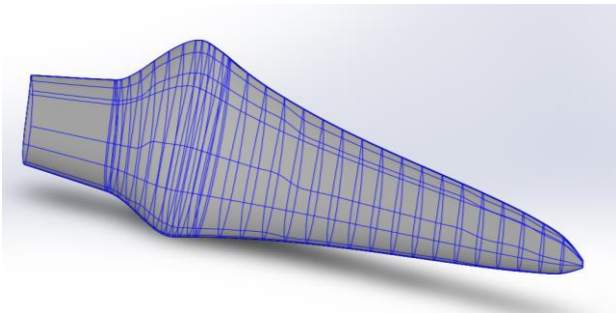


Figura 1 Modelo CAD de la pala con el perfil Eppler-817
Fuente: (Resendiz González & Hernández, 2018)

Después de obtener la geometría de la pala, figura 1, mediante el método BEM, obtener un análisis CFD del rotor con tres palas trae algunas ventajas como validar la potencia predicha por BEM, poder obtener con la misma geometría la potencia a diferentes velocidades angulares y velocidades del fluido, poder visualizar el comportamiento hidrodinámico de las palas, observar las presiones en las palas para predecir si ocurre el fenómeno de la cavitación y una de las variantes de este trabajo que propone modificar el borde de salida para una más fácil manufactura, y saber si hay cambios significativos en producción de energía.

Además una vez hechos los estudios CFD tridimensionales se tendrá conocimiento sobre temas de las siguientes etapas de diseño, por ejemplo para la selección de una transmisión de engranes y un sistema de frenado adecuado para el óptimo rendimiento y obtener el torque máximo para el diseño del eje de transmisión.

El artículo se estructura de la siguiente manera. Se explican los términos relacionados con el desempeño de la turbina en el marco teórico, después en la metodología se explica lo configurado en ANSYS-Fluent, en el apartado casos para simulación se ordenan las diferentes simulaciones realizadas, se muestran los resultados de los casos planteados y dentro de los resultados se presentan distribuciones de velocidades y presiones para visualizar el funcionamiento hidrodinámico, así también el criterio para la cavitación. Finalmente las conclusiones con posibles trabajos a futuro.

Marco teórico

Para poder caracterizar el aprovechamiento de energía por el rotor que convierte la energía cinética del agua en energía mecánica, se parte de un flujo de corriente uniforme y estacionario. La potencia de flujo máxima disponible está dada por la ecuación

$$P_{max} = \frac{1}{2} \rho A U^3 \quad (1)$$

donde ρ es la densidad del agua salada (1023 kg/m^3), A es el área de flujo capturada por la turbina (m^2) y U es la velocidad de flujo sin perturbar (m/s). La potencia del rotor es

$$P = Q \omega \quad (2)$$

siendo Q el torque en el eje (N-m) y ω la velocidad angular (rad/s).

El coeficiente de potencia C_p es la relación entre la potencia del rotor y la potencia de flujo máxima disponible como lo muestra la ecuación 3.

$$C_p = \frac{Q \omega}{\frac{1}{2} \rho A U^3} \quad (3)$$

El máximo C_p que se puede obtener es 0.59 de acuerdo al límite de Betz, (Lynn, 2013).

La relación de velocidad de punta es el cociente de la velocidad de la punta de la pala y la velocidad del fluido sin perturbar

$$TSR = \frac{\omega R}{U} \quad (4)$$

donde R es el radio de la turbina (0.73 m).

Es común graficar el término adimensional TSR contra el coeficiente de potencia ya que sirve para el diseño y optimización.

Metodología

La versión utilizada es la 17.1 de ANSYS-Fluent. Se utiliza la opción “Frame motion” (marco móvil) para simular la rotación de la turbina, esto trae ventajas de resolver las ecuaciones en estado estacionario lo cual reduce el tiempo de cómputo, contrario a una malla móvil que se resuelve para un estado transitorio. La figura 2 muestra la forma del dominio de análisis y condiciones de frontera.

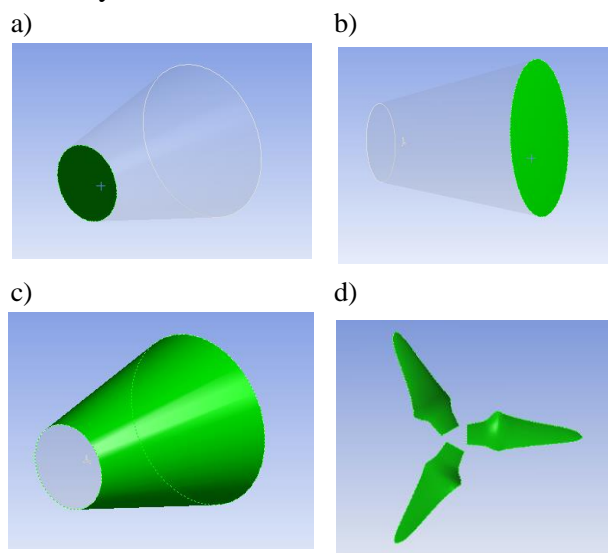


Figura 2 a) Entrada b) Salida c) Pared como truncado d) Turbina

Fuente: *Elaboración Propia*

La entrada, así como la pared del cono truncado tienen la condición de velocidad de entrada, paralela al eje de rotación con sentido hacia la salida. Para la velocidad de entrada se consideran 0.5 m/s, 1 m/s y 1.5 m/s. El diámetro de la entrada es aproximadamente $14R$, y el diámetro de salida es aproximadamente $28R$. Observamos en (Welong, 2016) que teniendo un diámetro a partir de $8R$ ya no se tiene afectación en el torque. La longitud del cono truncado es de aproximadamente $29R$.

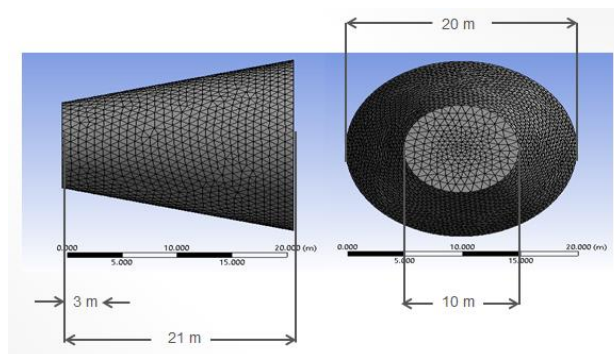


Figura 3 Tamaño del dominio

Fuente: *Elaboración Propia*

Se consideran las tres palas para el análisis, que están posicionadas a 3 m de la entrada. Las dimensiones del dominio se pueden ver en la figura 3. Con la intención de obtener resultados consistentes en base a una buena malla se realizan algunos refinamientos sobre la superficie de la turbina con elementos de 0.01 m en las caras principales y refinamientos con elementos más pequeños en zonas como el borde de salida plano (si lo tiene), raíces y puntas.

Otro refinamiento mostrado en la figura 4 es una esfera de influencia para los elementos cerca de la turbina, teniendo centro en el mismo origen de la turbina con un radio de 1.2 m y sus elementos de 0.05 m.

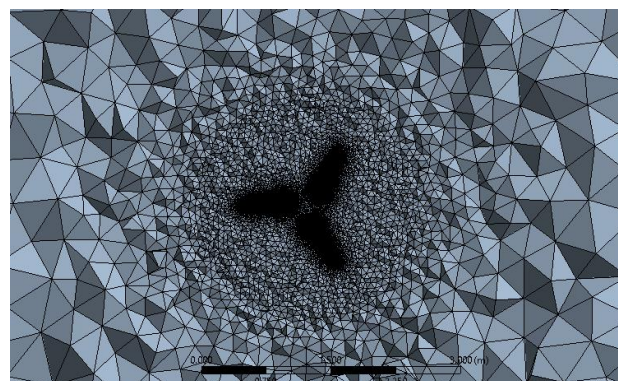


Figura 4 Esfera de influencia y refinamiento en la turbina

Fuente: *Elaboración Propia*

Para tener mejores aproximaciones cerca de la capa límite se utiliza un “Inflation” sobre las superficies de la turbina, con la opción de transición suave de 5 capas con una tasa de crecimiento de 1.2.

El modelo de turbulencia utilizado es el SST- $k - \omega$, este modelo ha sido utilizado con buenos resultados en turbinas de viento y turbinas hidrocínicas (Michael et al., 2011; Nak et al., 2015).

Para el acoplamiento presión-velocidad, el algoritmo seleccionado es el Couple al igual que lo usa (Welong, 2016). Para los gradientes es usado el método "Least squares cell based". El algoritmo "Standard" es usado para la presión. Un algoritmo de segundo orden para la ecuación del Momentum y de primer orden para la energía cinética turbulenta al igual que para la tasa de disipación específica.

El criterio de convergencia para cada corrida es de 1×10^{-5} tal como lo hace (Welong, 2016). El número de iteraciones para lograr la convergencia en todas las simulaciones no fue mayor a 2700. En la condición de diseño de $U=1.5$ m/s y $TSR=4.2$ se corrieron las siguientes simulaciones, no existiendo cambios significativos en el torque a partir de 1.8×10^6 elementos, por lo cual es la malla utilizada por razones de tiempo de computo. Lo anterior se puede observar en la tabla 1.

No. Aproximado de elementos	Torque
1.0×10^6	98.00 N.m
1.8×10^6	99.47 N.m
2.3×10^6	99.73 N.m
3.1×10^6	99.66 N.m

Tabla 1 Número de elementos vs torque
Fuente: Elaboración Propia

Casos para simulación

El perfil con el que se van a manufacturar las palas es con el borde de salida plano de 1.5 mm, la geometría obtenida por el método BEM incluye el perfil completo con el borde de salida en punta por lo que se desea saber si hay diferencia en torque y potencia entre las turbinas con los dos tipos de perfiles que se muestran en la figura 5. Se propone una simulación para cada turbina con la condiciones de diseño ($U=1.5$ m/s y $TSR=4.2$).



Figura 5 Pala con borde de salida plano de 1.5 mm y pala con borde de salida en punta
Fuente: Elaboración Propia

ISSN-2531-2952

ECORFAN® Todos los derechos reservados

Nuevamente con la condiciones de diseño $U=1.5$ m/s y $TSR=4.2$ a las cuales se generó la turbina por medio de método BEM, se hace la simulación CFD para esas condiciones para observar si hay diferencia en torque y potencia entre ambos métodos, utilizando la geometría con el borde de salida plano de 1.5 mm. A la geometría de la turbina a manufacturar (con borde de salida plano) se le realizan varias simulaciones con diferentes velocidades del fluido y varios TSR para obtener las curvas de rendimiento. Se plantean las 12 simulaciones en la tabla 2 con las condiciones siguientes.

U=0.5 m/s		U=1 m/s		U=1.5 m/s	
TSR	ω (rad/s)	TSR	ω (rad/s)	TSR	ω (rad/s)
3	2.0547	3	4.1095	3	6.1643
4.2	2.8767	4.2	5.7534	4.2	8.6301
5	3.4246	5	6.8493	5	10.2739
6	4.1095	6	8.2191	6	12.3287

Tabla 2 Condiciones para las simulaciones en CFD
Fuente: Elaboración Propia

Resultados

Resultados para el borde de salida modificado

Caso	Torque	Potencia
Borde de salida plano de 1.5 mm	99.47 N.m	860.76 W
Borde de salida en punta	103.02 N.m	889.00 W

Tabla 3 Torque y potencia para turbina con palas con borde de salida plano de 1.5 mm y turbina con palas con borde de salida en punta
Fuente: Elaboración Propia

BEM vs CFD

Caso	Torque	Potencia
CFD	99.47 N.m	860.76 W
BEM	119.98 N.m	1035.10 W

Tabla 4 Torque y potencia para CFD y BEM
Fuente: Elaboración Propia

Curvas de rendimiento TSR vs C_p

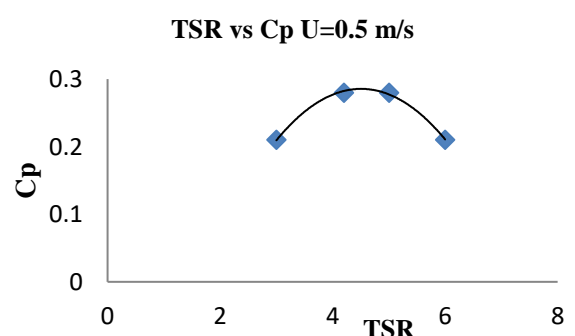


Gráfico 1 Resultados para $U=0.5$ m/s
Fuente: Elaboración Propia

RIVERA-RIVERA, Gilberto & RUBIO-GONZÁLEZ, Carlos. Análisis hidrodinámico de turbina hidrocínética mediante CFD. Revista de Cómputo Aplicado. 2018.

La potencia máxima que se alcanza con una velocidad de 0.5 m/s son 30 W debido a que se tiene poca potencia máxima disponible y su coeficiente es menor a 0.3 de acuerdo al gráfico 1.

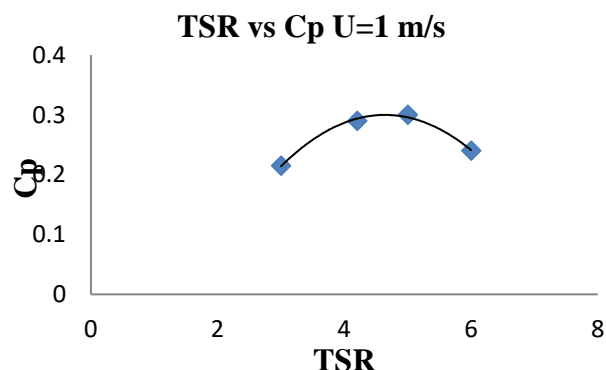


Gráfico 2 Resultados para U=1 m/s
Fuente: Elaboración Propia

Como lo muestran los gráficos 1,2 y 3 las curvas de rendimiento para U=0.5 m/s, U=1 m/s y U=1.5 m/s son similares, sin embargo las potencias máximas que alcanzan son muy diferentes, para velocidades de 1 y 1.5 m/s se tienen potencias máximas de 257 y 893 W respectivamente.

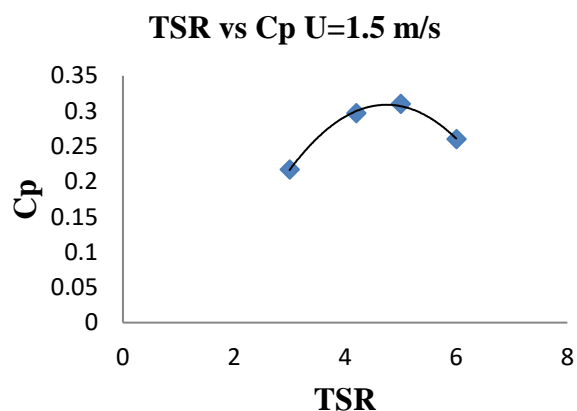


Gráfico 3 Resultados para U=1.5 m/s
Fuente: Elaboración Propia

Distribuciones de presiones y velocidades

La presión máxima (en rojo) en un perfil hidrodinámico se relaciona con el ángulo al cual choca el fluido. En la figura 6 de acuerdo a las presiones a diferentes TSR se observa el cambio de ángulo de trabajo del perfil, este cambia de un ángulo de ataque alto para TSR=3 y un ángulo de ataque cercano a cero a TSR=6.

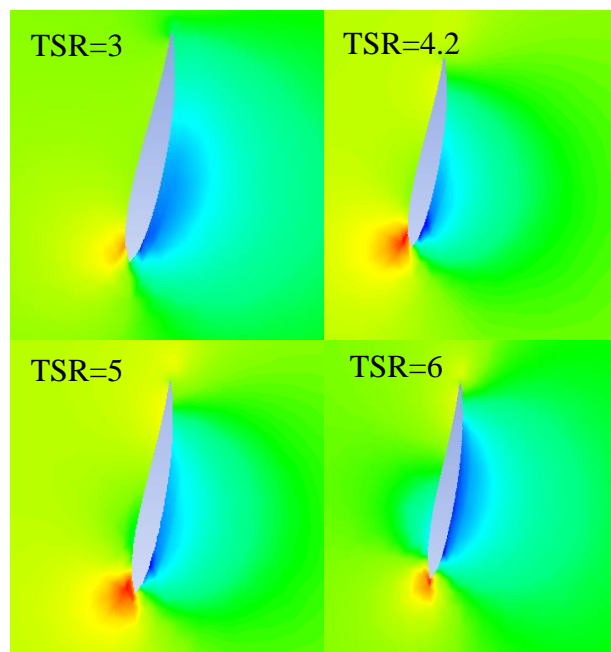


Figura 6 Distribución de presiones a diferentes TSRs. U=1.5 m/s y radio r=0.5 m
Fuente: Elaboración Propia

El ángulo de ataque óptimo para este perfil al número de Reynolds de trabajo es 3.25° . A un TSR=4.2 que es el TSR de diseño, es cuando se observa que el perfil trabaja cerca del ángulo de ataque óptimo, debido a eso un mayor Cp.

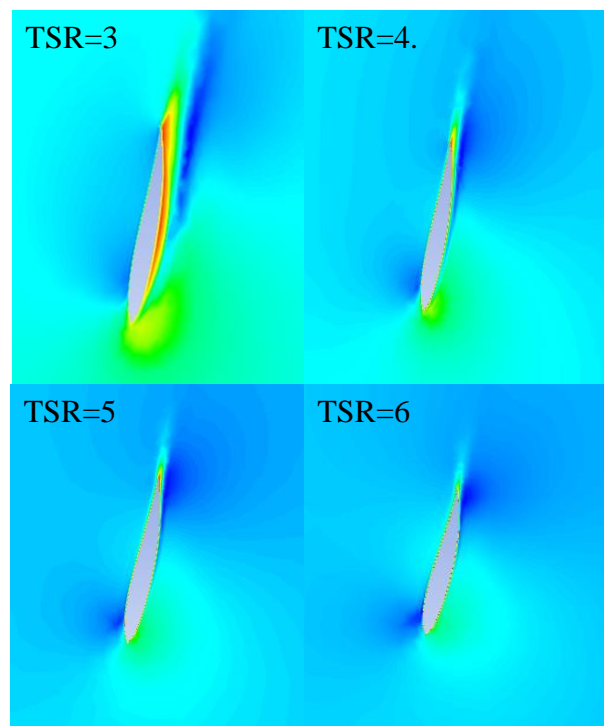


Figura 7 Distribución de velocidades a diferentes TSR a un radio r=0.5 m
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 7 se puede ver que a un TSR=3 las velocidades por el lado de succión son altas y se genera un desprendimiento del flujo y el inicio de vorticidades. Para los otros casos el flujo se muestra más adherido.

Criterio para cavitación

Por cavitación se entiende la formación de bolsas localizadas de vapor dentro del líquido, pero casi siempre en las proximidades de las superficies sólidas que limitan el líquido. En contraste con la ebullición, la cual puede ser causada por la introducción de calor o por una reducción de la presión estática ambiente del líquido, la cavitación es una vaporización local del líquido, inducido por una reducción hidrodinámica de la presión. La condición física fundamental para la aparición de la cavitación es, evidentemente, que la presión en el punto de formación de estas bolsas caiga hasta la tensión de vapor del fluido en cuestión (Marchegiani, 2006).

Al analizar las presiones mínimas en la turbina, entre más alta sea la velocidad del flujo y más alta la velocidad angular menores serán las presiones. En este trabajo la menor presión ocurre en $U=1.5$ m/s y TSR=6 y equivale a -18.53 kPa según la figura 8.

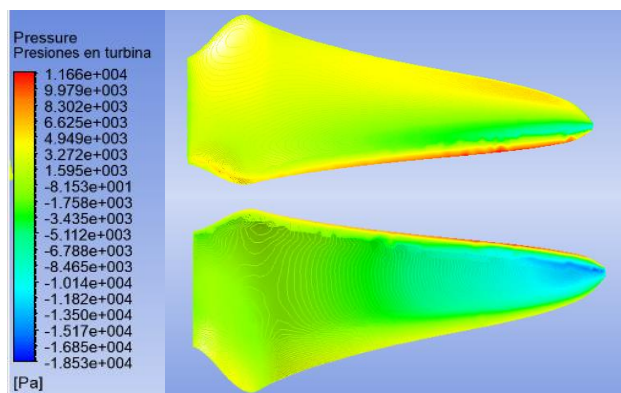


Figura 8 Presiones en turbina. TSR=6, $U=1.5$ m/s
Fuente: Elaboración Propia

Recordando que

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man} \quad (5)$$

Considerando la presión atmosférica aproximadamente 100,000 Pa.

$$P_{abs} = 100000 \text{ Pa} - 18530 \text{ Pa}$$

$$P_{abs} = 81470 \text{ Pa}$$

Esta presión está muy por arriba de la presión de vapor del agua a 23 °C que son 3000 Pa según (Sevilla, 2018). Por lo que con este criterio simple se concluye que en operación no ocurrirá el fenómeno de la cavitación.

Conclusiones

La turbina con palas con el borde de salida plano de 1.5 mm de acuerdo a las simulaciones otorga 3.55 N.m menos que la turbina con el borde de salida en punta, esto equivalente a 3.4 % por lo que se considera una diferencia no tan significativa. Además con las ventajas de ANSYS-Fluent se puede observar que la superficie del borde de salida plano de 1.5 mm tiene una pequeña contribución negativa en el torque.

De acuerdo a lo predicho por BEM para el torque se encuentra una diferencia respecto a la simulación CFD de alrededor de 20 N.m, y en cuestión de potencia de alrededor de 175 W lo cual representa una diferencia del 17% para ambos casos. En la simulación CFD están considerados los cambios geométricos lo cual puede dar una mejor aproximación pero se espera que ambos métodos estén cercanos al resultado experimental.

Como era de esperarse las curvas de rendimiento para las tres velocidades del fluido son similares. Para un TSR=5 se tiene un más alto C_p que con TSR=4.2 debido a que el torque casi es el mismo pero con una mayor velocidad angular, sin embargo para un TSR 6 donde las revoluciones aumentan si decae el coeficiente de potencia, esto sugiere tener un control de la velocidad angular para mantenerla no más aya de 10 rad/s o 95 rpm aproximadamente.

Con las distribuciones de presiones y velocidades de los perfiles se tiene una visualización y mayor comprensión del funcionamiento hidrodinámico. Se corrobora que la geometría diseñada tiene un buen diseño en sus ángulos "Twist" ya que a TSR=4.2 el perfil trabaja a un ángulo de ataque cercano al óptimo. Esto sucede también a otros radios a lo largo de la pala y para las tres velocidades de flujo consideradas.

Para la predicción de la cavitación además de lo presentado en este trabajo es necesario un análisis matemático y un análisis del complejo fenómeno, sobre todo para futuros diseños de mayor radio. Por ahora este diseño se encuentra en un rango seguro.

Agradecimiento

Agradecimiento al Centro Mexicano de Innovación en Energía Océano (CEMIE-Océano) que financia el proyecto general del diseño del prototipo de la turbina hidrocínética. Al Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI) donde fue desarrollado el presente trabajo, y al apoyo de la beca de maestría por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

Referencias

Goundar, J. N., & Ahmed, M. R. (2013). Design of a horizontal axis tidal current turbine. *Applied Energy*, 111, 161–174.

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.04.064>
Lynn, P. A. (2013). *Electricity from wave and tide*. England: Wiley.

Marchegiani, A. R. (2006). *Cavitación*. Comahue.

Michael, L., Ye, L., Danny, S., 2011. Development and verification of a computational fluid dynamics model of a horizontal-axis tidal current turbine. In: *30th International Conference on Ocean, Offshore, and Arctic Engineering*, Rotterdam, Netherlands.

Nak, L., In, K., Chang, K., et al., 2015. Performance study on a counterrotating tidal current turbine by CFD and model experimentation. *Renew. Energy* 79, 122e126.

Reséndiz González, P. A., & Espinoza Hernández, J. (2018). Reporte de diseño básico preliminar y modelos en 3D de un rotor de 3 hélices de 60 cm. Querétaro.

Sevilla, U. d. (2018, Febrero 13). Propiedades del agua. Retrieved Marzo 20, 2018, from http://laplace.us.es/wiki/index.php/Propiedades_del_agua#Equilibrio_agua-vapor

Welong, T. (2016). Numerical simulations of a horizontal axis water turbine designed for. *Naval Architecture and Ocean Engineering*, 73-82.

Programando redes inalámbricas de sensores aplicadas al Internet de las Cosas (IoT): Un análisis sistemático

Programming wireless sensor networks to apply in the Internet of Things (IoT): systematic review

ARIAS-HURTADO, Alma^{†*}, RUIZ-IBARRA, Joel, ESPINOZA-ZALLAS, Edgar y VALENZUELA-MENDOZA, Filiberto

Universidad Estatal de Sonora

ID 1^{er} Autor: *Alma, Arias-Hurtado* / ORC ID: 0000-0002-4003-5588, arXiv Author ID: alma_isabela, CVU CONACYT ID: 824394

ID 1^{er} Coautor: *Joel, Ruiz-Ibarra* / ORC ID: 0000-0002-4932-2006, arXiv Author ID: JoelRuizIbarra, CVU CONACYT ID: 65149

ID 2^{do} Coautor: *Edgar, Espinoza-Zallas* / ORC ID: 0000-0001-7667-5782, arXiv Author ID: edgarez, CVU CONACYT ID: 620815

ID 3^{er} Coautor: *Filiberto, Valenzuela-Mendoza* / ORC ID: 0000-0002-2786-8577, arXiv Author ID: fivame, CVU CONACYT ID: 356875

Recibido Junio 30, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

En este artículo se presenta una revisión sistemática del estado del arte en programación de redes inalámbricas de sensores orientadas a la interconectividad de dispositivos del hogar o industriales, conocido el concepto como Internet de las Cosas (IoT) e Internet Industrial de las Cosas (IIoT). Se presentan las características, las ventajas, los retos de implementación, aspectos de energía, así como los parámetros de desempeño de una red inalámbrica de sensores, que funciona sobre diferentes protocolos como WiFi, IEEE802.15.4, Bluetooth, entre otros. El objetivo de este análisis es facilitar el desarrollo de un entorno de programación amigable para el usuario, que le permita validar el óptimo funcionamiento de una red bajo el esquema IoT, según las necesidades industriales y del hogar. Se proponen métodos para el manejo de la Interfaz de Programación de Aplicaciones (APIs) que proveen los fabricantes de radio transceptores, de modo que la comunicación de capas inferiores del modelo abierto de interconexión de sistemas abiertos (OSI) sea transparente para el usuario, y a su vez le dé amplia manejabilidad de la configuración de la red y sus recursos.

Desarrollo de Redes Inalámbricas de Sensores, Internet de las Cosas, Apis

Abstract

This article presents a state of the art systematic review about Wireless Sensor Networks applied to the interconnection of industrial or home appliances devices. This concept of interconnection among home appliances is well known as Internet of Things (IoT), also the interconnection among industrial devices is known as Industrial Internet of Things (IIoT). We present a review of the WSN-IoT characteristics such as its benefits, implementation challenges, energy issues, within others performance parameters for several protocols for WSN: WiFi, IEEE802.15.4, and Bluetooth. The main goal of this analysis is to facilitate the development of a WSN programming framework, easy to use and faster to implement IoT applications. This review will allow the proper validation of the WSN performance for IoT applications based on the Industrial or home appliances connections needs. We proposes an easy way to implement Application Programming Interface methods provided by radio transceivers in order to make it easy for the developer as long as there is no more need to be involved with lower layers of the OSI stack, and robust enough to use in an efficient way the network resources.

Development Wireless Sensor Networks, Internet of Things, APIs

Citación: ARIAS-HURTADO, Alma, RUIZ-IBARRA, Joel, ESPINOZA-ZALLAS, Edgar y VALENZUELA-MENDOZA, Filiberto. Programando redes inalámbricas de sensores aplicadas al Internet de las Cosas (IoT): Un análisis sistemático. Revista de Cómputo Aplicado. 2018, 2-7: 8-14.

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En este trabajo se lista y analiza el estado del arte en desarrollo de aplicaciones para Redes Inalámbricas de Sensores (WSN) orientadas al Internet de las Cosas (IoT). El principal objetivo es identificar nichos de investigación al detectar la tendencia del desarrollo de aplicaciones IoT, tanto para ciencia básica como para implementaciones comerciales. Se logra, a través de una metodología estructurada, describir y clasificar las propuestas IoT que se encontraron más relevantes. La clasificación de la información permite visualizar los aspectos clave para decidir en cuál de ellos hay mejores oportunidades de aportar al estado del arte.

Objetivos

- General: Identificar la tendencia del estado del arte en la programación de soluciones IoT, tanto para validar proyectos de investigación como para soluciones comerciales.
- Específicos: -Analizar el estado del arte en soluciones de aplicación IoT. –Clasificar las propuestas IoT. –Definir la tendencia del IoT en el diseño de protocolos y aplicaciones.

Metodología

Para obtener una revisión sistemática, como un estudio integrativo, observacional, retrospectivo, se siguieron los siguientes pasos:

- Seleccionar las referencias más significativas del estado del arte en el tema de desarrollo de soluciones IoT.
- Identificar y clasificar factores comunes de las propuestas IoT.
- Identificar oportunidades de investigación y desarrollo.
- Mostrar resultados.
- Concluir.

Se realizó la revisión sistemática del estado del arte en revistas de alto impacto. Como criterios de búsqueda se emplearon las palabras clave “IoT”, “framework”, “broker”, “IoT Gateway”, “IoT API”, “WSN IoT”, “WSN Online”, “WSN Web Service”. En la Figura 1 se muestra un diagrama de flujo de la metodología empleada.

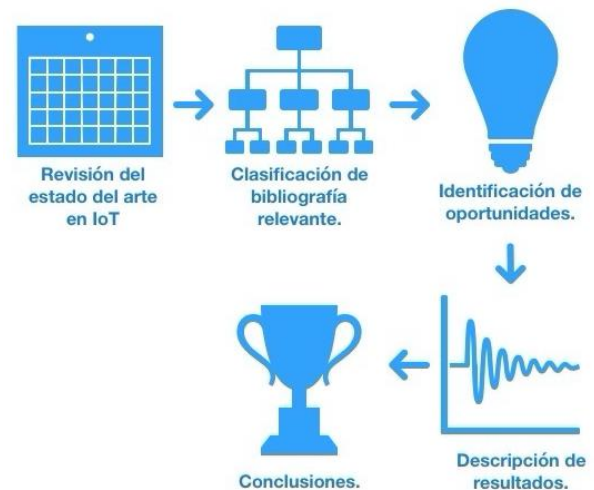


Figura 1 Metodología empleada

Fuente: Elaboración Propia

De un conjunto de alrededor de cien trabajos relacionados se seleccionaron los más significativos que se describen en este artículo. Estos trabajos ayudaron a esbozar el estado del arte en cómo el IoT logra comunicar dispositivos de diferentes lenguajes e infraestructuras a través de Application Programming Interface (APIs).

Se señalan aquellos trabajos que desarrollan marcos de trabajo para unir diferentes dispositivos en una misma nube de información bajo el concepto del IoT. Algunos de ellos están conectados y otros son fuera de línea.

La mayoría de los protocolos de comunicaciones para WSN se basan en una integración horizontal, mientras que los marcos de trabajo para IoS se basan en integraciones verticales, permitiendo interactuar a dispositivos de diferentes fabricantes y estándares.

Desarrollo

El Internet de las Cosas (IoT) se conoce como la interconexión de muebles o “appliances” que originalmente no tendrían necesidad de una conexión a internet, pero que al tenerla pueden generar grandes cantidades de información útil. Esta conexión a internet complementó consigo el concepto de comunicación Máquina a Máquina (M2M), que permite a estos muebles comunicarse entre sí para resolver problemas comunes que faciliten la vida del usuario.

Por poner un ejemplo, la lámpara de la habitación en la que se encuentra el usuario puede avisar por medio de un parpadeo que el servicio de transporte Uber ha llegado por el usuario, siendo esta una tarea diferente para la que la lámpara fue diseñada pero su conexión a internet y su comunicación con otras máquinas le permite extender sus aplicaciones.

Con las Redes Inalámbricas de Sensores (WSN) emergió la necesidad de interconectar diferentes dispositivos con un mismo protocolo. En este concepto los muebles pueden comunicarse en forma “Ad-Hoc” sin tener una infraestructura o punto de acceso viendo grandes ventajas en la coordinación y gestión de datos de la red. Sin embargo, coordinar un solo protocolo para todos los muebles es una tarea colosal.

En un ambiente cambiante como lo es la tecnología, con su evolución crece la necesidad de control y gestión de los protocolos diseñados para ella, que tarde o temprano hace que se ponga en marcha estrategias para hacer frente a esta necesidad. Se requieren estrategias de integración sobre todo cuando el desempeño de la tecnología depende de terceros o intermediarios como en el diseño de protocolos de comunicaciones por capas en el modelo OSI.

Se puede optar por diferentes integraciones de tecnología ya sea para reducir los riesgos asociados a las diferencias de diseño o bien para asegurar el mercado de negocio en el que se comercializa. El IoT trajo esta integración de la manera más amigable y funcional a las WSN. El IoT permite asumir un rol más activo en el desarrollo de tecnología, sin depender tanto de terceros siempre que tengan APIs públicas (Integración Vertical) o bien fusionarse entre diferentes protocolos “cross-layer” para reforzar una necesidad particular en una aplicación (Integración Horizontal).

La Integración Vertical beneficia la intercomunicación de diferentes fabricantes en una misma aplicación IoT, mientras que la Integración Horizontal permite reforzar aspectos particulares de la aplicación, como puede ser su seguridad o su Calidad de Servicio (QoS), haciendo de la IoT un excelente nicho de investigación, innovación y transferencias tecnológicas orientadas a negocios.

En [1] se propone una Integración Vertical de las plataformas IoT con un trabajo conocido como el proyecto Big IoT. Es un modelo de arquitectura para un ecosistema IoT que realiza cinco patrones de interoperabilidad comunes entre dispositivos IoT: Acceso multiplataformas, Acceso a dominio multiaplicación, independencia de plataforma, independencia de la escala de la plataforma y patrones de servicio de alto nivel. Donde la característica fundamental para un ecosistema IoT interoperable es el acceso multiplataformas. En la Figura 2 se muestra un bosquejo del ecosistema IoT.

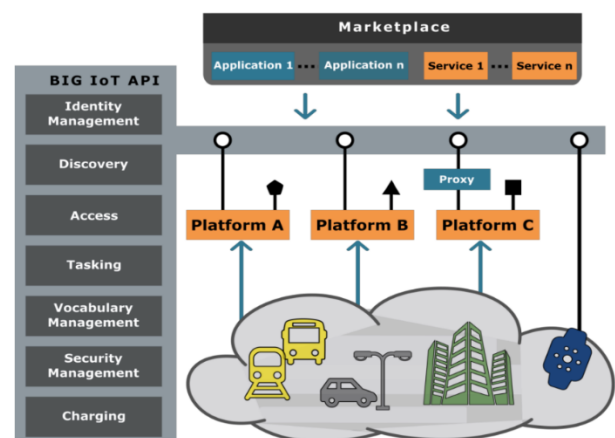


Figura 2 Ecosistema IoT, según Bröring et. al.

Fuente: Elaboración Propia

En [2], se presenta un desarrollo como alternativa a un módulo Ethernet para el sistema Arduino, donde lo interesante es el método para realizar la interconectividad entre un dispositivo móvil a una tarjeta arduino mediante un servidor Web, empleando PHP. Este artículo puede ser considerado una integración vertical donde se le dan capacidades de conectividad a internet a un sistema embebido, creando su propio servidor con herramientas pre-existentes. Estos mismos esfuerzos, realizados en conjunto con empresas y grupos de investigación más robustos, llevan a soluciones más redondeadas que discutiremos más adelante en este mismo trabajo.

En [3], se propone un servicio “ancla” que permita a múltiples aplicaciones IoT comunicarse entre sí y proporcionar datos al usuario mediante protocolo http en una página Web. En la Figura 3 se observa la arquitectura propuesta en [3], donde se observa un esquema basado en gerarquías donde cada proveedor está asociado a una “ancla” y los dispositivos asociados a cada proveedor pueden hacer uso del ancla que les corresponde.

Este modelo es similar al empleado por los “brokers” en el protocolo MQTT [4], basado en publicación y suscripción. Estos esquemas son eficientes para una baja huella de memoria requerida en su funcionamiento, así como bajo consumo de energía al distribuir información de un emisor a múltiples receptores de datos cortos como los generados por sensores.

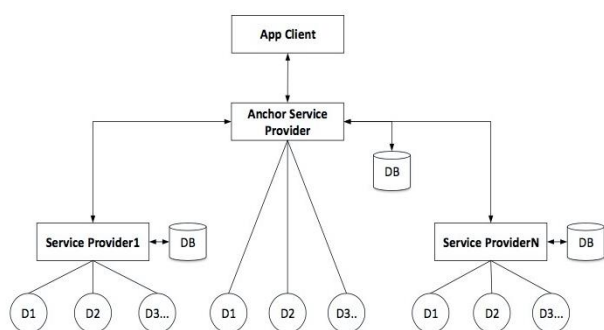


Figura 3 Arquitectura IoT basada en servicio Ancla

Fuente: Elaboración Propia

En [5] se propone un sistema IoT para cambiar el color de la iluminación pública en carreteras donde las condiciones climáticas son causantes de un porcentaje significativo de accidentes. Se plantea cambiar la temperatura (color) de la iluminación para facilitar la visibilidad en neblina o en cielo despejado, retroalimentando el sistema con microservicios como SKPlanet, AirKorea y OpenStreetMap, coordinados por una aplicación en Java Servlet.

En [6] se propone una infraestructura integrada verticalmente, tratando de mitigar las incompatibilidades de APIs entre fabricantes. Contemplan un modelo de datos basados en JSON-LD, cambiando el concepto de IoT a WoT, argumentando que es el Web de las Cosas donde se concentra la información. JSON-LD hace una propagación iterativa de datos para las interfaces WoT, generando una “super estructura” que permite operar entre sí a infraestructuras existentes.

En [7] presentan una estación meteorológica programada para RaspBerry Pi Sense Hat y un adaptador WiFi USB. Argumentan que el uso de un “Micro – Electro – Mechanical - System” (MEMS) para el procesamiento de datos en esta estación meteorológica es crucial dado que es compacto y suficientemente poderoso [8]. En [7] se emplea el servicio de ThinkSpeak como bróker o concentrador de información para detonar acciones en el entorno IoT.

ThinkSpeak te permite recolectar y analizar en MatLab la gran cantidad de datos generados, asignando una acción a un comportamiento definido de estos datos. Aun que en [7] optaron por emplear un RaspBerry Pi, ThinkSpeak funciona también sobre otras plataformas populares como Arduino, ESP8266, Aplicaciones móviles, Twitter, Twilio, entre otras. En la Figura 4 se presenta el diagrama a bloques del sistema propuesto por Govardhan.

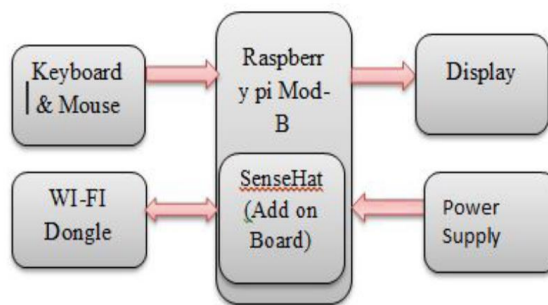


Figura 4 Diagrama a bloques del sistema propuesto en [7]

Fuente: Elaboración Propia

En [9] se presenta un servicio muy completo, de código abierto con APIs públicas para IoT. A este servicio se le llama IoTCloud, está escrito en Java con paquetes de código abierto como Apache Active MQ[10] y JBoss Netty[11]. Finalmente en [9] incluyen el análisis de una cama de pruebas geográficamente distribuida y heterogénea llamada FutureGrid, que según sus resultados, esta mesa de pruebas cumple con una buena flexibilidad para el ambiente IoT, que facilita el estudio y desarrollo de nuevas aplicaciones colaborativas, escalables, centradas en los sensores.

[12] Propone un sistema llamado Calvin. Calvin es un lenguaje y plataforma para desarrollo de aplicaciones IoT que se divide en cuatro aspectos: describir, conectar, desplegar y administrar. Calvin tiene una suite ligera de APIs que le permiten interactuar con el exterior para unir el IoT con la nube. Calvin oculta los detalles del protocolo en la capa de transporte en un intento de hacer el sistema heterogéneo, permitiendo tomar decisiones autónomas, mejorando la comunicación al evitar un esquema de comunicación directa de dispositivo a la nube y de cliente a servidor. Esta propuesta está desarrollada en software libre, en sus etapas iniciales para poder abrirse a contribuciones en su arquitectura y mejorar su rendimiento.

En [13], se aproxima a los esquemas comerciales de “broker”, donde se propone un concentrador de protocolos IoT, que tenga disponibles APIs de comunicación entre sí, orientado a sensores. Los dispositivos IoT, en esta propuesta son clasificados en ecosistemas cerrados llamados “silos”. Cada ecosistema tiene su conjunto de APIs para poder comunicarse a los dispositivos IoT del mismo. En esta propuesta se evidencia el problema de que con cada nuevo fabricante de dispositivos IoT, nace un nuevo silo que requiere poder ser interconectado con los silos pre-existentes.

En [13] se propone un estándar abierto e interoperable para resolver este problema. Entre los estándares IoT existentes, encuentran como la mejor opción el estándar de API SensorThings de el consorcio abierto geoespacial (OGC). Este estándar pre-existente considera solamente las capacidades de sensar y compartir esta información por internet. En el trabajo descrito se propone complementar a SensorThings con la capacidad de realizar tareas, en base a los datos recopilados por los sensores. En la Figura 5 se observa la secuencia de Web Service propuesta por Huang.

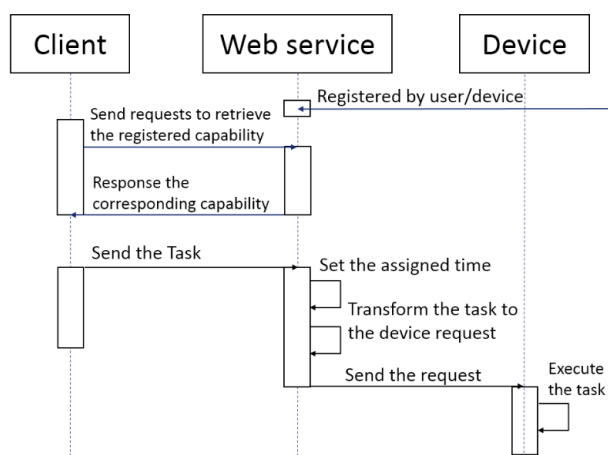


Figura 5 Diagrama de propuesta de Web Service de Huang

Fuente: *Elaboración Propia*

[14] propone un modelo llamado Epidosite, que es un sistema de programación “por demostración” que intenta resolver las limitaciones de sistemas anteriores al utilizar teléfonos inteligentes como concentradores para automatizaciones IoT.

Similar a otras publicaciones como [9, 8], en [14] se argumenta que en la programación de usuario final solamente hay compatibilidad entre dispositivos del mismo fabricante, o del mismo ecosistema que da acceso a sus APIs. Epidosite, al igual que las respectivas soluciones en [13] y [12] permiten traducir de manera sencilla para el usuario, las instrucciones disponibles en diferentes dispositivos IoT de fabricantes distintos, a través de sus APIs. Epidosite asegura tener compatibilidad entre diferentes marcas de fabricantes empleando teléfonos inteligentes como concentradores IoT.

Estos teléfonos y sus periféricos permiten controlar desde dispositivos WiFi, Bluetooth e incluso infrarrojos (Teléfonos LG G5, Galaxy S6, HTC, etc) dándole a Epidosite la extensión a dispositivos no inteligentes como televisores y aires acondicionados antiguos, sin embargo deben dirigir el haz infrarrojo hacia el dispositivo. Epidosite asegura tener interoperabilidad a través de múltiples dispositivos IoT aún de diferentes fabricantes. Finalmente Epidosite clama tener una buena usabilidad, ya que minimiza la necesidad de aprendizaje de conceptos de programación.

En [15] se aborda un tema que no se había tocado en los artículos anteriores, el consumo de energía, con la propuesta Enersave API. Este es un nicho de gran importancia donde coexistan dispositivos inalámbricos con protocolos de conectividad como en el IoT. Este artículo propone un esquema para optimizar el consumo de energía en una IoT basada en teléfonos inteligentes, similar a [14], argumentando que los principales consumidores de energía son el brillo de la pantalla, el esquema de color, la frecuencia de operación del procesador (CPU), la red 2g / 3G, mapas, localización, Bluetooth y WiFi. Se propone una API para ahorro de energía y se compara con versiones comerciales como el “DU Battery Saber” y “Battery Saber 2016” disponibles en el mercado Android. Sus comparaciones demuestran que Enersave API tiene un impacto significativo en el ahorro de energía cuando se incorpora a las aplicaciones android. Mientras que las referencias DU Battery Saver y Battery Saver 2016 ahorran de 22.2% a 40.5% de energía, respectivamente, Enersave API ahorra hasta 84.6% de la energía en batería.

En [16] se aborda la natural evolución de las WSN hacia el IoT, surgiendo la necesidad de una nube que entienda los diferentes protocolos WSN. Se maneja el concepto WSN interconectada entre diferentes fabricantes como la Web of Things (WoT). Proponen un esquema de APIs para comunicar máquinas (M2M) de diferente fabricante y protocolo. Al esquema propuesto se le llama “Mobius” y “&Cube” como Gateway entre elementos WSN sin acceso directo a internet.

[17] describe el desarrollo de un marco de trabajo para IoT basado en comunicación M2M. Se hace hincapié en que un marco de trabajo IoT debe de tener las siguientes características:

- a. Sensado: Uno de los principales retos del IoT es el unificar el mundo físico del mundo virtual.
- b. Red de redes: IoT debe unificar diferentes redes.
- c. Procesado inteligente: La inteligencia en el procesado implica liberar al humano de las grandes cantidades de información que la IoT genera y actuar conforme esa información para facilitar su trabajo.

[18] Analiza un modelo de cómputo sin servidor para aplicarlo al concepto IoT mediante el marco de trabajo Kappa, desarrollado en Calvin. Se considera combinar los recursos de la plataforma, donde se asocian las capacidades de los nodos con los requerimientos de los usuarios de la red. Estas APIs prometen una interfaz intuitiva para el desarrollo de aplicaciones.

En algunos casos es importante que la información no salga de la red local, sobretodo cuando hay aspectos de confidencialidad, por lo que este concepto es útil para el IoT aplicado a la industria (Industrial IoT-IIoT).

Finalmente en [19] se aborda el IoT desde una manera más comercial y amigable para el usuario. Se presenta un portal llamado IFTTT (<https://ifttt.com/discover>) que proviene de “If This, Then That (IFTTT)”. Esta página WEB conecta con APIs servicios de diferentes fabricantes y lenguajes de programación. Se genera una cuenta y se pueden conectar diferentes servicios con triggers o disparadores que generan una acción.

Con esta aplicación se puede desde ordenar sincronizar dropbox con instagram, hasta hacer parpadera la iluminación de la habitación cuando el vehículo de UBER ha llegado por el usuario. Estas propuestas han intentado resolver el problema de conectar a una misma aplicación diferentes dispositivos IoT y lograr que se comuniquen entre si, a pesar de haber sido programados en diferentes lenguajes y para diferentes plataformas.

Conclusiones

IoT es una corriente tecnológica muy prometedora. Se logran unificar a diferentes protocolos, fabricantes y aplicaciones con un lenguaje intuitivo y amigable para el usuario final. En este análisis sistemático se observa que es necesario ampliar la gama de APIs públicas disponibles en redes de sensores y aplicaciones móviles para mejorar el desempeño del sistema IoT y la experiencia del usuario. El IoT ha traído consigo retos en el manejo de grandes cantidades de información. La tecnología inmersa en el IoT no es necesariamente novedosa, sin embargo el concepto por sí mismo ha unificado la tecnología para generar datos a partir de sensores, procesar estos datos y ofrecer resultados en una forma ubicua, de modo que el resultado obtenido con el IoT es más productivo que la suma de las partes que lo componen.

Referencias

- [1] Bröring, Arne & Schmid, Stefan & Schindhelm, Corina-Kim & Khelil, Abdelmajid & Kabisch, Sebastian & Kramer, Denis & Phuoc, Danh & Mitic, Jelena & Anicic, Darko & Teniente, Ernest. (2017). *Enabling IoT Ecosystems through Platform Interoperability*. IEEE Software. 34. 54-61. 10.1109/MS.2017.2.
- [2] CHENOWETH, Iván R, ABRIL-GARCIA, José Humberto, MEZA-IBARRA Iván Dostoyewski. (2017). *Alternativa del módulo Shield Ethernet de Arduino usando una PC*. Revista de tecnologías de la información. Vol IV, No X, Páginas 1-7.
- [3] Hang, Lei & Kim, D.-H. (2017). *Design and Implementation of IoT Interworking of Anchor Service Provider and Mobius Platform Using RESTful API*. International Journal of Control and Automation. 10. 101-112. 10.14257/ijca.2017.10.10.09.

- [4] MQTT Community, (2018). *MQTTv3.1.1*. Extraído de <http://mqtt.org> el 25 de Julio de 2018.
- [5] Satrya, Gandeve & Reda, Haftu & Kim, Jin Woo & Daely, Philip & Shin, Soo & Chae, Seog. (2017). *IoT and Public Weather Data Based Monitoring & Control Software Development for Variable Color Temperature LED Street Lights*. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 7. 366. 10.18517/ijaseit.7.2.1578.
- [6] Li, Wenbin & Privat, Gilles. (2016). *Cross-Fertilizing Data through Web of Things APIs with JSON-LD*. Conferencia: European Semantic Web Conference, Workshop on "Services and Applications over Linked APIs and Data".
- [7] Govardhan, G & Hussain, Dr. S. & S A K, Jilani. (2016). *A Smart Gadget to Analyse the Weather Changes Using SenseHat Sensor and Internet of Things(IoT)*. Indian Journal of Science and Technology. 9. 10.17485/ijst/2016/v9i35/95768.
- [8] FangZ, ZhaoZ, DuL, ZhangJ, PangC, GengD. A New portable micro weather station. Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems Xiamen, China, 2010, p. 379-82. ^[1]_{SEP}
- [9] Fox, Geoffrey & Kamburugamuve, Supun & D. Hartman, Ryan. (2012). *Architecture and measured characteristics of a cloud based internet of things API*. Conferencia: Collaboration Technologies and Systems (CTS), 2012 International Conference on. 6-12. 10.1109/CTS.2012.6261020.
- [10] RAO, A. 2002. *Web Services Unleashed*, garage insight <http://www.garage.com/newsletter/index.shtml>
- [11] Hapner, M., Burrige, R., Sharma, R., Fialli, J., and Stout, K. 2002. *Java Message Service*. Sun Microsystems Inc., Santa Clara, CA.
- [12] Persson, Per & Angelsmark, Ola. (2015). *Calvin – Merging Cloud and IoT*. Procedia Computer Science. 52. 10.1016/j.procs.2015.05.059.
- [13] Y. Huang, C & H. Wu, C. (2016). *Design and implement an interoperable Internet of Things application based on an extended OGC sensorthings API standard*. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XLI-B4. 263-266. 10.5194/isprsarchives-XLI-B4-263-2016.
- [14] Li, Toby & Li, Yuanchun & Chen, Fanglin & Myers, Brad. (2017). *Programming IoT Devices by Demonstration Using Mobile Apps*. Conferencia: International Symposium on End User Development (IS-EUD 2017) 10.1007/978-3-319-58735-6_1.
- [15] Muharum, A.M. & Joyejob, V.T. & Hurbungs, Visham & Beeharry, Yogesh. (2017). *Energysave API: Android-Based Power-Saving Framework for Mobile Devices*. Future Computing and Informatics Journal. 2. 10.1016/j.fcij.2017.07.001.
- [16] Kim, Jaeho & Choi, S.-C & Ahn, I.-Y & Sung, N.-M & Yun, Jaeseok. (2016). *From WSN towards WoT: Open API scheme based on oneM2M platforms*. Sensors (Basel, Switzerland). 16. 10.3390/s16101645.
- [17] Bhagyashri K, Suresh V, Gita G, Amit K, Gokul T, Girishchandra, Pradeep K. (2015). *The Integrated Middleware Framework for Heterogeneous Internet of Things (IoT)*. The Integrated Middleware Framework for Heterogeneous Internet of Things (IoT). 4. 5.
- [18] Persson, Per & Angelsmark, Ola. (2017). *Kappa: serverless IoT deployment*. Conferencia: the 2nd International Workshop. DOI: 10.1145/3154847.3154853.
- [19] IFTTT Platform. (2018). *Discover IFTTT and applets*. Recuperado el 29 Julio 2018, de IFTTT Sitio web: <https://ifttt.com/discover>

Desarrollo de un sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas

Development of a portable system for processing and visualization of ultrasonic signals

CARMONA-MARTÍNEZ, Luis†*, SOTO-CAJIGA, Jorge, GÓMEZ-HERNÁNDEZ, Alejandro y RODRÍGUEZ-OLIVARES, Noé

Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, c.p. 76125, Col. Desarrollo San Pablo, Querétaro, Qro. México

Cuerpo Académico de Automatización y Control, Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ), Av. Playa Pie de la Cuesta No. 2501, c.p. 76128, Col. Unidad Nacional, Querétaro, Qro. México

ID 1^{er} Autor: *Luis, Carmona-Martínez* / ORC ID: 0000-0002-7925-1229, Researcher ID Thomson: H-1068-2018, CVU CONACYT ID: 486128

ID 1^{er} Coautor: *Jorge, Soto-Cajiga* / ORC ID: 0000-0002-1737-5197, Researcher ID Thomson: I-5468-2018, CVU CONACYT ID: 167955

ID 2^{er} Coautor: *Alejandro, Gómez-Hernández* / ORC ID: 0000-0003-2089-9829, Researcher ID Thomson: H-1075-2018, CVU CONACYT ID: 486382

ID 3^{er} Coautor: *Noé, Rodríguez-Olivares* / ORC ID: 0000-0001-5892-0625, Researcher ID Thomson: I-5012-2018, CVU CONACYT ID: 444191

Recibido Junio 20, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

El presente trabajo consiste en el desarrollo tecnológico de un sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas, que permite procesar las señales ultrasónicas capturadas de dos transductores piezoeléctricos en modo pulso eco o uno en modo dual. El objetivo del trabajo es contar con un equipo portátil de bajo costo y de arquitectura abierta para la inspección manual por ultrasonido. El desarrollo del sistema consiste en una serie de módulos electrónicos integrados a un FPGA, permitiendo el control y captura de señales ultrasónicas. Primero el FPGA envía la información capturada a una tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 3 para el procesamiento de la señal. Después, se utiliza la Transformada Discreta de Fourier para ajustar la frecuencia de filtrado de la señal ultrasónica mediante un filtro FIR. Finalmente, la señal filtrada es visualizada en formato A-Scan mediante una pantalla compatible con la tarjeta Raspberry Pi 3 y esta información es utilizada para la medición de espesores y detección de fallas. La validación del sistema de medición se hizo utilizando un bloque escalonado para calibración de espesores y se compararon los resultados obtenidos contra un equipo comercial.

Ultrasonido, Transformada discreta de Fourier, procesamiento digital de señales

Abstract

The present work consists of the technological development of a portable system for the processing and visualization of ultrasonic signals, which allows to process the captured ultrasonic signals of two piezoelectric transducers in echo pulse mode or one in dual mode. The objective of the work is to have a portable equipment of low cost and open architecture for manual inspection by ultrasound. The development of the system consists of a series of electronic modules integrated to an FPGA, allowing the control and capture of ultrasonic signals. First the FPGA sends the captured information to a Raspberry Pi 3 development card for signal processing. Then, the Discrete Fourier Transform is used to adjust the filtering frequency of the ultrasonic signal through an FIR filter. Finally, the filtered signal is displayed in A-Scan format through a screen compatible with the Raspberry Pi 3 card and this information is used for thickness measurement and fault detection. The validation of the measurement system was made using a stepped block for thickness calibration and the results obtained against a commercial team were compared.

Ultrasound, discrete Fourier transform, digital signal processing

Citación: CARMONA-MARTÍNEZ, Luis, SOTO-CAJIGA, Jorge, GÓMEZ-HERNÁNDEZ, Alejandro y RODRÍGUEZ-OLIVARES, Noé. Desarrollo de un sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas. Revista de Cómputo Aplicado. 2018, 2-7: 15-23.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: alberto0488@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El mantenimiento preventivo, es la actividad humana cuyo fin es asegurar la calidad del funcionamiento de bienes y servicios que proporcionan las máquinas e instalaciones (Pérez, 1977). Una de las preocupaciones más frecuentes en diferentes ramos de la industria es el problema de la corrosión, efecto que ataca a la mayoría de los metales y debilita su estructura, este fenómeno llega a poner en riesgo a los sistemas de producción, como en el caso de la industria civil y petrolera. Así mismo la corrosión y las imperfecciones en recipientes y ductos que transportan materiales peligrosos a alta presión, son un peligro para las personas que interactúan y se encuentran cerca de ellos.

México cuenta con normas y reglamentos que establecen las bases para que el transporte y almacenamiento de materiales peligrosos se desarrolle en un marco de seguridad y eficiencia para los trabajadores, usuarios, medio ambiente y las vías generales de comunicación, ejemplos de esto son: el Reglamento del servicio Ferroviario y el Reglamento para el transporte terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. La inspección de estos ductos y recipientes, respecto a las normas y reglamentos, debe ser realizada por un particular (tercero) certificado, encargado de validar el correcto estado de los ductos y recipientes.

La medición de espesores es una tarea indispensable en la supervisión y en el mantenimiento de una gran cantidad de sistemas de distribución de líquidos y gases, principalmente en aquellos con características corrosivas. La medición de espesores mediante el empleo de ondas ultrasónicas es un método alternativo que ha tenido un gran éxito en esta labor, dado que permite obtener medidas suficientemente precisas sin causar ningún daño a la estructura analizada.

En las pruebas realizadas para la medición de espesores por medio de ultrasonido, para visualizar la información deseada se requiere adquirir las señales por medio de un osciloscopio, Matlab y/o Labview, para luego ser interpretadas por medio de cálculos, este procedimiento es poco flexible debido a la cantidad de equipos que se requieren y al procedimiento realizado para interpretarlos.

Existen equipos de uso comercial, sin embargo estos equipos son costosos, con arquitectura cerrada y algunos pocos flexibles en el manejo de datos. Actualmente se desea aprovechar las investigaciones realizadas para desarrollar un equipo de medición de espesores por ultrasonido que sea de uso portátil, sin embargo para alcanzar dicho objetivo se requiere que el sistema cuente con una interfaz, que permita al usuario interactuar con el dispositivo de forma fácil y entendible. Dado que una interfaz comercial no puede acoplarse directamente al sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas, es necesario desarrollar una arquitectura que procese la información y la muestre de forma gráfica y entendible.

La realización de este proyecto complementará las investigaciones realizadas, permitiendo crear un equipo portátil de medición de espesores, capaz de mostrar la información obtenida, de forma deseada para el usuario. Además, el desarrollo de esta arquitectura permitirá la creación de tecnología propia, encaminado a reducir costos en la implementación de aplicaciones que involucren medición de espesores, orientados al medio industrial regional y nacional.

En cuestión de trabajos desarrollados, relacionados con el desarrollo de interfaces gráficas para sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas, se tienen los siguientes:

Guangde Song (Song, 2004) Publicó un artículo en el cual presentan un nuevo instrumento inteligente, especializado en la inspección de defectos en rieles, el sistema utiliza como interfaz gráfica una PC industrial en la cual visualizan las imágenes en formato A-Scan.

Olarte Cortes (Cortez, 2010), publicó una tesis la cual tuvo como objetivo el diseño e implementación de un dispositivo para medir espesores de tuberías y tanques mediante la utilización de señales de ultrasonido, este sistema diseñado para ser portátil, utilizando como interfaz un LCD de 16x2.

John Jiménez (Jimenez, 2010), publicó un artículo sobre la detección y caracterización de defectos en tuberías metálicas en pruebas ultrasónicas por inmersión, en esta investigación realizan ensayos no destructivos por medio de medición por ultrasonido, utilizando como interfaz gráfica para el análisis de las pruebas Labview.

Dingguo Xiao (Xiao, 2012), publicó un artículo el cual tuvo como objetivo, el desarrollo de un sistema para medir las características de los detectores de fallas ultrasónicas, la interfaz utilizada en este equipo es una computadora con un programa desarrollado en C++.

El valor agregado de este trabajo respecto a los trabajos encontrados consiste en la portabilidad del sistema y en la visualización gráfica en formato A-Scan, que permite al usuario dar una mejor interpretación de la señal capturada.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: En la sección 2 se presenta una breve descripción del marco teórico que fundamenta esta investigación. El desarrollo de este trabajo se presenta en la sección 3 e incluye la descripción de la arquitectura del sistema y la interfaz gráfica. En la sección 4 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas. Finalmente en la sección 5 se presentan las conclusiones del trabajo.

Marco teórico

Las ondas sonoras que están más allá del umbral máximo de audición de los humanos (desde los 16 Hz y tiene un límite superior de aproximadamente 20 KHz) se clasifican como ultrasonidos, que generalmente comienza en un límite inferior de aproximadamente 18 KHz (Ahmad, 2012).

A medida que aumenta la frecuencia del ultrasonido, la longitud de onda disminuye permitiendo un mayor grado de precisión y resolución de medición que sería necesario para aplicaciones tales como la ecografía médica, que utiliza frecuencias de ultrasonido entre 2 y 20 MHz. Cuando una señal de ultrasonido viaja de un medio material a otro medio diferente, un porcentaje de la energía de señal pasa al otro medio, mientras que el resto de la energía se refleja hacia atrás (Figura 1).

Dada la velocidad de las señales de ultrasonido en varias densidades de material y midiendo las propiedades de la señal reflejada, como la diferencia temporal entre ecos y la magnitud de la señal, podemos calcular cierta información útil sobre el material examinado, como el espesor, permitiendo así, hacer un análisis no destructivo de los materiales (Ahmad, 2012).



Figura 1 Principio de operación del ultrasonido
Fuente: (Olympus Corporation, 2011)

El método matemático para el análisis por ultrasonido está determinado por la Ecuación 1. Donde d representa el espesor del material, v representa la velocidad del sonido en el material y t el tiempo de vuelo (Olympus Corp., 2011).

$$d = \frac{1}{2} v * t \quad (1)$$

Formatos de presentación

La presentación de las señales depende del equipo ultrasónico utilizado. Entendiéndose por presentación de señales la forma como las señales recibidas son procesadas y mostradas en la pantalla para tener un medio de evaluación. Existen tres tipos de presentación estandarizadas: A-Scan, B-Scan y C-Scan (Sagrero, 2012), también pueden presentarse otros tipos de presentación de señales dependiendo del número y estilo de transductores.

Muchos de los sistemas ultrasónicos de prueba utilizan una presentación básica A-Scan (Figura 2). La línea base horizontal indica el tiempo transcurrido o distancia recorrida por el haz ultrasónico (de izquierda a derecha) y la deflexión vertical muestra la amplitud de la señal (ECO).

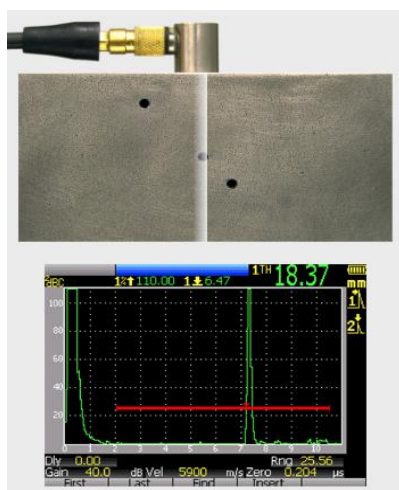


Figura 2 Presentación A-Scan
 Fuente: (Olympus Corporation, 2018)

Cuando se conocen las dimensiones del objeto de prueba, el ultrasonido puede utilizarse para medir las velocidades ultrasónicas y calcular el módulo elástico de un material. La amplitud de la señal representa la intensidad de la energía ultrasónica recibida por el equipo. Esto puede relacionarse con el tamaño de discontinuidades, atenuación en el objeto de prueba, dispersión del haz y otros factores. Frecuentemente la visualización B-Scan (Figura 3) se usa conjuntamente con la visualización A-Scan como una adición a la visualización A-Scan estándar. Por lo tanto el criterio de diseño del sistema depende del equipo A-Scan y de la aplicación requerida. Cuando se necesita una alta velocidad de exploración la visualización B-Scan puede ser una ventaja para el operador. La vista B-Scan muestra una vista bidimensional de la sección transversal de la pieza bajo ensayo. Usualmente, el eje horizontal representa la posición del transductor y el eje vertical representa el recorrido del haz ultrasónico (espeso de la pieza).

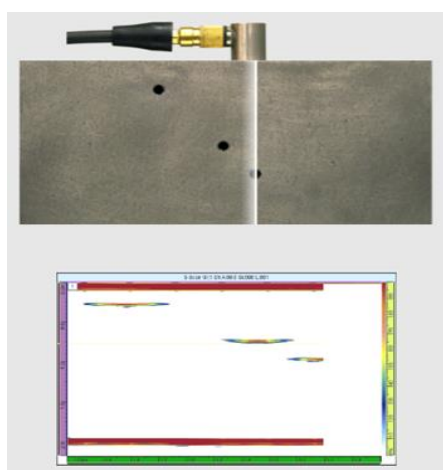


Figura 3 Presentación B-Scan
 Fuente: (Olympus Corporation, 2018)

La presentación C-Scan (Figura 4) es una visualización bidimensional de los datos ultrasónicos mostrados como vista superior de la pieza bajo ensayo. En la visualización C-Scan tanto el eje Vertical como el eje horizontal, representando las coordenadas del transductor.

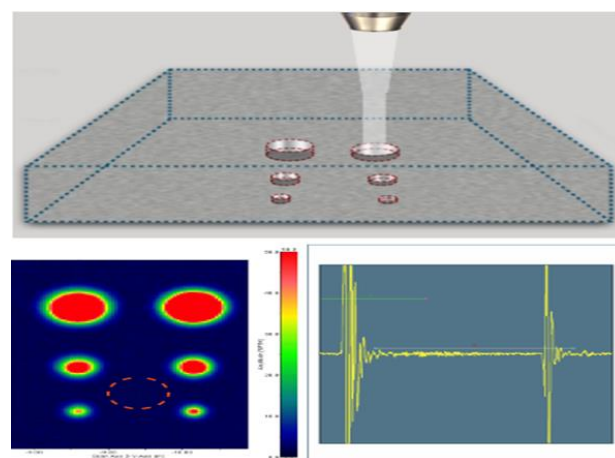


Figura 4 Presentación C-Scan
 Fuente: (Olympus Corporation, 2018)

Transformada discreta de Fourier

Las transformaciones matemáticas son aplicadas a las señales para obtener de ellas más información que aquella que se puede obtener de la señal pura. La idea de Fourier de representar una señal periódica como una suma ponderada de senos y cosenos fue recibida con escepticismo en 1807, hoy en día es la más conocida de las transformaciones existentes, permitiendo transformar el punto de vista de una señal desde la base de tiempo a la base de frecuencia, tal como se presenta en la Figura 5.

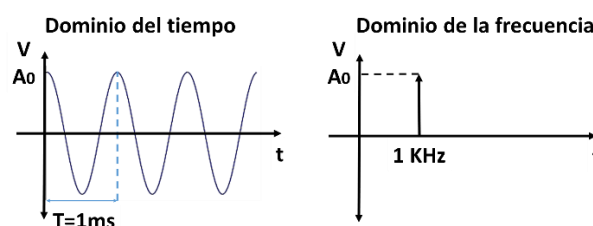


Figura 5 Representación gráfica de Fourier
 Fuente: Elaboración Propia

La función original es una función en el dominio del tiempo, pero al momento de realizar operaciones se debe tratar con señales continuas o series de datos de longitud infinita. La electrónica obliga a trabajar con un número finito de datos discretos que además tienen una precisión finita.

Es donde entra la transformada discreta de Fourier, la cual solo requiere que la función de entrada sea una secuencia discreta y con duración finita. Dicha secuencia se suele generar a partir del muestreo de una función continua como se muestra en la Tabla 1.



Tipo de transformada	Ejemplo de señal
Transformada de Fourier	
Transformada discreta de Fourier	

Tabla 1 Comparación de transformadas
Fuente: *Elaboración Propia*

La transformada discreta de Fourier en el dominio del tiempo, $x[n]$ consiste en una serie de puntos que corren de 0 a $N - 1$. En el dominio de la frecuencia la transformada discreta de Fourier produce dos señales que corren de 0 a $N/2$, una parte real, escrita como: $ReX[n]$, y una parte imaginaria, escrita como: $ImX[n]$. La transformada discreta de Fourier va del dominio del tiempo a la frecuencia, mientras que la transformada discreta inversa de Fourier va del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo, como se muestra en la Figura 6.

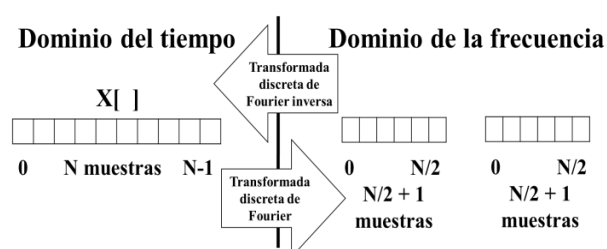


Figura 6 Representación del dominio del tiempo al de la frecuencia y viceversa
Fuente: *Elaboración Propia*

Desarrollo

La arquitectura desarrollada en este trabajo está compuesta por un sistema de transductores piezoeléctricos ultrasónicos, un sistema de generación de pulsos, un sistema receptor de señales de ultrasonido, un sistema de adquisición de las señales, un sistema de procesamiento y un sistema de visualización de las señales ultrasónicas (Figura 7).

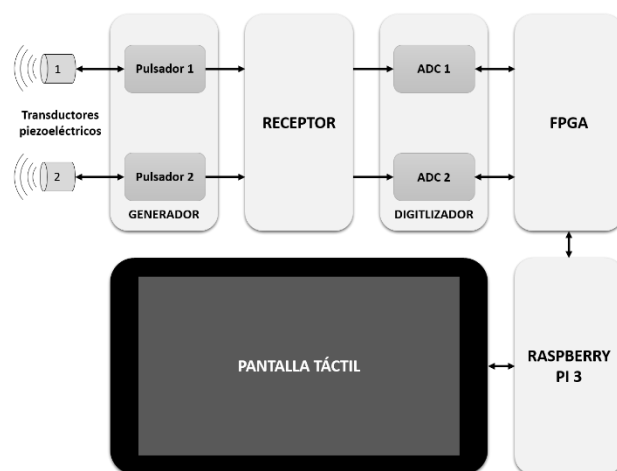


Figura 7 Arquitectura del sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas
Fuente: *Elaboración Propia*

Sistema de generación, recepción y digitalización de señales ultrasónicas

En el sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas de este trabajo, como en muchos otros sistemas electrónicos sofisticados, los componentes de procesamiento de señales analógicas son clave para determinar el rendimiento general del sistema.

El primer sistema que entra en función de todos es el generador de pulsos de alto voltaje (-100 VDC) con duración de tiempos cortos (ns), el objetivo de este sistema es generar los pulsos para que el transductor piezoeléctrico pueda convertirlos en pulsos sonoros de alta frecuencia, al rebotar y ser regresados al transductor, este mismo los convierte en señales eléctricas para ser enviadas a un convertidor analógico-digital (sistema digitalizador) y poder llegar en forma binaria al FPG.

Otra parte clave de la arquitectura de este trabajo es el sistema receptor compuesto por un circuito acondicionar de señales analógicas, el cual se encarga de suprimir el alto voltaje, recibir solo las señales ultrasónicas, mitigar ruidos no deseados y amplificar las señales ultrasónicas para su posterior digitalización. Finalmente el sistema digitalizador se encarga de capturar las señales provenientes del transductor piezoeléctrico de 5 MHz a una tasa 10 veces más (50 Mhz) para poder procesar mejor la señal.

Sistema de procesamiento y visualización

El sistema de procesamiento y visualización está compuesto principalmente por una tarjeta Raspberry Pi 3 y una pantalla táctil de 7 pulgadas. Las señales recibidas por el FPGA son enviadas a la Raspberry Pi 3 por medio de comunicación serial en paquetes de 1025 bytes que forman una señal completa. Cada señal es procesada antes de ser visualizada en formato A-scan, como se muestra en la Figura 8.

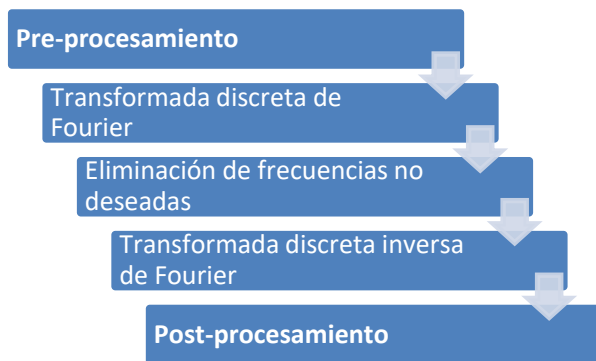


Figura 8 Secuencia de procesamiento mediante Fourier
Fuente: *Elaboración Propia*

El primer paso del procesamiento consiste en aplicar la transformada discreta de Fourier para convertir la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, la ecuación utilizada para aplicar la transformada discreta de Fourier es la que se muestra en la Ecuación 2 (parte real) y en la Ecuación 3 (parte imaginaria).

$$ReX[k] = \sum_{i=0}^{N-1} x[i] \cos\left(\frac{2\pi ki}{N}\right) \quad (2)$$

$$ImX[k] = \sum_{i=0}^{N-1} x[i] \sin\left(\frac{2\pi ki}{N}\right) \quad (3)$$

Una vez en el dominio de la frecuencia se aplica una máscara sobre el arreglo de datos para eliminar las frecuencias no deseadas y finalmente se aplica la transformada discreta de Fourier inversa (Ecuación 4) para convertir la señal filtrada del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo, y así poder ser utilizada la señal para su visualización.

$$ReX[k] = \sum_{i=0}^{N-1} x[i] \cos\left(\frac{2\pi ki}{N}\right) + ImX[k] \sum_{i=0}^{N-1} x[i] \sin\left(\frac{2\pi ki}{N}\right) \quad (4)$$

Interfaz de usuario

La interacción general se lleva a cabo por medio de interfaces gráficas empleando una pantalla táctil para seleccionar los comandos (Figura 9). El software empleado para el desarrollo de este proyecto fue el sistema operativo Raspbian y el lenguaje de programación Python 2.7.



Figura 9 Panel principal de la interfaz gráfica
Fuente: *Elaboración Propia*

La interfaz está compuesta de elementos cuya jerarquía es descendente:

1. Librerías
2. Programa raíz
3. Ventana principal
4. Sub-ventanas

Las librerías definen en sí mismo ciertas funciones que facilitan al usuario el desarrollo de programas. Las librerías utilizadas fueron: Tkinter, para la aplicación de interfaces gráficas; ImageTk, para agregar un soporte extenso en los formatos de imágenes utilizadas para la decoración de la interfaz; Numpy, agrega la capacidad de manipular arreglos de datos y las operaciones aritméticas necesarias para el procesamiento de las señales; y Matplotlib, es una librería en 2D que da las herramientas necesarias para la visualización en formato A-Scan del vector de datos de la señal.

El programa raíz, es el elemento principal del programa. Aquí es donde se define el objeto de la ventana principal, los atributos de la ventana y la ejecución del ciclo hasta el cierre del programa.

La ventana principal (Figura 9), es la parte gráfica que le permite al usuario seleccionar entre cuatro posibles opciones como: abrir la sub-ventana A-Scan, para capturar y visualizar las señales en formato A-Scan (Figura 10); abrir la sub-ventana Configuraciones, para ajustar manualmente los parámetros de ancho de pulso de excitación para el transductor, voltaje del pulso de excitación para el transductor, la frecuencia de repetición del pulso, la ganancia de la adquisición, los puntos de corte del filtro, la cantidad de datos a adquirir para cada señal, la frecuencia de operación del transductor y la velocidad del sonido en el material; abrir la ventana Acerca, para mostrar la información acerca de la versión del programa, así como sus desarrolladores; y salir, para permitirle al usuario terminar la aplicación.

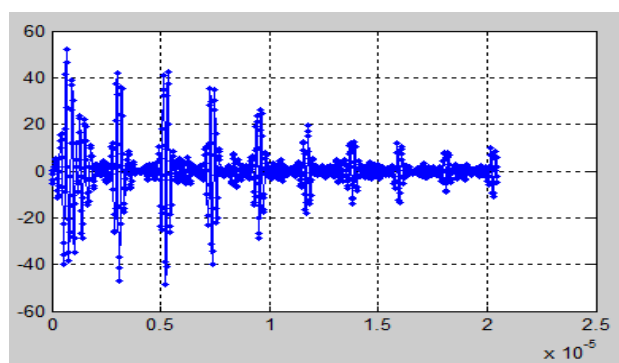


Figura 10 Señal visualizada en A-Scan
Fuente: Elaboración Propia

Resultados

La validación del sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas, desarrollado en este trabajo, se realizó utilizando un bloque escalonado para calibración de espesores (Figura 11) que cuenta con cuatro niveles de espesor (6.35 mm, 12.7 mm, 19.05 mm y 25.4 mm) y se compararon los resultados obtenidos contra un equipo comercial de buena calidad.

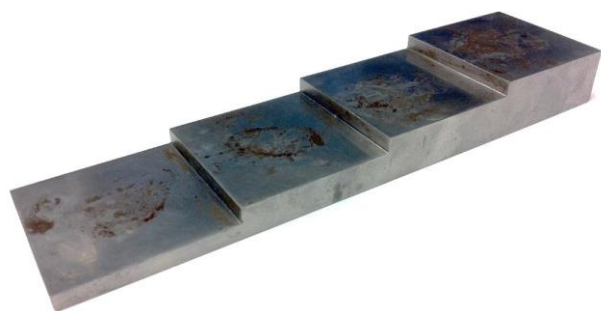


Figura 11 Bloque escalonado de cuatro niveles
Fuente: Elaboración Propia

La prueba de medición de espesores tiene como objetivo verificar que el sistema tenga la capacidad de generar, recibir y digitalizar las señales de ultrasonido, para posteriormente conocer el tiempo de vuelo entre los ecos y saber el espesor que se está midiendo. En la Tabla 2 se presenta un resumen estadístico de 30 muestras de medición de cada nivel de la barra escalonada, adquiridas con el sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas utilizando un transductor piezoeléctrico de 5 MHz en modo pulso eco.

Muestra	Espesor			
	Nivel 1 (6.35 mm)	Nivel 2 (12.7 mm)	Nivel 3 (19.05 mm)	Nivel 4 (25.4 mm)
Promedio	6.31	12.67	19.01	25.34
Val. máx.	6.48	12.72	19.14	25.39
Val. mín.	6.18	12.66	18.85	25.33
Moda	6.18	12.66	19.14	25.33
Desv. est.	0.12187	0.02232	0.12478	0.02232
	6	6	6	6

Tabla 2 Resumen estadístico muestras adquiridas con el sistema portátil de procesamiento y visualización
Fuente: Elaboración Propia

A continuación se procede a analizar un equipo comercial, el equipo comercial seleccionado es un Pulse-Receiver con convertidor analógico digital de un solo canal, de la marca Ultratek®, modelo USB-UT350 de bajo costo y eficiente para adquirir espesores. Para poder realizar una comparación entre los sistemas, se toman 30 muestras de cada nivel de espesor del bloque escalonado. En forma de resumen estadístico se presenta la información en la Tabla 3.

Muestra	Espesor			
	Nivel 1 (6.35 mm)	Nivel 2 (12.7 mm)	Nivel 3 (19.05 mm)	Nivel 4 (25.4 mm)
Promedio	6.32	12.66	18.97	25.31
Val. máx.	6.36	12.66	19.02	25.33
Val. mín.	6.30	12.60	18.91	25.21
Moda	6.30	12.66	18.97	25.33
Desv. est.	0.026492	0.014943	0.023712	0.029686

Tabla 3 Resumen estadístico muestras adquiridas con el equipo comercial
Fuente: Elaboración Propia

Las Figuras 12, 13, 14 y 15 son gráficas que muestran que las mediciones de espesores con el sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas, están dentro de la normatividad que requiere una precisión de ± 0.2 mm en superficies planas y espesor de pared.

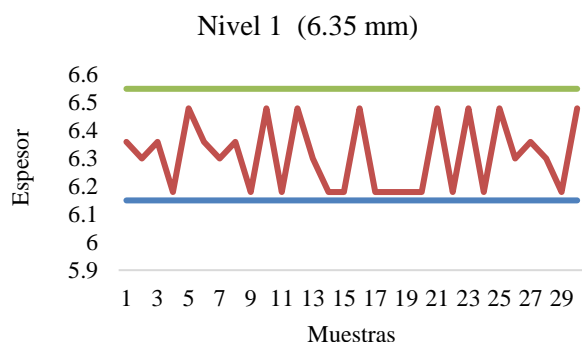


Figura 12 Gráfica de muestras del nivel 1 con rangos
 Fuente: Elaboración Propia

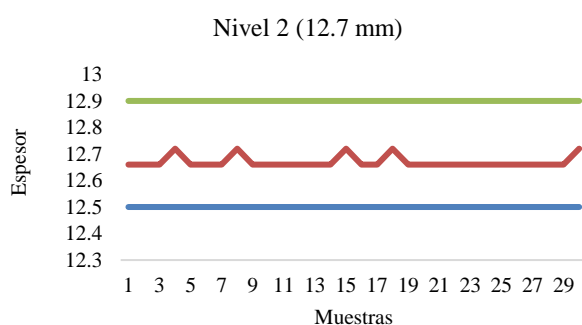


Figura 13 Gráfica de muestras del nivel 2 con rangos
 Fuente: Elaboración Propia

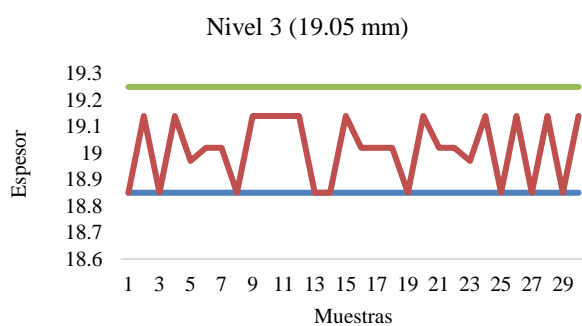


Figura 14 Gráfica de muestras del nivel 3 con rangos
 Fuente: Elaboración Propia

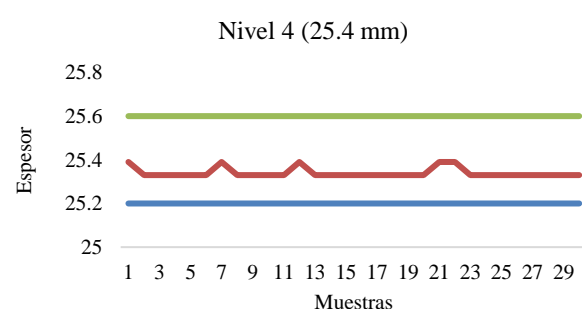


Figura 15 Gráfica de muestras del nivel 4 con rangos
 Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos de la investigación se concluye que el equipo portátil desarrollado en este trabajo para el análisis de espesores por ultrasonido es comparable con un equipo comercial, pero con la ventaja de un costo menor de aproximadamente 5 mil pesos, equivalente a una cuarta parte del precio de un equipo comercial. Este trabajo también tiene la capacidad de ser mejorado agregando a futuro otras formas de análisis como el B-Scan y C-Scan. También es importante mencionar la facilidad de actualizando a nivel de hardware de este trabajo, gracias a la capacidad del programa en Python que le permite ser trasladado a otro equipo con sistema operativo basado en Linux preferentemente, esperando el mismo funcionamiento con tan solo ajustar los parámetros de comunicación.

Agradecimientos

Proyecto apoyado por la dirección de Energía del Centro de ingeniería y Desarrollo Industrial, la beca CONACYT 591748 y por el Fondo sectorial de Investigación para el Desarrollo Aeroportuario y la Navegación Aérea clave 242864.

También se agradece al cuerpo académico de automatización y control de la universidad tecnológica de Querétaro por el apoyo brindado.

Referencias

- E. K. Ahmad. (2012). *Ultrasonic Non-Destructive Testing (NDT) Using Wireless Sensor Networks*, Canada: ELSEVIER.
- Jiménez Gómez, J., & Loaiza Correa, H. (2010). Detección y caracterización de defectos en tuberías metálicas en pruebas ultrasónicas por inmersión. *El Hombre y la Máquina*, 2010(34), 56-67.
- Olarte Cortez, W., & Silva Ortega, C. A. (2010). *Diseño e implementación de un dispositivo para medir espesores de tubería y tanques metálicos mediante la utilización de señales de ultrasonido*. (Tesis inédita de maestría). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Olympus Corporation. (2011). *Ultrasonic Transducers Technical Notes*, Houston, TX, USA: OLYMPUS NDT.

CARMONA-MARTÍNEZ, Luis, SOTO-CAJIGA, Jorge, GÓMEZ-HERNÁNDEZ, Alejandro y RODRÍGUEZ-OLIVARES, Noé. Desarrollo de un sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas. *Revista de Cómputo Aplicado*. 2018

Olympus Corporation. (Último acceso: Jun 2018). *Principios de base de la creación de imágenes*, <https://www.olympus-ims.com/es/ndt-tutorials/instrumentation/intro/>

Pérez, F. M. (1977). *Ciencia y técnica para el mantenimiento industrial*. México: LIMUSA.
Sagrero Rivera, J. (2012). *Ultrasonido Industrial Nivel I*. Queretaro.

Song, G., Zhan, X., & Zhang, H. (2004). An intelligent instrument for ultrasonic nondestructive examination flaw inspection of rails. *Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation*, 4(04EX788), 3632-3635. doi: 10.1109/WCICA.2004.1343272

Xiao, D., Yang B., Pan, Q., Zhang K., & Deng M. (2012). Measurement of characteristic parameters of ultrasonic flaw detectors. *2012 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, 641-646. doi: 10.1109/ICMA.2012.6283217

Análisis de segmentación de color aplicado en una estación de verificación en una celda de manufactura

Color segmentation analysis applied in a verification station in a manufacturing cell

LOPEZ-ALVAREZ, Yadira Fabiola^{1,2,†*}, RODRIGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo^{1,3}, JARA-RUIZ, Ricardo¹ y DELGADO-AGUILERA, Jorge¹

¹Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, Estación Rincón, Rincón de Romos, Aguascalientes, 20400 México

²Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de los Lagos, Lagos de Moreno, Jalisco, 47460 México

³Tecnología Avanzada CIATEQ Aguascalientes, San Francisco de los Romo, Aguascalientes, 20358 México

ID 1^{er} Autor: *Yadira Fabiola, López Álvarez* / ORC ID: 0000-0002-9041-1908, Researcher ID Thomson: T-1555-2018, CVU CONACYT ID: 375952

ID 1^{er} Coautor: *Martín Eduardo, Rodríguez-Franco* / ORC ID: 0000-0002-6804-4777, Researcher ID Thomson: T-1539-2018, CVU CONACYT ID: 660892

ID 2^{do} Coautor: *Ricardo, Jara-Ruiz* / ORC ID: 0000-0001-7725-4138, Researcher ID Thomson: T-1532-2018, CVU CONACYT ID: 630276

ID 3^{er} Coautor: *Jorge, Delgado-Aguilera* / ORC ID: 0000-0001-7445-0352, Researcher ID Thomson: T-1530-2018, CVU CONACYT ID: 947850

Recibido Junio 30, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

Una estación de verificación dentro de un sistema de manufactura flexible es de vital importancia ya que es la encargada de inspeccionar las piezas procesadas por tal sistema, asegurando la calidad en los productos, observando errores y permitiendo realizar los ajustes necesarios en el proceso. En el presente trabajo se reportan los resultados obtenidos en el desarrollo e implementación de una estación de verificación en una banda transportadora que integra una celda de manufactura. La inspección se realizó por medio de un sistema de procesamiento a partir de la adquisición de imágenes y su posterior análisis, aplicando la segmentación de color. Los resultados obtenidos fueron correlacionados entre los software Python, Matlab y LabVIEW; y procesados posteriormente en Matlab, donde cada una de las imágenes obtenidas contribuyen a determinar el software con mejor intensidad y resolución en el estudio del color de la muestra. Tales resultados sugieren que existe una similitud importante en la intensidad entre las imágenes obtenidas entre Python y LabVIEW, mientras que las imágenes obtenidas en Matlab muestran menos ruido y una menor intensidad en los píxeles de estudio.

Estación de Verificación, Procesamiento de Imágenes, Segmentación

Abstract

A verification within a flexible manufacturing system station is vital since this medium is responsible for inspecting parts processed by such a system, ensuring the quality of products, noting errors and allowing perform the necessary adjustments in the process. In the present work are reported the results obtained in the development and implementation of a verification station in a conveyor belt integrated into a manufacturing cell. The inspection was conducted by means of a system of processing from the image acquisition and analysis, by applying the segmentation of color. The results obtained were correlated between the Python software, Matlab and LabVIEW; and subsequently processed in Matlab, where each of the images contribute to determining the software with better intensity and resolution on the study of the color of the sample. These results suggest that there is an important similarity in intensity between images taken between Python and LabVIEW, while the images in Matlab are less noise and a lower intensity in study pixels.

Verification Station, Processing Images, Segmentation

Citación: LOPEZ-ALVAREZ, Yadira Fabiola, RODRIGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo, JARA-RUIZ, Ricardo y DELGADO-AGUILERA, Jorge. Análisis de segmentación de color aplicado en una estación de verificación en una celda de manufactura. Revista de Cómputo Aplicado. 2018, 2-7: 24-28.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: yadira.lopez@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Un sistema de manufactura flexible se define como una celda de máquinas altamente automatizada, consiste básicamente en un grupo o conjunto de estaciones de procesamiento (usualmente máquinas-herramientas), interconectadas por un sistema automatizado de manejo y almacenamiento de materiales, controladas por un sistema integrado por computadora (Groover, 2007), emplea distintos elementos, los cuales son indispensables para su funcionamiento, dichos sistemas cuentan con diversas áreas esenciales en las cuales destacan; máquinas – herramientas CNC (sistema de maquinado), módulos de fresado y módulos de torneado, según el caso en el que se esté trabajando, está también compuesta por una estación de ensamble que tiene como función realizar el trabajo de unir las piezas o materiales procesados en el sistema, esto se hace con la ayuda de las máquinas y/o robots especializados.

El área de almacenado tiene como función acumular en un almacén todas las piezas terminadas, este consiste en varias casillas donde al final en estos lugares será colocado el material, otra de las áreas que destacan en un sistema de manufactura es el de inspección o verificación, aquí se emplean elementos que ayudan a poder tener una mejor visualización de las piezas o materiales, todo se basa en el manejo de nuevas herramientas y tecnologías, con ellas pueden trabajarse diferentes condiciones, esto acondicionado al tipo de variable a analizar, entre las que destacan el color, tamaño, forma, entre otros; para lograr esto se utilizan sensores o cámaras, permitiendo mediante códigos creados en una plataforma de programación, implementar un sistema de monitoreo con el propósito de poder detectar cualquier característica sobre las piezas (Sánchez, 2002).

La inspección del material es indispensable dentro de los sistemas de manufactura flexible, ya que son los encargados de verificar si las piezas procesadas o ensambles están correctos, mediante el procesamiento de imágenes, los cuales pueden visualizarse por medio de una computadora a través de una cámara web de inspección y generar señales de salida a controladores o indicadores según sea necesario en la funcionalidad del sistema (Groover, 2007).

Los principales elementos que intervienen en la formación y adquisición de imágenes son los siguientes: el propio objeto de la escena, la cámara empleada, el sistema de iluminación y la computadora central (Sánchez, 2002). Las estaciones de verificación por medio de sistemas de visión, realizan la acción cero deficiencias, porque cada pieza procesada es inspeccionada, cabe mencionar que cada sistema de manufactura tiene diferentes configuraciones de diseño, tamaño, color, etc (Groover, 2007).

La verificación de las piezas se puede realizar mediante diferentes tipos de inspección como: inspección 100% automatizada, sistemas de sensores en línea para inspección durante o después del proceso, inspección avanzada y tecnologías de sensores por ejemplo visión artificial. El procedimiento de cualquier sistema de inspección es principalmente la presentación del objeto, delimitar las características físicas del sistema y calibrar la característica de calidad que será estudiada, mediante señales para indicar si la pieza es correcta o incorrecta y por último la acción en la cual se separan las piezas con error (Groover, 2007). Cabe mencionar que existen múltiples programas que pueden utilizarse en la generación de sistemas de visión, por ejemplo, Matlab, Python, LabVIEW, entre otros.

Segmentación

La segmentación es uno de los procesos más importantes en el procesamiento de imágenes, comprende la fase inicial en el análisis de las imágenes y consiste en descomponer la imagen tal que los datos de interés queden bien distinguidos del resto de información irrelevante. Es por ello que la eficacia del método empleado para tal proceso es vital para que los resultados finales, fruto del procesamiento completo de la imagen, sean correctos (Bermeo, 2012).

El análisis y procesamiento de imágenes que se obtienen dentro de un sistema de manufactura flexible aportan gran información sobre las características del producto final (Ohlander, 1978). Las técnicas de procesamiento y análisis de imágenes han generado gran impacto en muchas áreas de la ciencia, estas técnicas abarcan la segmentación basada en valores de píxeles (Lim, 1990), segmentación basada en el área por crecimiento y división de regiones, en orillas o bordes mediante técnicas locales y globales (Báez, 2004).

Ohta *et. al.*, señalan que de acuerdo a los eigenvectores de cada una de las imágenes analizadas surgen tres características ortogonales de color llamadas atributos de color, estas son componentes importantes en la información de las características de los objetos analizados y mediante la representación matricial del sistema RGB (*Red, Green and blue*) a otro sistema matricial para la representación de la intensidad del pixel analizado (Ohta, 1980), dicha intensidad y matriz de transformación estará determinada mediante las ecuaciones:

$$I_1 = \frac{R+G+B}{3} \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{R-B}{2} \quad (2)$$

$$I_3 = \frac{2G-R-B}{4} \quad (3)$$

Donde R, G y B corresponden a los tres niveles de color, con sus siglas en inglés (*Red, Green, Blue*). Otra característica importante dentro de la segmentación y análisis de imágenes son los algoritmos de agrupamiento, estos, varían de acuerdo con la eficacia de la agrupación, entre ellos se puede mencionar el algoritmo de *K-means* que es utilizado para determinar las agrupaciones espectrales presentes en un conjunto de datos, aceptando una cantidad de clústeres que se ubican en los datos; localizando el centro de dichos clústeres, a cada pixel de la imagen se le asigna un clúster cuyo vector medio arbitrario es el más cercano, el procedimiento continua hasta que no se presenten diferencias en la ubicación de los vectores medios (Anil, 2010).

Este trabajo muestra los resultados obtenidos en el análisis de la intensidad de las imágenes obtenidas con Python, Matlab, LabVIEW, para su aplicación en una estación de verificación de un sistema de manufactura.

Metodología

Para la obtención de las imágenes se utilizó una cámara web convencional; dichas imágenes fueron capturadas mediante Python, Matlab, LabVIEW y posteriormente procesados en Matlab. La intensidad de las imágenes se analizó por sus atributos de color mediante el sistema propuesto por Yuichi Ohta (Ohta, 1980).

Se utilizaron piezas color rojo, las cuales forman parte de un proceso dentro de una celda de manufactura, mediante la parte central de cada una de las imágenes se obtuvieron sus niveles RGB y posteriormente se determinó la intensidad según las ecuaciones (1), (2) y (3). Se implementó también, el algoritmo de *K-means* para el agrupamiento de la información de la imagen por color y su posterior análisis por canal (RGB).

Resultados

Para el análisis de la intensidad mediante el método propuesto por Yuichi Ohta, los resultados se muestran en la Tabla 1.

Software	RGB	Intensidad
LabVIEW	R=176 G=79 B=18	I ₁ =80.33 I ₂ =79 I ₃ =-25
Matlab	R=148 G=40 B=15	I ₁ =67.66 I ₂ =66.55 I ₃ =-20.75
Python	R=184 G=63 B=44	I ₁ =97 I ₂ =70 I ₃ =-25.50

Tabla 1 Análisis de intensidad de piezas en RGB
Fuente: Elaboración propia, 2018

La Tabla 1, muestra el valor del pixel central de la imagen obtenida en cada uno de los software empleados para la adquisición de las imágenes mediante las ecuaciones (1), (2) y (3), en estas se puede ver que cada uno corresponde a un nivel de color, también se muestra la intensidad I_1 para cada imagen, la primer intensidad que corresponde a la obtenida con Python presenta mayor valor, sin embargo, las intensidades con mayor proximidad se presentan en las imágenes obtenidas con LabVIEW y Python, mientras que el pixel estudiado en Matlab, muestra menor intensidad.

Si se considera que la contribución de cada intensidad mostrada en la tabla 1, forma parte de una intensidad total que constituye a la imagen, la mayor intensidad total obtenida por los sistemas de adquisición de datos, estará obtenida por Python, por otro lado, también se puede observar que, aunque la distribución dista de ser igual en cada una de las intensidades de las imágenes obtenidas, su similitud puede ser observada.

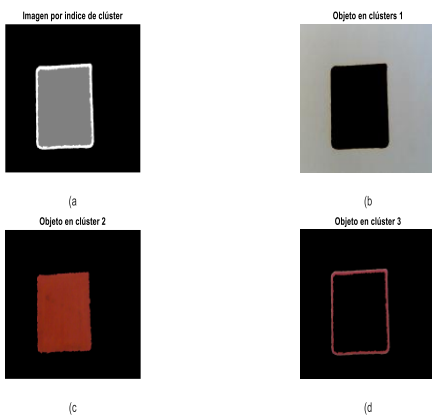


Figura 1 Clúster de la imagen obtenida en LabVIEW
Fuente: *Elaboración Propia, 2018*

La Figura 1, muestra el análisis de la imagen obtenida en LabVIEW, (a imagen por índice de clúster, (b imagen con clúster 1, (c imagen con clúster 2, (c imagen con clúster 3, en esta se puede ver que la segmentación de imágenes con el método de *K-means* facilita la interpretación del color y del contorno de la pieza estudiada, proporcionando el color directo de la pieza analizada, también, es factible la segmentación del color y la forma de la pieza, seccionando la parte de la imagen de color roja.

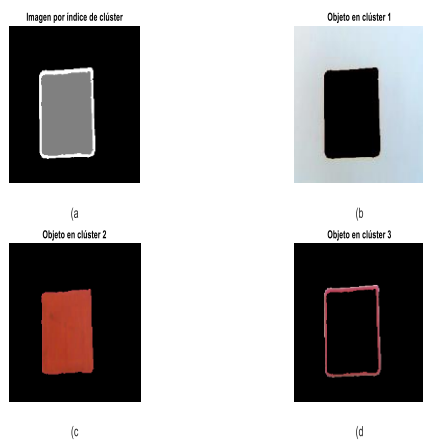


Figura 2 Clúster de la imagen obtenida en Matlab
Fuente: *Elaboración Propia, 2018*

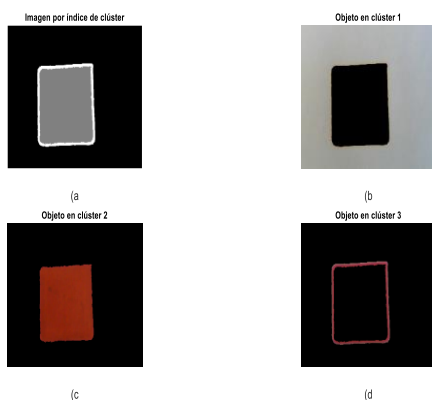


Figura 3 Clúster de la imagen obtenida en Python
Fuente: *Elaboración Propia, 2018*

Para el caso de las Figuras 2 y 3, se muestran también el análisis de las imágenes obtenidas en Matlab y Python, (a imagen por índice de clúster, (b imagen con clúster 1, (c imagen con clúster 2, (c imagen con clúster 3, se puede apreciar que la imagen (d, segmenta el color a utilizar, seccionando la parte de la imagen de color roja, en los tres análisis por método de *K-means* se obtuvo la imagen segmentada por color en el clúster 2.

Para el caso del análisis del perfil de cada de las imágenes obtenidas con los tres software ya mencionados se graficó su comportamiento, los resultados se muestran en las Figuras 4,5 y 6. Para el caso del perfil de la imagen estudiado en LabVIEW y Python, Figuras 4 y 6 respectivamente, se puede ver que cada uno de los niveles de color presentan picos de ruido, lo que resulta en un trabajo computacional adicional al tener que filtrar dichos parámetros. Por su parte, la Figura 5, muestra el comportamiento del perfil de la imagen obtenida en Matlab, en ella se puede apreciar una disminución en los picos de ruido, presentes en cada nivel de color.

En cuanto a los niveles de intensidad mostrados en el análisis del perfil, se puede ver también, que las imágenes obtenidas con LabVIEW y Python presentan un valor similar de intensidad en cada nivel de color, mientras que la imagen con Matlab, Figura 5 muestra una intensidad más amplia.

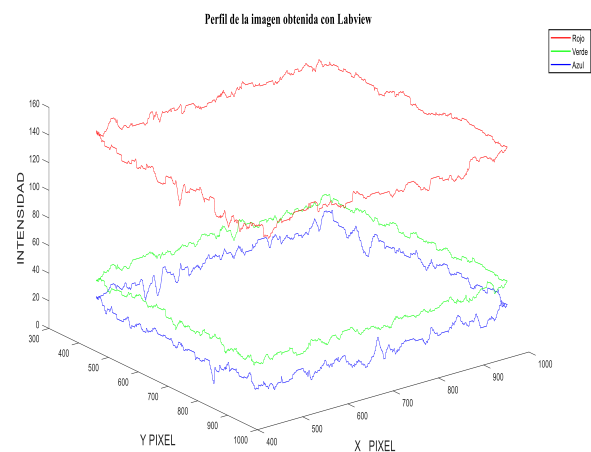


Figura 4 Perfil de la imagen obtenida en LabVIEW utilizando clúster
Fuente: *Elaboración Propia, 2018*

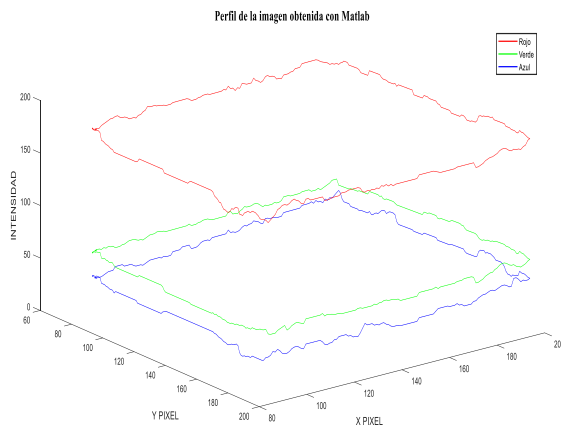


Figura 5 Perfil de la imagen obtenida en Matlab utilizando clúster

Fuente: Elaboración Propia, 2018

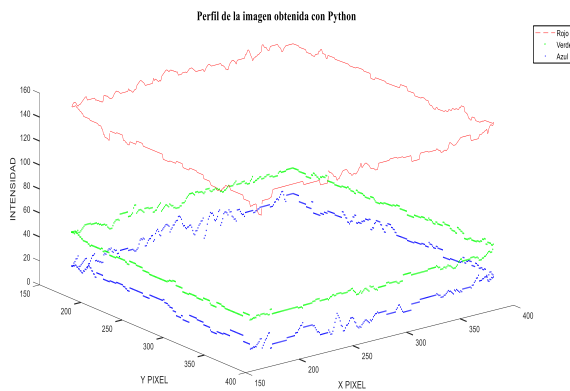


Figura 6 Perfil de la imagen obtenida en Python utilizando clúster

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Conclusión

Este estudio hace una comparación entre sistemas para la adquisición y procesamiento de imágenes permitiendo determinar el software que dará mejores resultados, su uso y aplicación dependerán del objetivo de cada trabajo (Bermeo,2012). Las diferentes técnicas de segmentación, por su parte, permiten realizar un análisis en cuanto a intensidad de las imágenes (Lim, 1990), y segmentación por color, incluso, se puede realizar una interpretación de los resultados en cuanto a forma, debido a que, en este caso, la banda transportadora utilizada no interfiere en el color de la pieza, este estudio puede eficientar los sistemas de calidad basados en visión utilizados en sistemas de manufactura flexible. Se recomienda en base a los resultados obtenidos, tener una interfaz para adquirir las imágenes a procesar mediante Matlab o Python teniendo en cuenta que estos resultados pueden cambiar según en sensor utilizado.

Para posteriores investigaciones y con relación a la aplicación de segmentación en sistemas de manufactura se propone trabajar con características físicas de piezas maquinadas por el mismo sistema de manufactura.

Referencias

Anil Z Chitade, S.k. katiyar, 2010, *Colour based image segmentation using k-means clustering*, International Journal of Engineering Science and Technology Vol. 2(10), 5319-5325.

Báez Rojas J.J., Guerrero M.L., Conde Acevedo J., Padilla Vivanco A., Urcid Serrano G., (2004), *Segmentación de imágenes a color*, REVISTA MEXICANA DE FÍSICA **50** (6) 579–587.

Bermeo Campos N. L., Cespedes O. A., 2012, *Tratamiento de imágenes y aplicaciones*, ISBN: 3659002941, 9783659002946.

Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. Ciudad de México: Prentice Hall.

Lim Y.W., Lee S.U., (1990), *I Pattern Recognition*, **23** 935.

Ohlander R., Prince K., Reddy D.R. (1978), *Computer Graphics and Image processing* 8313.

Ohta Yu-Ichi, KanadeTakeo, Sakai Toshiyuki, (1980), *Computer Graphics and Image Processing* 13222.

Sánchez, J. A. (2002). *Avances en robótica y visión por computador*. España: Ediciones de la Universidad de Castilla - La Mancha.

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^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} 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^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

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

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

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} 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 Cómputo Aplicado. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

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

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

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

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

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

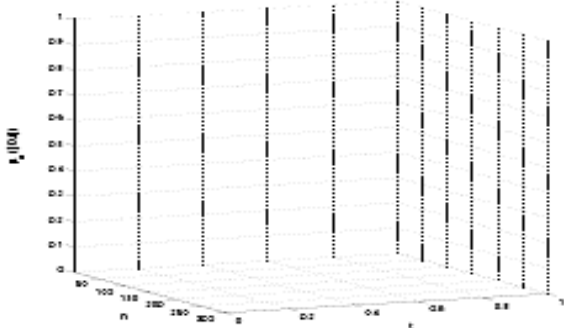


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

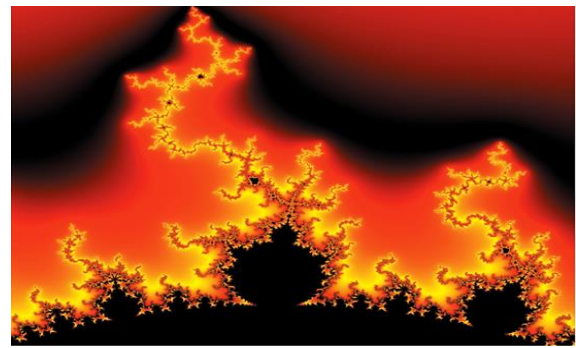


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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

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

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

Metodología a desarrollar

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

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

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

Conclusiones

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

Referencias

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

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

Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

Reserva a la Política Editorial

Revista de Cómputo Aplicado 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 Cómputo Aplicado 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 Cómputo Aplicado, 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 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
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, Jesus. 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 1 - 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 Cómputo Aplicado

“Análisis hidrodinámico de turbina hidrocínética mediante CFD”
RIVERA-RIVERA, Gilberto & RUBIO-GONZÁLEZ, Carlos
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial

“Programando redes inalámbricas de sensores aplicadas al Internet de las Cosas (IoT): Un análisis sistemático”
ARIAS-HURTADO, Alma, RUIZ-IBARRA, Joel, ESPINOZA-ZALLAS, Edgar y VALENZUELA-MENDOZA, Filiberto
Universidad Estatal de Sonora

“Desarrollo de un sistema portátil de procesamiento y visualización de señales ultrasónicas”
CARMONA-MARTÍNEZ, Luis, SOTO-CAJIGA, Jorge, GÓMEZ-HERNÁNDEZ, Alejandro y RODRÍGUEZ-OLIVARES, Noé
Universidad Tecnológica de Querétaro

“Análisis de segmentación de color aplicado en una estación de verificación en una celda de manufactura”
LOPEZ-ALVAREZ, Yadira Fabiola, RODRIGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo, JARA-RUIZ, Ricardo y DELGADO-AGUILERA, Jorge
Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes
Universidad de Guadalajara
CIATEQ Aguascalientes

