

ISSN 2523-6792

Volumen 4, Número 14 — Julio — Diciembre — 2020

Revista de la Invención Técnica

ECORFAN®

ECORFAN-Taiwán

Editor en Jefe

GUZMÁN - HURTADO, Juan Luis. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Invención Técnica, Volumen 4, Número 14, de Julio a Diciembre, 2020, es una revista editada semestralmente por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, Zhong Xin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: www.ecorfan.org/taiwan, revista@ecorfan.org. Editor en Jefe: GUZMÁN-HURTADO, Juan Luis. PhD, ISSN 2523-6792. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre, 2020.

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

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Revista de Invención Técnica

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 Computación, comunicaciones, control, diseño y sistemas, dispositivos electrónicos, dispositivos semiconductores, electrónica de computadoras, electrónica industrial, electrónica y telecomunicaciones, electroquímica, fibras ópticas, industria eléctrica y electrónica, informática, ingeniería de control, ingeniería de materiales, instrumentación, inter frecuencias, microelectrónica, microondas, procedimiento de datos, redes digitales, robótica, sistemas digitales, sistemas electrónicos.

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 Invención Técnica es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de Computación, comunicaciones, control, diseño y sistemas, dispositivos electrónicos, dispositivos semiconductores, electrónica de computadoras, electrónica industrial, electrónica y telecomunicaciones, electroquímica, fibras ópticas, industria eléctrica y electrónica, informática, ingeniería de control, ingeniería de materiales, instrumentación, inter frecuencias, microelectrónica, microondas, procedimiento de datos, redes digitales, robótica, sistemas digitales, sistemas electrónicos 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

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

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

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

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD
University of South Florida

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD
Universidad de Sevilla

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

Comité Arbitral

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

GONZALEZ - MARRON, David. PhD
Instituto Tecnológico de Pachuca

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

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

ALONSO - CALPEÑO, Mariela J. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

FERREIRA - MEDINA, Heberto. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

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

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

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

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

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

Cesión de Derechos

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

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

Declaración de Autoría

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

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

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

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

Detección de Plagio

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

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-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 Computación, comunicaciones, control, diseño y sistemas, dispositivos electrónicos, dispositivos semiconductores, electrónica de computadoras, electrónica industrial, electrónica y telecomunicaciones, electroquímica, fibras ópticas, industria eléctrica y electrónica, informática, ingeniería de control, ingeniería de materiales, instrumentación, inter frecuencias, microelectrónica, microondas, procedimiento de datos, redes digitales, robótica, sistemas digitales, sistemas electrónicos y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

Presentación del Contenido

Como primer artículo *Hidroxiapatita sintetizada a partir del reciclaje de cascara de huevo*, por ENRÍQUEZ-PÉREZ, Ma. Angeles, CASTREJÓN-SÁNCHEZ, Víctor Hugo, ROSALES-DAVALOS, Jaime y DÍAZ-CAMACHO, Francisco Javier A., con adscripción en el Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, como siguiente artículo *Detección óptica en 3D de un objeto flotante en una superficie marina agitada*, por PAREDES-PEREZ, Ana Karen, GOLIKOV, Víctor y ALAZKI, Hussain, con adscripción en la Universidad Autónoma del Carmen, como siguiente artículo *Rediseño del prototipo de sistema programable para prevenir el robo de bicicletas en Oaxaca*, por MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela, MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Gabriela, GUZMAN-SALAS, León y RAFAEL-PÉREZ, Eva, con adscripción en el Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca, como siguiente artículo está *Instrumento virtual para adquisición de datos, análisis y evaluación de sistemas dinámicos* por HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo, GÓMEZ-NAVARRO, Carlos Antonio, FLORES-RAMÍREZ, Oscar y ROMERO-RODRÍGUEZ, Gabriel, con adscripción en la Universidad Politécnica de Amozoc.

Contenido

	Artículo	Página
	Hidroxiapatita sintetizada a partir del reciclaje de cascara de huevo ENRÍQUEZ-PÉREZ, Ma. Angeles, CASTREJÓN-SÁNCHEZ, Víctor Hugo, ROSALES-DAVALOS, Jaime y DÍAZ-CAMACHO, Francisco Javier A <i>Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán</i>	1-6
	Detección óptica en 3D de un objeto flotante en una superficie marina agitada PAREDES-PÉREZ, Ana Karen, GOLIKOV, Víctor y ALAZKI, Hussain <i>Universidad Autónoma del Carmen</i>	7-16
	Rediseño del prototipo de sistema programable para prevenir el robo de bicicletas en Oaxaca MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela, MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Gabriela, GUZMAN-SALAS, León y RAFAEL-PÉREZ, Eva <i>Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca</i>	17-26
	Instrumento virtual para adquisición de datos, análisis y evaluación de sistemas dinámicos HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo, GÓMEZ-NAVARRO, Carlos Antonio, FLORES-RAMÍREZ, Oscar y ROMERO-RODRÍGUEZ, Gabriel <i>Universidad Politécnica de Amozoc</i>	27-44

Hidroxiapatita sintetizada a partir del reciclaje de cascara de huevo

Hydroxyapatite synthesized from the recycling of egg shells

ENRÍQUEZ-PÉREZ, Ma. Angeles[†], CASTREJÓN-SÁNCHEZ, Víctor Hugo^{*}, ROSALES-DAVALOS, Jaime^{''} y DÍAZ-CAMACHO, Francisco Javier A.[´]

[´]Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Departamento de Ingeniería en Materiales, México.

^{''}Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Departamento de Ingeniería Mecatrónica, México.

ID 1er Autor: Ma. Angeles, Enríquez-Pérez / ORC ID: 0000-0002-2280-0661, Researcher ID Thomson: H-9399-2018, CVU CONACYT ID: 1T16E134

ID 1er Coautor: Víctor Hugo, Castrejón-Sánchez / ORC ID: 0000-0002-0112-5388, Researcher ID Thomson: C-9077-2015, CVU CONACYT ID: 235470

ID 2do Coautor: Jaime, Rosales-Davalos / ORC ID: 0000-0002-9059-6093, CVU CONACYT ID: 812961

ID 3er Coautor: Francisco Javier A., Díaz-Camacho / ORC ID: 0000-0002-2878-2281

DOI: 10.35429/JOTI.2020.14.4.1.6

Recibido Julio 10, 2020; Aceptado Diciembre 30, 2020

Resumen

Existen diferentes tipos de hidroxiapatitas (HAp), por lo que sus usos se han extendido no solo en el área de biomateriales, en catálisis empieza a ser analizado su posible uso. Sus propiedades dependen de la relación atómica Ca/P, donde el tipo de síntesis y materia prima influyen en esta relación. Por esta razón, en este trabajo se sintetizó HA a partir del desecho del cascarón de huevo, su estructura está compuesta en un 90% de CaCO₃, se impregnó el fósforo, el material obtenido se calcinó a 800 °C, variando el tiempo 2, 4 y 6 H. Se encontró que el material obtenido presenta los grupos funcionales característicos de las HA, la relación Ca/P se obtuvo por EDS, oscila entre 4.8 a 44, lo que indica que se tiene una HA con una gran cantidad de grupos carbonatos.

Abstract

There are different types of hydroxyapatites (HAp) which is why their uses have extended not only in the area of biomaterials, but in catalysis their possible use begins to be analyzed. Its properties depend on the Ca/P atomic ratio, where the type of synthesis and raw material influence this relationship. For this reason, in this work HA was synthesized from the waste of the egg shell, its structure is made up to 90% CaCO₃, phosphorus was impregnated, the material obtained was calcined at 800 °C, varying the time 2, 4 and 6 H. The material obtained was found to have characteristic functional groups of HAp, the Ca/P ratio was obtained by EDS, ranging from 4.8 to 44, indicating that you have HA with many carbonate groups.

Hidroxiapatita, Relación atómica, Catálisis

Hydroxyapatite, Atomic ratio, Catalysis

Citación: ENRÍQUEZ-PÉREZ, Ma. Angeles, CASTREJÓN-SÁNCHEZ, Víctor Hugo, ROSALES-DAVALOS, Jaime y DÍAZ-CAMACHO, Francisco Javier A. Hidroxiapatita sintetizada a partir del reciclaje de cascara de huevo. Revista de Invención Técnica. 2020. 4-14:1-6.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: victor.castrejon@tesjo.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Dentro de la familia de los materiales cerámicos, destacan los derivados del fosfato de calcio, debido a su biocompatibilidad con el cuerpo humano (García & Reyes, 2006); entre ellos se encuentra la hidroxiapatita, que puede ser de origen natural o sintética, es usada en las áreas de Odontología, Ortopedia, cirugía plástica y Cirugía Maxilofacial (Gomes, Santos, Neves, & Menezes, 2019; Rivera, y otros, 2004)

La hidroxiapatita (HAp) pura estequiométrica, está formada por átomos de calcio, fósforo e hidrógeno (Rivera, y otros, 2004), de acuerdo con la fórmula: $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$. Se conoce como apatita, debido a que se pueden formar diferentes clases de compuestos con una gran variedad de composiciones con fórmula general:



Donde:

X o Y = Ca, Sr, Ba, Re, Pb, U, Mn y raramente Na.

T = P, As, V, Si, S y C (como CO_3).

Z = F, Cl, OH^- y O (Coreño, Mújica, & Hernández, 2010)

Estas combinaciones hacen que la HAp un material atractivo no sólo para el área médica, sino que sus usos se han ido extendido en la industria de catálisis, fertilizantes, farmacéutica y en procesos de tratamiento de aguas residuales (Gomes, Santos, Neves, & Menezes, 2019). Un factor importante entre las distintas HAp es su relación atómica Ca/P, debido a que influye en sus propiedades. Una HAp estequiométrica es la que tienen una relación de 1.67 (Dai, Tan, Zhu, Sun, & Wang, 2018), valores menores reportan una hidroxiapatita carente de Ca y valores mayores posee una gran cantidad de carbonatos (Londoño, Echavarría, & De La Calle, 2006). Esta relación, está relacionada básicamente con dos factores:

- Tipo de síntesis, por lo general química, se encuentran métodos como hidrotermal, precipitación y sol-gel.

- Tipo de materia prima, puede sintético o fuentes naturales (huesos: de pescado, porcinos u bovinos, corales, escamas, cascara de huevo) (Jin, Chen, Cheng, Wang, & Hu, 2015), (Sánchez, Berini, & Gay, 1993).

Cada día, se generan desechos sólidos debido a las actividades humanas; es por eso, que la síntesis verde es un método alternativo (Reyes, 2002), por ejemplo la HAp puede ser obtenida a partir de fuentes naturales, siendo un proceso de síntesis de bajo costo, en comparación de la HAp sintetizada químicamente, donde los parámetros como temperatura, pH y pureza de los reactivos iniciales son fundamentales y deben ser constantemente controlados para obtener HAp estequiométrica de alta calidad, elevando los costos y tiempo requerido en su síntesis (Akram, Ahmed, Shakir, Ibrahim, & Hussain, 2014). Sin embargo las fuentes naturales cumplen dos funciones básicas; ahorro económico y reducción de desechos, por ejemplo México ocupa el 4^{to} lugar a nivel mundial en producción de huevo, se calcula que se procesan alrededor de 45 mil millones de huevos, se tiene el consumo de huevo per cápita más alto en el mundo, con un consumo promedio de 345 huevos por persona cada año, casi 1 huevo diario (García S., 2019).

La cascara del huevo, está compuesta por carbonato de calcio (94%), fosfato de calcio (1%) y trazas de otros minerales (1%) (Camacho Díaz, y otros, 2018), al ser calcinada a se obtiene CaO , que es empleado como precursor de calcio en la síntesis y se le adiciona una solución de fosfato de calcio ($Ca_3(PO_4)_2$) donde las cantidades utilizadas no son perjudiciales para el medio ambiente y se obtiene una HAp de alta calidad (Rivera, Fetter, & Bosch, 2011); en este trabajo se reporta la síntesis de la Hidroxiapatita a partir del reciclaje del cascara de huevo, se impregnaron los fosfatos con ácido fosfórico, el material obtenido se calcina a 800 °C, se varía el tiempo del tratamiento a 2, 4 y 6 horas, respectivamente; posteriormente, el material se caracteriza para determinar el tipo de hidroxiapatita que se obtiene. El material obtenido, se pretende usarlo en fotocatalisis para eliminación de colorantes orgánicos.

Metodología

Reactivos

Peróxido de hidrogeno (90%), Ácido fosfórico (85%) adquiridos en Sigma-Aldrich y agua destilada.

Síntesis de HAp

Se hizo la recolección de cascara de huevo (900 g), se lavó con agua corriente y después con peróxido de hidrogeno al 70%, después se secó a 80 °C por 48 h. El material seco se trituro con un mortero de agata y se pasó por un tamiz #80, posteriormente se impregnó el material con ácido fosfórico 1 M por 5 h, después se hacen lavados con agua destilada hasta un pH neutro. El material se calcina a 800°C, los tiempos de calcinación se establecieron en 2, 4 y 6 h. El cerámico obtenido se muele en un mortero de agata y se pasó por un tamiz #80.

Caracterización de HAp

Microscopia Electrónica de barrido

Para conocer la morfología del material obtenido, se usó un Microscopio Electrónico de Barrido (Jeol IT-100) acoplado a un a microsonda de rayos X (Bruker) para análisis elemental. Se realizaron micrografías con ampliificaciones de 1000 y 3000x.

Se realizó un análisis elemental al material obtenido, sobre la superficie para obtener información acerca de los elementos y la relación Ca/P de la HAp por espectroscopia de dispersión de energía.

Espectroscopia FTIR

Para saber los grupos funcionales presentes en la HAp, se utilizó un espectrofotómetro Perkin-Elmer FT modelo 2000 en modo ATR, con un intervalo de 4000 a 500 cm^{-1} , el análisis se realizó directamente sobre la muestra.

El espectro de IR representa en el eje de las abscisas la longitud de onda (cm^{-1}) contra el porcentaje de transmitancia (T%).

Espectroscopia Raman

Para determinar las fases cristalinas de las muestras, se usó un micro Raman modelo XploraPlus Jobin Yvon Horiba se usa un láser de estado sólido ($\lambda=532 \text{ nm}$), la potencia máxima es de 25 mW, se utiliza una lente de 50x para enfocar y colectar la luz dispersada. La potencia sobre la superficie de la muestra es del 10% de la potencia nominal. Se cuenta con una rejilla de difracción de 1200 líneas por milímetro, se promediaron 100 adquisiciones de 1 s cada una.

Resultados

Microscopia Electrónica de barrido

Para estudiar el efecto del tiempo (en h) en la relación Ca/P, las muestras se trataron térmicamente a 800°C por 2, 4 y 6 horas, respectivamente.

En la figura 1a se muestra la micrografía de la HAp sin tratamiento térmico, donde se puede apreciar una morfología porosa con algunos agregados cristalinos sin orden, al aplicar el tratamiento térmico e ir aumentando el tiempo, por ejemplo a 2 h (figura 1b), estos agregados son más densos y están distribuidos de forma homogénea, pero al ir aumentando el tiempo del tratamiento existe un cambio en la distribución, a mayor tiempo hay una separación entre los aglomerados que a tiempos menores tienden a ser homogéneos (ver figura 1).

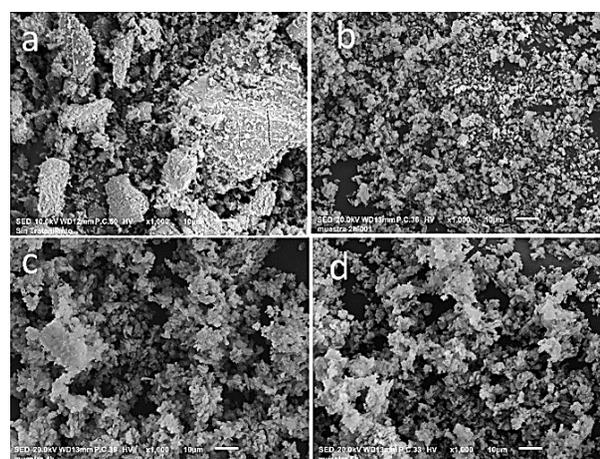


Figura 1 Micrografía de HAp a) sin tratamiento, con tratamiento térmico a: b) 2h, c) 4h y d) 6 h

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis elemental por EDAX

La Tabla 1, muestra la relación atómica de los elementos que componen a la HAp como función del tiempo del tratamiento térmico (TT), el material obtenido presenta trazas de magnesio y no hay una relación en el tiempo del tratamiento. Se obtienen valores mayores a los reportados con la HAp estequiometría, a un tiempo menor se obtiene un valor de 4.9 %at., Rivera, et al. (2011) reportó que cuando se tienen valores mayores de 1.67 indica que la apatita obtenida está formada en su mayoría por carbonatos y reporta además que se caracteriza por la presencia de trazas de Mg, tal y como se encontró en las muestras analizadas.

TT (H)	C	O	Ca	P	Ca/P	Mg
(%at.)						
2	27.6	54.3	15.9	3.3	4.9	0.69
4	18.1	55.8	23.0	0.81	28	0.35
6	11.2	60.7	25.3	2.3	11	0.24

Tabla 1 Relación atómica vs tiempo del tratamiento térmico.

Fuente: Elaboración propia

FTIR

En la Figura 2 se presentan los espectros de infrarrojo de las muestras de HAp. Sin tratamiento térmico, los picos en 1426 y 876 cm^{-1} indican la presencia del grupo carbonato y las bandas características del grupo fosfato se observan en 714 y 540 cm^{-1} , estas absorciones corresponden a la HAp, reportados previamente en la literatura (Fragoso, y otros, 2018). Cuando se da tratamiento térmico, en todos los tiempos aparece una banda a 3644 cm^{-1} corresponde a una absorción de alargamiento de grupos OH de la estructura de la HAp (Rivera, Fetter, & Bosch, 2011), se observan las bandas características del fosfato a 1048 y 670 cm^{-1} . Las absorciones a 1738, 1450, 1378, 982y 874 cm^{-1} corresponden al grupo CO_3^{2-} , las posiciones de estos picos han sido previamente reportadas (Pleshko, Boskey, & Mendelsohn, 1991). Algunos autores (Rivera, Fetter, & Bosch, 2011) (Pleshko, Boskey, & Mendelsohn, 1991), han reportado que cuando se presentan estas últimas absorciones, indican que el material posee una mayor cantidad de carbonatos, lo cual concuerda con el análisis elemental realizado al material obtenido.

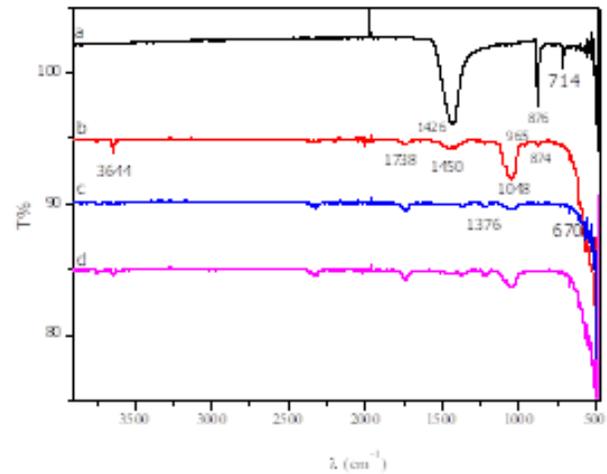


Figura 2 Espectro de FTIR de HAp; a) sin tratamiento, con tratamiento térmico: b) 2h, c) 4h y d) 6 h.

Fuente: Elaboración propia

Espectroscopia microRaman

En la figura 3, se muestran espectros Raman de la HAp, se analizan las señales en el rango de los 400 a los 1800 cm^{-1} , debido a que es la región espectral del material obtenido, cuando el material se trató térmicamente a un tiempo de 2 y 4 h la señal de 964 cm^{-1} ($\nu_1\text{PO}_4^{3-}$) es una banda de fosfato típica asociada a la apatita carbonatada (Ruíz, y otros, 2018), la señal de 1078 cm^{-1} ($\nu_2\text{PO}_4^{3-}$) se atribuyen a los modos de flexión del O-P-O. Mientras que a 6 h se obtiene señales a 714 y 1082 cm^{-1} las cuales se relacionan al estiramiento P-O, estas regiones espectrales han sido previamente reportadas (Chambard, Marsan, & Charvillat, 2019). Cuando el material no se trata térmicamente básicamente presenta las mismas señales que los demás espectros, pero son señales con más ruido que se podría atribuir a que la HAp posee una estructura amorfa. Lo cual pone de manifiesto, que la formación de la HAp cristalina es dependiente del tiempo.

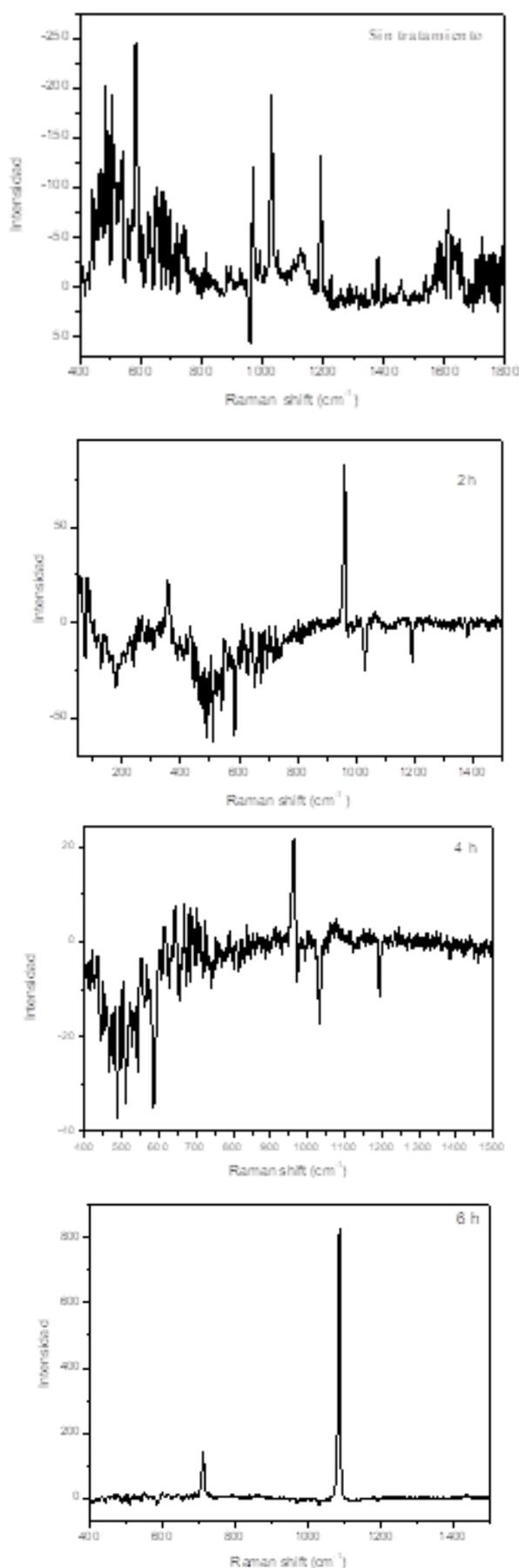


Figura 3 Espectro de HAp:) sin tratamiento, con tratamiento térmico: 2hr, 4hrs y 6 hrs.

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Es posible sintetizar HAp a partir del desecho del cascaron de huevo, un factor importante a controlar en este método, podría ser el tiempo de impregnación, y el tiempo del tratamiento térmico, en la relación Ca/P. En los espectros de FTIR y raman se encontró que el material obtenido presenta los grupos característicos de la HAp. Aunque se tienen valores mayores a 1.66, se obtienen una HAp carbonatada, lo cual puede ser beneficioso ya que estos materiales se quieren probar en la fotocatalisis para remoción de contaminantes.

Referencias

Akram, M., Ahmed, R., Shakir, I., Ibrahim, W., & Hussain, R. (2014). Extracting hydroxyapatite and its precursors from natural resources. *J Mater Sci*, 1461-1475.

Camacho Díaz, D., Vela, R., Villanueva, A., Borja, V., Montalvo, F., & Quispe, M. (2018). Hidroxiapatita sintetizada a partir de la cáscara de huevo como potencial sustituto óseo en defectos periodontales y periimplantarios. *Odontol. Sanmarquina*, 296-301.

Chambard, M., Marsan, O., & Charvillat, C. (2019). Effect of the deposition route on the microstructure of plasma-sprayed hydroxyapatite coatings. *Surface and Coatings Technology, Elsevier*, 68-77.

Coreño, J., Mújica, C., & Hernández, C. (2010). Evaluación de hidroxiapatita nanoparticulada como material adsorbente de iones flúor, plomo y arsénico en soluciones acuosas. *Superficies y Vacío*, 161-165.

Dai, H., Tan, X., Zhu, H., Sun, T., & Wang, X. (2018). Effects of Commonly Occurring Metal Ions on Hydroxyapatite Crystallization for Phosphorus Recovery from Wastewater. *Water*, 1-12.

Fragoso, A., Vera, R., Pérez, G., Iglesias, A., Gómez, P., & Villarreal, G. (2018). Síntesis y Caracterización de Hidroxiapatita Sintética para la Preparación de Filmes de PLGA/HAP con Potencial Uso en Aplicaciones Biomédicas. *Biomédica*, 93-116.

García, G., & Reyes, G. (2006). LA HIDROXIAPATITA, SU IMPORTANCIA EN LOS TEJIDOS. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 90-95.

García, S. (5 de Mayo de 2019). <https://www.sinembargo.mx/05-05-2019/3573801>. Obtenido de <https://www.sinembargo.mx/05-05-2019/3573801>: <https://www.sinembargo.mx/05-05-2019/3573801>

Gomes, D., Santos, A., Neves, G., & Menezes, R. (2019). A brief review on hydroxyapatite production and use in biomedicine. *Cerámica*, 65(374), 282-302.

Jin, X., Chen, X., Cheng, Y., Wang, L., & Hu, B. (2015). Effects of hydrothermal temperature and time on hydrothermal synthesis of colloidal hydroxyapatite nanorods in the presence of sodium citrate. *Journal of Colloid and Interface Science*, 151-158.

Londoño, M., Echavarría, A., & De La Calle, F. (2006). características cristaloquímicas de la hidroxiapatita sintética tratada a diferentes temperaturas. *EIA*, 109-118.

Pleshko, N., Boskey, A., & Mendelsohn, R. (1991). Novel infrared spectroscopic method for the determination of crystallinity of hydroxyapatite minerals. *Biophys. J. c Biophysical Society*, 786-793.

Reyes, C. (2002). La Química Verde y la problemática de los residuos. *Ciencia en Desarrollo*, 131-146.

Rivera, J., Fetter, G., & Bosch, P. (2011). Efecto del pH en la síntesis de hidroxiapatita en presencia de microondas. *Revista Matéria*, 506-515.

Rivera, R., Riaño, H., Echavarría, A., Monsalve, P., Alzate, G., Restrepo, L., & Jaramillo, C. (2004). Injertos óseos - Nueva alternativa. Fase III. Obtención, caracterización y evaluación de Hidroxiapatita Sintética y el compuesto de Hidroxiapatita Sintética porosa – Proteínas Morfogenéticas Óseas en un modelo experimental Lapino. *Rev Col Cienc Pec*, 20-28.

Ruíz, B., Reyes, L., Silva, H., Larrañaga, D., Estévez, M., & Pérez, R. (2018). Novel biosynthesis of Ag-hydroxyapatite: Structural and spectroscopic characterization. *ScienceDirect*, 593-597.

Sánchez, G., Berini, A., & Gay, E. (1993). LOS DIFERENTES TIPOS DE HIDROXIAPATITA Y SUS APLICACIONES EN LA CIRUGIA BUCAL. *Avances en Odontología*, 633-638.

Detección óptica en 3D de un objeto flotante en una superficie marina agitada

3D optical detection of the floating object on agitated sea surface

PAREDES-PEREZ, Ana Karen†*, GOLIKOV, Víctor y ALAZKI, Hussain

Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ingeniería, México.

ID 1^{er} Autor: Ana Karen, Paredes-Perez / ORC ID: 0000-0003-1064-673X, Researcher ID Thomson: AAP-2216-2020, CVU CONACYT ID: 919218

ID 1^{er} Coautor: Victor, Golikov / ORC ID: 0000-0001-7241-2168, Researcher ID Thomson: AAA-8337-2019

ID 2^{do} Coautor: Hussain, Alazki / ORC ID: 0000-0002-1960-3624, Researcher ID Thomson: M-1706-2017

DOI: 10.35429/JOTI.2020.14.4.7.16

Recibido 15 de Julio, 2020; Aceptado 30 de Diciembre, 2020

Resumen

En este artículo se realiza una comparativa entre dos detectores: el Detector Subespacial Acoplado MSD (Matched Subspace Detector) y el Detector Subespacial Acoplado Modificado MMSD (Modify Matched Subspace Detector) cuando hay una secuencia de imágenes (detección en 3D), en donde los parámetros de la superficie marina y el objeto flotado son desconocidos a priori, mediante simulación por computadora con ayuda del software computacional MATLAB. Ambos detectores están basados en la Prueba de Razón de Verosimilitud Generalizada GLRT (General Likelihood Ratio Test); este método ayuda a solucionar los problemas de detección cuando los parámetros de la superficie y el objeto son desconocidos. La superficie del mar es simulada como un proceso aleatorio Gaussiano, y el objeto flotado como un proceso determinístico desconocido a priori. Este artículo considera la dependencia de la probabilidad de detección con una probabilidad fija de falsa alarma en la diferencia entre los valores promedio de los reflejos de la superficie del mar y de un objeto flotante con diferente valor de potencia de las fluctuaciones de los reflejos del objeto y de la superficie del mar.

Detección de objeto, Superficie del mar, Procesamiento multipixel

Abstract

In this paper we realize a comparison between two detectors: Matched Subspace Detector (MSD) and Modify Matched Subspace Detector (MMSD) when there is a images sequence (3D detection), where the parameters of sea surface and the parameters of floating object are priori unknown in computer simulation, with help of computer software MATLAB. Both detectors (MSD and MMSD) are based in the General Likelihood Ratio Test (GLRT); this method helps solve detection problems when the sea surface and floating object parameters are unknown. The sea surface is simulated as a Gaussian random process, and the floating object is simulated as a priori unknown deterministic process. The paper considers the dependence of the probability of detection with a fixed probability of false alarm on the difference between the average values of reflections from the sea surface and from a floating object with different ratios of the power of fluctuations of reflections from the object and from the sea Surface.

3D detection target, sea surface, Multipixel process

Citación: PAREDES-PEREZ, Ana Karen, GOLIKOV, Víctor y ALAZKI, Hussain. Detección óptica en 3D de un objeto flotante en una superficie marina agitada. Revista de Invención Técnica. 2020. 4-14:7-16.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: 100637@mail.unacar.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La detección de objetos utilizando una cámara de video ha sido de gran valor para distintas aplicaciones, como lo son los sistemas de vigilancia, navegación autónoma, monitoreo ambiental entre otros como en (Kimura, y otros, 2012) (Osorio, y otros, 2015) (Siqueira & Machado, 2016) y (Chacon Murguía, Sandoval Rodríguez, & Arias Enriquez, 2012).

Sin embargo, uno de los retos más grandes a los que se ha enfrentado la detección de objetos con video cámara es cuando el objeto se encuentra en una superficie fluctuante, y sus parámetros son desconocidos a priori. Existen muchas investigaciones sobre la detección de objetos en una superficie fluctuante; algunos se basan en la eliminación del fondo fluctuante (Blostein & Huang, 1991), procesamiento multi-espectral (Gnanadesikan, 2011) e hiper-espectral (Healey & Slater, 1999) y el seguimiento de multitrama (Wang, Liao, Xiong, & Zhang, 2014).

Sin embargo, todas estas tienen en común que asumen que la potencia de fondo bajo hipótesis estadística nula H_0 es igual bajo la hipótesis estadística alternativa H_1 . En los sistemas ópticos, es común que la covarianza bajo ambas hipótesis sea la misma, pero la varianza es distinta. La solución a este problema es propuesta es (Golikov, Lebedeva, Castillejos Moreno, & Ponomaryov, 2011).

El detector propuesto MMSD contiene un término adaptativo correctivo en el umbral; este término, disminuye el valor del umbral estimado automáticamente, y por lo tanto, aumenta la probabilidad de detección. Sin embargo, el detector MMSD, aún no ha sido investigado completamente.

En la práctica, el posicionamiento o localización del objeto flotado es un valor desconocido a priori, además, las reflexiones del mar pueden ser diferentes, por lo que hay que investigar la eficiencia de los detectores MSD y MMSD para realizar la detección con errores mínimos posibles.

En este artículo abordamos el problema de detección 3D de un objeto flotado en una superficie fluctuante es una secuencia de imágenes, utilizando datos de simulación con ayuda del software MATLAB, comparando el ya conocido detector MSD y el recientemente propuesto MMSD (Golikov & Lebedeva, 2013), e investigamos la calidad de detección en el caso de variaciones en la potencia del fondo y el objeto flotado, cambios en la correlación de la superficie y ruido del canal. El principal interés es mejorar la calidad de detección en el caso de objetos flotados en una superficie fluctuante, en este caso, la superficie marina.

Desarrollo del modelo del mar como un proceso aleatorio Gaussiano correlacionado

Existen diferentes tipos de modelos para representar el comportamiento de las señales de la luz que se reflejan en la superficie del mar o superficie del objeto flotado, el más popular para representar este tipo de reflexiones se basa en un proceso aleatorio Gaussiano en tres dimensiones. Consideramos una señal en la salida de la cámara de video compuesta por K cuadros sucesivos. La forma en la que el detector se desempeña es recibiendo una matriz de tres dimensiones, de tamaño $L \times N \times K$ donde L es el número de filas, N el número de columnas, y K el número de cuadros de la matriz. Así mismo, se puede interpretar L como primera dimensión, N como segunda dimensión y K como tercera dimensión.

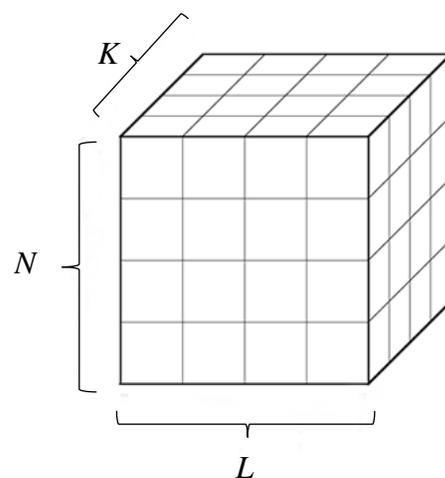


Figura 1 Ejemplo de matriz de tres dimensiones de L filas, N columnas y K cuadros

Fuente: Edición del autor

Las distribuciones espectrales de las señales de luz reflejadas desde la superficie del mar dependen de la velocidad del viento, normalmente tienen más componentes espectrales que las del objeto flotado. Para crear este tipo de reflexiones como un proceso aleatorio Gaussiano usamos un paquete de MATLAB y su comando *randn* que puede crear un proceso aleatorio con densidad de probabilidad Gaussiana en tres dimensiones. Para la representación de una secuencia de imágenes usando MATLAB se utiliza un tipo de dato llamado *uint8*, donde todos los valores posibles de los píxeles en las imágenes pueden tomar valores enteros entre 0 y 255, donde 0 es completamente negro, y 255 es completamente blanco. Este tipo de dato ayudará a representar algunos parámetros del proceso aleatorio Gaussiano como la media μ , la varianza σ^2 , y el factor de correlación *corr*.

Para crear un proceso correlacionado, usamos la matriz de correlación exponencial

$$r_{j_1, j_2} = e^{(-a|j_1 - j_2|)} \quad (1)$$

Donde j_1 son los renglones, j_2 las columnas de una matriz de covarianza, y a tiene relación con el factor de correlación *corr* dado por la ecuación (2)

$$a = 1 - \text{corr} \quad (2)$$

El comando *levinson* de MATLAB usa la ecuación (1) con el factor de correlación preestablecido (normalmente entre 0.95 y 0.8) para generar coeficientes de g y a de dos polinomios (numerador y denominador). El comando *filter* crea un proceso Gaussiano correlacionado adecuado a los coeficientes g y a . La fuente del proceso Gaussiano es el comando *randn* con media cero, varianza uno, y valores decorrelacionados. El comando *filter* puede transferir el proceso decorrelacionado *randn* a un proceso también Gaussiano con media cero, y varianza que depende de g y a , con función de correlación según la fórmula (1) en una dimensión establecida (primera o segunda dimensión). Para obtener una imagen correlacionada simultáneamente en dos dimensiones aplicamos el comando *permute* para girar la imagen 90° grados y con esta imagen aplicar de nuevo el comando *filter*.

Agregamos este proceso a un ciclo *for* para crear la secuencia de imágenes. Todas las imágenes son matrices de correlacionadas entre sí. Las mediciones de reflexiones usando una videocámara contienen errores adicionales, como fluctuaciones de propagación de luz, además de ruido de cuantización dentro de la videocámara. La suma de estos dos errores, es conocida como el ruido del canal. Las mediciones desde la superficie del mar siempre contienen un ruido del canal, y en este caso se estará manejando con la variable w para cambiar la varianza del ruido del canal. El modelo del ruido del canal es un proceso aleatorio Gaussiano de correlacionado, con media cero, y varianza que depende de la situación del medio ambiente y el tipo de cámara. En la figura 2 se presenta un ejemplo del modelo de la superficie del mar generado con MATLAB.

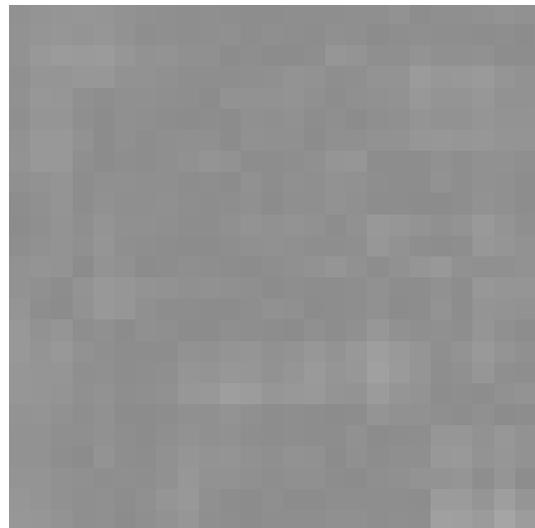


Figura 2 Modelo del mar correlacionado en primera y segunda dimensión tamaño 25×25 . $\mu = 140$, $\sigma^2 = 30$, $\text{corr} = 0.9$, $w = 0.01$

Fuente: Edición del autor, Figura extraída de MATLAB

Desarrollo del modelo del objeto flotado como un proceso determinístico desconocido a priori

Consideramos el caso en tres dimensiones cuando el objeto flotado está dentro de un área de varios píxeles. Normalmente el objeto flotado se mueve de acuerdo con el tamaño de las olas marinas, de su propia forma, tamaño, peso, etc. Los parámetros de reflexión del objeto flotado dependen de sus oscilaciones y contienen un pequeño número de componentes espectrales, por lo tanto, el modelo del objeto flotado debe tener valores diferentes en cada imagen y a priori desconocidos.

La mayoría de los modelos de objetos flotados se basan en un modelo lineal dado por la siguiente ecuación:

$$\mathbf{s} = \mathbf{H}\boldsymbol{\theta} \quad (3)$$

Donde \mathbf{s} es un vector de la señal del objeto flotado, \mathbf{H} es la matriz que contiene en sus columnas los armónicos de la transformada discreta de Fourier, y $\boldsymbol{\theta}$ es un vector-columna que presenta amplitudes de las armónicas de la transformada discreta de Fourier. La señal \mathbf{s} es una suma de componentes espectrales de los armónicos \mathbf{H} con amplitudes $\boldsymbol{\theta}$ a priori desconocidas. La matriz \mathbf{H} está definida de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ z_0 & z_1 & \cdots & z_n \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ z_0^{N-1} & z_1^{N-1} & \cdots & z_n^{N-1} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Donde $z_n^i = \exp\left(\frac{j2\pi in}{N}\right)$; el subíndice n indica el número de columna de la matriz \mathbf{H} y el número de armónico $n = 1, 2, \dots, p$. La variable i indica el número de fila de la matriz \mathbf{H} y el valor recibido en tiempo discreto $i = 0, 1, 2, \dots, N - 1$. N es el número de valores en cada columna y también el número de valores recibidos por el detector, $j = \sqrt{-1}$. En este artículo asumimos que el valor de p siempre será menor que N , ya que el objeto flotado es un objeto sólido, por lo tanto, sus fluctuaciones no contienen frecuencias altas, en cambio, la superficie marina se trata de líquido, por lo tanto, su frecuencia de luz reflejada puede ser lo suficientemente alta.

La ecuación (3) también puede ser representada de la siguiente manera:

$$\mathbf{s} = \sum_{n=1}^p \boldsymbol{\theta}_n \mathbf{h}_n \quad (5)$$

Donde p indica el número máximo de la frecuencia (máximos armónicos) del modelo del blanco, $\boldsymbol{\theta}_n$ es el coeficiente de amplitud de cada armónico de Fourier, y \mathbf{h}_n son las columnas que hacen la matriz \mathbf{H} del modelo lineal $\mathbf{H} = \{\mathbf{h}_1, \mathbf{h}_2, \dots, \mathbf{h}_n\}$.

Fue desarrollado en MATLAB un programa adecuado a las ecuaciones (3), (4) y (5). El resultado de este programa fue una secuencia de cinco imágenes consecutivas de tamaño 10×10 , como se muestra en la figura 3



Figura 3 Modelo del objeto flotado de tamaño 10×10 . $\mu_s = 140$, $\sigma_s^2 = 70$

Fuente: Edición del autor. Figura extraída de MATLAB

El modelo del objeto está diseñado como un proceso determinístico, pero para cada muestra de $\boldsymbol{\theta}$ es diferente. El modelo del objeto flotado es insertado en el modelo de la superficie del mar, como se muestra en la figura 4.

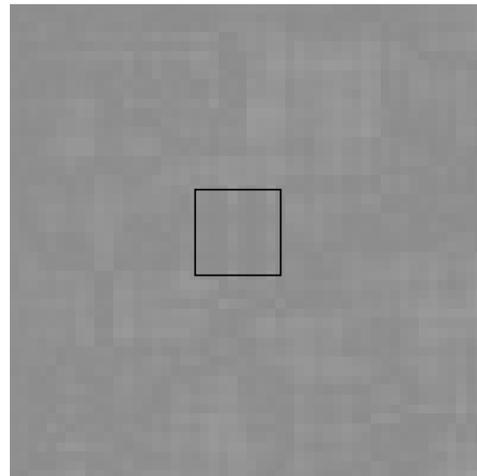


Figura 4 Modelo del objeto flotado de tamaño 10×10 , dentro del modelo de la superficie del mar de tamaño 50×50 . Modelo del mar: $\mu = 130$, $\sigma^2 = 10$, $corr = 0.9$. Modelo del objeto flotado: $\mu_s = 130$, $\sigma_s^2 = 10$

Fuente: Edición del autor. Figura extraída de MATLAB

Para diferenciar el modelo de la superficie del mar del modelo del objeto flotado fue colocado un recuadro negro que rodea el modelo del objeto. Cabe señalar que para procesos determinísticos no se puede calcular la función de densidad de probabilidad, pero la media y la varianza sí pueden ser calculadas.

Planteamiento del problema y el proceso de detección

El problema abordado aquí es la detección en tres dimensiones de un objeto multipixel en presencia de fondo en movimiento con ruido del canal. Debemos decidir entre la hipótesis nula H_0 (fondo+ruido del canal) y la hipótesis alternativa H_1 (fondo+objeto+ruido del canal):

$$H_0: y = \mathbf{n}, \quad H_1: y = \mu\mathbf{H}\boldsymbol{\theta} + \mathbf{n} \quad (6)$$

Cuando la matriz de covarianza del fondo \mathbf{R} y el parámetro σ_0^2 son conocidos, pero el parámetro $\boldsymbol{\theta}$ es desconocido, la detección estadística apropiada es presentada en la forma de MSD (Manolakis & Shaw, 2002) (Scharf, 1991):

$$T_{MSD} = \left(\frac{1}{N\sigma_0^2}\right) \mathbf{y}^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{H} (\mathbf{H}^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^H \mathbf{y} \mathbf{R}^{-1} = \left(\frac{1}{N\sigma_0^2}\right) \mathbf{z}^H \mathbf{P} \mathbf{z} \underset{<H_0}{>H_1} \eta, \quad (7)$$

Donde $\mathbf{z} = \mathbf{y} \mathbf{R}^{-1/2}$, $\mathbf{P} = \mathbf{H} (\mathbf{H}^H \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^H$ es la matriz proyector \mathbf{P} de tamaño $N \times N$. \mathbf{H} tiene un tamaño de $N \times p$, y sería la matriz que genera el subespacio.

Recientemente el detector ha derivado en el caso de los parámetros desconocidos σ_1^2 y $\boldsymbol{\theta}$ usando la razón de verosimilitud generalizada empleando la función de densidad de probabilidad condicional (*pdf*):

$$T_{MMSD}(w) = \frac{\mathbf{z}^H \mathbf{z}}{N\sigma_0^2} - \ln \frac{\mathbf{z}^H \mathbf{P}^\perp \mathbf{z}}{(N-p)\sigma_0^2} - 1 \quad (8)$$

Donde $\mathbf{P}^\perp = \mathbf{I} - \mathbf{P}$, \mathbf{I} es la matriz identidad y \mathbf{P} la matriz proyector a subespacio de la señal s .

El proceso de detección se divide en dos fases: primero se calculan los umbrales que separan dos zonas: una donde se recibe la decisión de que H_0 sea cierta, cuando la salida del detector sea menor que el umbral establecido, y la otra zona a la derecha del umbral, donde H_1 es cierta cuando la salida del detector sea mayor que el umbral establecido.

Para calcular los umbrales para cada detector, hay que elegir un espacio del modelo de la superficie marina donde no aparecerá el blanco de interés (en la parte superior izquierda de la figura 5), la cual será nuestra ventana del umbral.

El tamaño de esta ventana puede ser, por ejemplo, de 10×10 . Después elegimos la ventana de análisis del mismo tamaño que puede coincidir o no con la posición del modelo del objeto. En todos los casos el modelo del objeto de tamaño 10×10 está en el centro de cada imagen. Se realiza el procedimiento de los detectores MSD y MMSD, con los valores de la superficie del mar dentro de la ventana del umbral.

Después de realizar el procedimiento, en la salida de cada detector aparecerá un valor que será guardado dentro de un acumulador. Este proceso se repetirá mil veces, por lo que el acumulador tendrá mil valores para ambos detectores cada uno. Los datos obtenidos serán ordenados en un vector-columna, de mayor a menor (de arriba hacia abajo) con el comando *sort* de MATLAB. Se establece la probabilidad de falsa alarma, utilizando técnicas de conteo estándar de Monte Carlo basadas en $100/P_{fa}$, donde P_{fa} es la probabilidad de falsa alarma preestablecida. En todas las simulaciones realizadas en este artículo $P_{fa} = 10^{-2}$.

La segunda fase del proceso de detección se basa en un monitoreo de la secuencia de imágenes del modelo de la superficie del mar, usando una ventana de análisis de tres dimensiones $10 \times 10 \times 5$. Para tomar la decisión de si hay o no dentro de la ventana de análisis el modelo del objeto flotado cada detector realiza su procesamiento con $10 \times 10 \times 5$ valores recibidos, y en sus salidas se forma un valor.

La ventana de análisis $10 \times 10 \times 5$ coincide con el tamaño del modelo del objeto flotado, y realizamos el proceso de detección. La cifra arrojada por el detector se compara con el umbral para tomar la decisión. Cuando esta cifra es mayor que el umbral el detector toma decisión que dentro de la ventana de análisis hay el objeto de interés. Cuando esta cifra es menor que el umbral, el detector toma la decisión que dentro de la ventana de análisis no hay el objeto de interés.

Resultados de detección de dos detectores elegidos a través de los modelos

En esta sección observaremos el resultado de la estimación de la calidad de detección para dos detectores al cambiar el factor de correlación del fondo $corr$, la intensidad del ruido del canal w , el coeficiente de sensibilidad del segundo término del algoritmo MMSD, la posición de la ventana de análisis (coincide o no completamente con el objeto) y la relación señal-a-fondo SBR. El sistema de simulación de los detectores MSD y MMSD mantiene la probabilidad de falsa alarma igual a 0.01. Presentamos el caso cuando el coeficiente de variación del modelo de la superficie del mar y el modelo del objeto flotado es diferente.

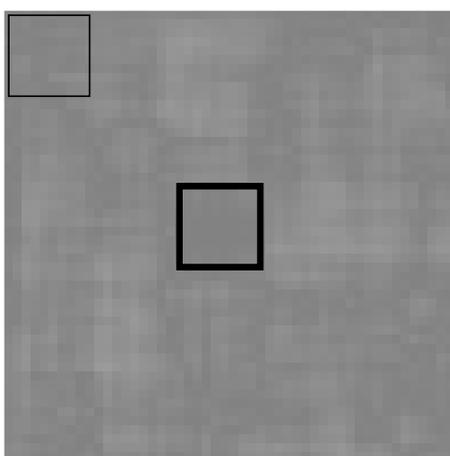


Figura 5 Modelo del objeto flotado (la primera imagen) de tamaño 10×10 , dentro del modelo de la superficie del mar de tamaño 50×50 , con ventana de análisis. Modelo del mar: $\mu = 140$, $\sigma^2 = 16$, $corr = 0.9$. Modelo del objeto flotado: $\mu_s = 140$, $\sigma_s^2 = 3$

Fuente: Edición del autor. Figura extraída de MATLAB

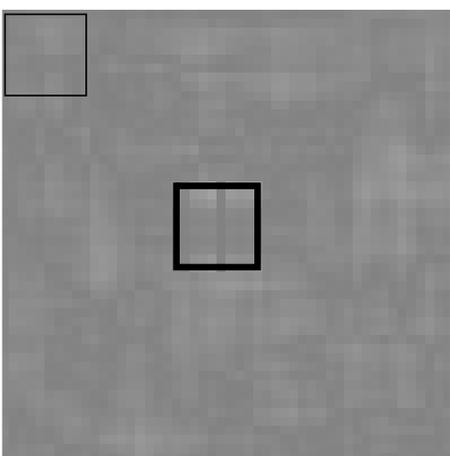


Figura 6 Modelo del objeto flotado (primera imagen) de tamaño 10×10 , dentro del modelo de la superficie del mar de tamaño 50×50 , con ventana de análisis. Modelo del mar: $\mu = 140$, $\sigma^2 = 16$, $corr = 0.9$. Modelo del objeto flotado: $\mu_s = 140$, $\sigma_s^2 = 18$

Fuente: Edición del autor. Figura extraída de MATLAB

En la figura 5 y 6, la varianza del blanco es de 18 y 75 respectivamente. La media establecida del mar y del blanco en ambos casos es de 140. La varianza del mar en las dos figuras anteriores es 16. Su factor de correlación es ambas imágenes es $corr = 0.9$. En el centro de las figuras 5 y 6 fue colocada la ventana de análisis de igual tamaño al blanco de interés. A continuación, mostraremos cómo afecta la calidad de detección en el caso de los modelos presentados en las figuras 5 y 6, cambiando el factor de sensibilidad del algoritmo MMSD, con ruido del canal $w = 0.1$.

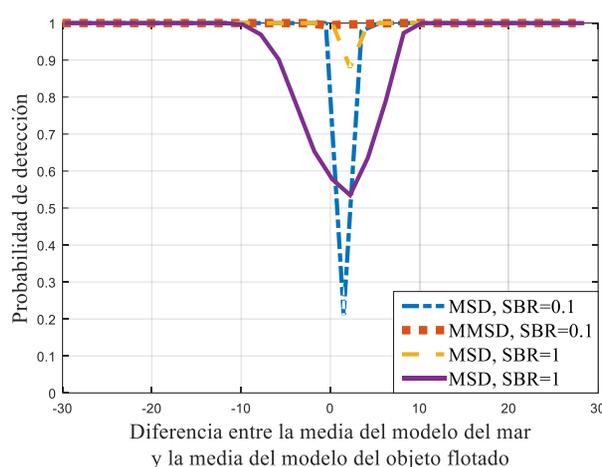


Gráfico 1 Probabilidad de detección vs diferencia entre la media del modelo del mar y la media del objeto flotado $corr = 0.9$, $w = 0.1$, $b = 5$

Fuente: Edición del autor. Gráfico extraído de MATLAB.

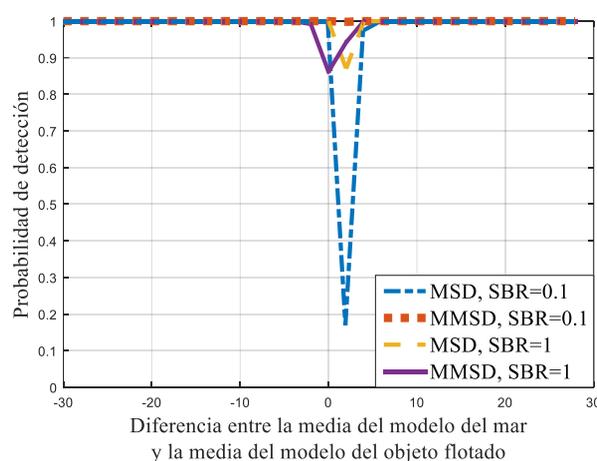


Gráfico 2 Probabilidad de detección vs diferencia entre la media del modelo del mar y la media del objeto flotado. $corr = 0.9$, $w = 0.1$, $b = 0.5$

Fuente: Edición del autor. Gráfico extraído de MATLAB

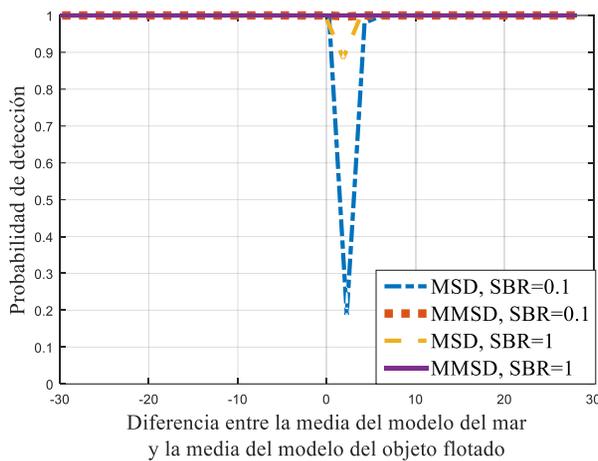


Gráfico 3 Probabilidad de detección vs diferencia entre la media del modelo del mar y la media del objeto flotado. $corr = 0.9$, $w = 0.1$, $b = 0.05$

Fuente: Edición del autor. Gráfico extraído de MATLAB

En los gráficos 1, 2 y 3 se muestra la probabilidad de detección contra la diferencia entre medias del mar y del objeto flotado; el primer par indican cómo afecta la calidad de detección de los detectores MSD y MMSD cuando la relación señal-a-fondo SBR (Signal-to-background ratio) es muy pequeña, y el segundo par de curvas cuando el valor de SBR crece. También vemos cómo afecta la calidad de detección el cambio en el coeficiente de sensibilidad del MMSD. Los tres gráficos corresponden al caso de los modelos en las figuras 5 (para el primer par de curvas, $SBR=0.1$) y 6 (para el segundo par de curvas, $SBR=1$).

Podemos observar que el algoritmo MSD es insensible a los cambios del coeficiente de sensibilidad b , ya que este solo se encuentra en el algoritmo MMSD. Sin embargo, analizando los gráficos 1, 2 y 3, observamos que a mayor aumento del SBR, el algoritmo MSD tendrá una mejor calidad de detección cuando las medias del mar y el del objeto flotado sean aproximadamente iguales.

En el caso del algoritmo MMSD se observa que es indiferente a los cambios de b siempre y cuando la relación SBR tenga valores muy pequeños, como 0.1. Si el $SBR > 1$, entonces el coeficiente b deberá ser ajustado a valores pequeños para alcanzar la calidad de detección máxima posible, sin importar la diferencia entre medias, como se puede ver en la gráfica 3. Ahora veremos los cambios en la calidad de detección cuando cambiamos la potencia de ruido del canal w , con el coeficiente $b = 0.05$, y $corr = 0$.

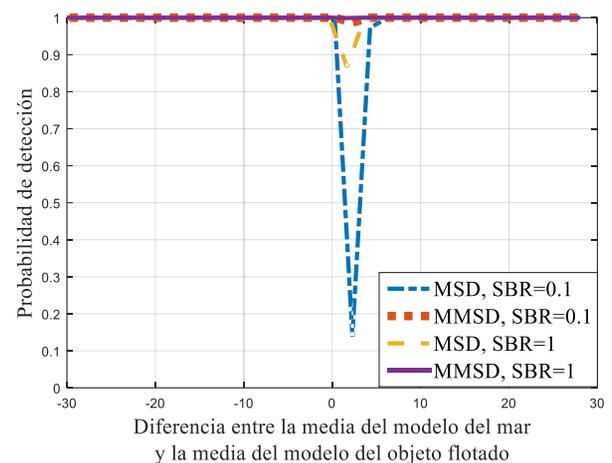


Gráfico 4 Probabilidad de detección vs diferencia entre la media del modelo del mar y la media del objeto flotado. $corr = 0.9$, $w = 1$, $b = 0.05$

Fuente: edición del autor. Gráfico extraído de MATLAB

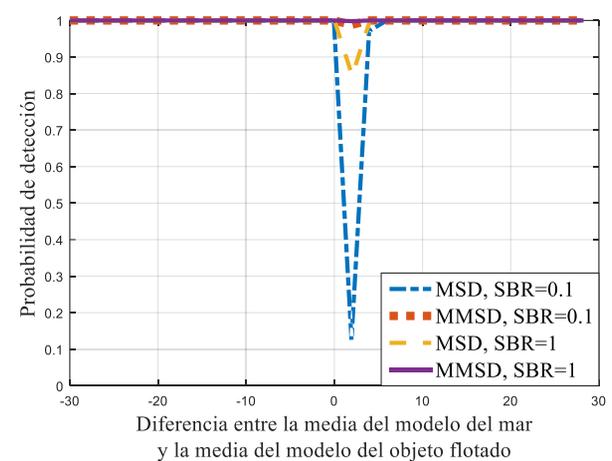


Gráfico 5 Probabilidad de detección vs diferencia entre la media del modelo del mar y la media del objeto flotado. $corr = 0.9$, $w = 0.01$, $b = 0.05$

Fuente: edición del autor. Gráfico extraído de MATLAB

De acuerdo con los gráficos 4 y 5, la calidad de detección de ambos detectores no se ve afectada por los cambios en la potencia del ruido del canal entre los límites establecidos en $w = 0.01$ (grafico 5), $w = 0.1$ (grafico 3), y $w = 1$ (grafico 4). Por lo tanto, se puede realizar detección en los objetos flotados en la superficie del mar cuando el nivel de ruido del canal es suficientemente grande. Esto significa, que la distancia entre el objeto y el mar, y el medio ambiente, no afecta la calidad de detección.

A continuación, veremos lo que sucede con la calidad de detección al cambiar el factor de correlación $corr$.

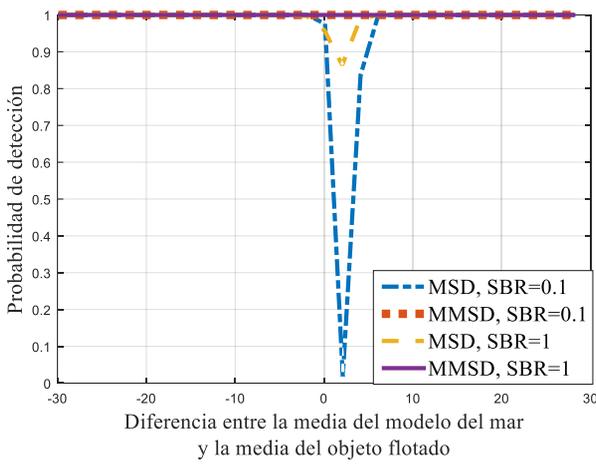


Gráfico 6 Probabilidad de detección vs diferencia entre la media del modelo del mar y la media del objeto flotado. $corr = 0.7, w = 0.1, b = 0.05$

Fuente: edición del autor. Gráfico extraído de MATLAB

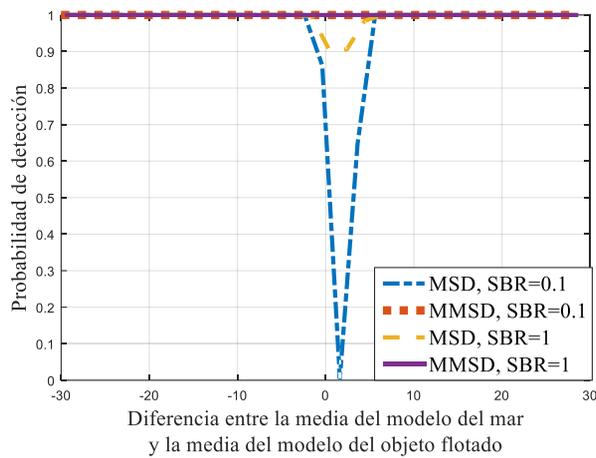


Gráfico 7 Probabilidad de detección vs diferencia entre la media del modelo del mar y la media del objeto flotado. $corr = 0.5, w = 0.1, b = 0.05$

Fuente: edición del autor. Gráfico extraído de MATLAB

De acuerdo con el gráfico 3 ($corr = 0.9$), gráfico 6 ($corr = 0.7$) y gráfico 7 ($corr = 0.5$), el detector MMSD siempre alcanza el valor máximo de calidad de detección (la probabilidad de detección cerca de 1). En el caso del detector MSD, este alcanza la calidad de detección deseada cuando el valor de SBR es mayor o igual a 1. Si $SBR < 1$, entonces el detector MSD tendrá un buen desempeño solo si existe diferencia entre las medias de los modelos. Por lo que podemos decir que la se puede realizar la detección de objetos en la superficie del mar, sin importar el nivel de correlación que este tenga.

Ahora analizaremos qué pasa con la calidad de detección cuando la ventana de análisis no coincide completamente con el modelo del objeto flotado, como se muestra en la figura 7 y 8

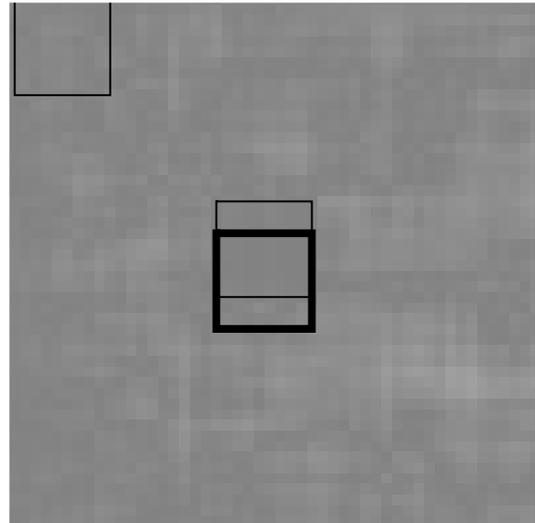


Figura 7 Modelo del objeto flotado de tamaño (primera imagen) 10×10 , dentro del modelo de la superficie del mar de tamaño 50×50 , con ventana de análisis coincidente 70% con el modelo del blanco. Modelo del mar: $\mu = 140, \sigma^2 = 16, corr = 0.9$. Modelo del objeto flotado: $\mu_s = 140, \sigma_s^2 = 3$

Fuente: Edición del autor. Figura extraída de MATLAB

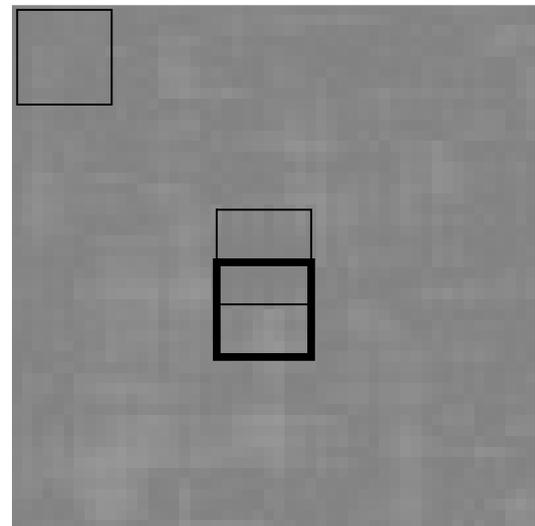


Figura 8 Modelo del objeto flotado de tamaño (primera imagen) 10×10 , dentro del modelo de la superficie del mar de tamaño 50×50 , con ventana de análisis coincidente 50% con el modelo del blanco. Modelo del mar: $\mu = 140, \sigma^2 = 16, corr = 0.9$. Modelo del objeto flotado: $\mu_s = 140, \sigma_s^2 = 18$

Fuente: Edición del autor. Figura extraída de MATLAB.

Mostraremos el gráfico correspondiente para los modelos mostrados en las figuras 7 y 8.

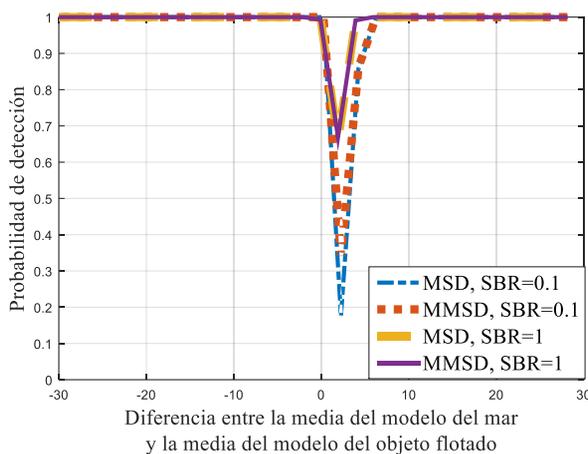


Gráfico 8 Probabilidad de detección vs diferencia entre la media del modelo del mar y la media del objeto flotado. $corr = 0.9$, $w = 0.1$, $b = 0.05$. Ventana de análisis coincide 70% con el modelo del objeto

Fuente: edición del autor. Gráfico extraído de MATLAB

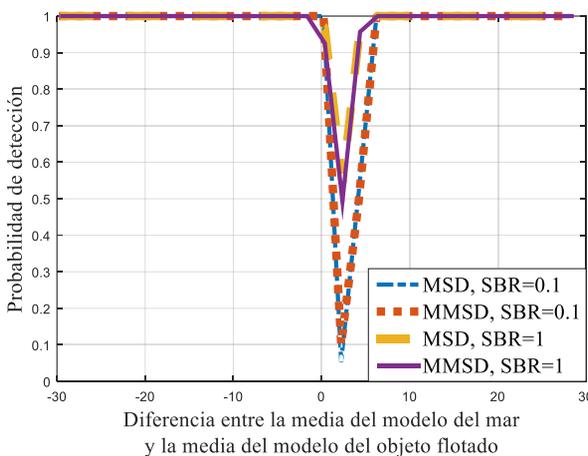


Gráfico 9 Probabilidad de detección vs diferencia entre la media del modelo del mar y la media del objeto flotado. $corr = 0.9$, $w = 0.1$, $b = 0.05$. Ventana de análisis coincide 50% con el modelo del objeto

Fuente: edición del autor. Gráfico extraído de MATLAB

De acuerdo con los gráficos 8 y 9, se desempeña de manera casi igual cuando la ventana de análisis no coincide completamente con el modelo del objeto flotado. Notamos que los detectores mejoran su calidad de detección, cuando la relación señal-a-fondo SBR crece. Y que, en ambos casos (SBR=0.1 y SBR=1), los detectores llegan a la calidad de detección deseada cuando existe una diferencia entre los contrastes del modelo del fondo y el modelo del objeto. Cuando la ventana de análisis no coincide completamente con la posición del objeto de interés, la calidad de detección de ambos detectores baja.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma del Carmen.

Conclusiones

Los modelos de reflexiones de luz desde la superficie del mar y desde un objeto flotado se basan en proceso Gaussiano aleatorio para la superficie del mar, y un proceso determinístico desconocido a priori con número de armónicos limitado y pequeño para el modelo del objeto.

La selección de los modelos se basa en trabajos anteriores como en (Blostein & Huang, 1991) y (Gnanadesikan, 2011) para el modelo de reflexiones de luz desde la superficie del mar, y (Scharf, 1991) en el caso del modelo de las reflexiones de luz desde el objeto flotado como un proceso determinístico desconocido a priori. El modelo de las reflexiones desde los blancos flotados contienen cierto número de armónicos de frecuencias bajas con amplitudes a priori desconocidos. Hay que seleccionar número de frecuencia más alta p a priori, y para esto nos basamos en experimentos con objetos flotados reales en superficie del mar agitada como en (Golikov, Rodriguez Blanco, & Lebedeva, 2016) y (Golikov, Lebedeva, & Rodriguez Blanco, 2016), donde observamos que p puede tomar valores aproximados entre 3 y 7 para las cámaras con velocidad 25-30 cuadros/seg.

Los detectores MSD y MMSD requieren información a priori sobre matriz de covarianza \mathbf{R} de luz reflejada desde superficie marina y su varianza σ_0^2 . También hay que seleccionar p y establecer umbrales para cada detector por separado. Inmediatamente después de establecer el umbral hay que iniciar el proceso de detección.

Las condiciones en estadística clásica: MSD requiere la misma información a priori: \mathbf{R} , σ_0^2 , p , y calcular el umbral.

La diferencia entre MSD y MMSD es que el MMSD tiene un segundo término logarítmico (como se muestra en la ecuación (8)) sensible a la matriz de covarianza de las señales recibidas. Cuando el MMSD recibe las señales de las reflexiones de luz desde el mar con ruido de canal, el segundo término calcula el valor cerca de 0, y cuando hay el blanco flotado y ruido del canal (puede contener también parcialmente un parte de energía que refleja el mar) el segundo término aumenta mucho su valor y el detector MMSD alcanza el umbral.

La calidad de detección de ambos detectores depende de la diferencia entre los parámetros estadísticos de los modelos de las reflexiones desde la superficie del mar y la superficie del objeto de interés. Cuando los parámetros son iguales (la media y la varianza) el detector clásico MSD no alcanza la calidad de detección deseada.

El detector MMSD tiene probabilidad de detección que alcanza valor casi máximo posible cuando los parámetros estadísticos de las reflexiones desde el mar y el objeto flotado son iguales. Esto se puede explicar que el MMSD es sensible con diferencia de ancho de banda del espectro de reflexiones desde la superficie del mar y del objeto.

Las investigaciones presentadas en este artículo muestran que el detector MMSD, tiene una perspectiva buena de implementar en sistemas de detección de los objetos flotados en la superficie del mar.

Referencias

- Blostein, S., & Huang, T. (1991). Detecting Small, Moving Objects in Image Sequences Using Sequential Hypothesis Testing. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 6.
- Chacon Murguía, M. I., Sandoval Rodríguez, R., & Arias Enriquez, O. (2012). Human gait feature extraction including a kinematic analysis toward robotic power assistance. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 68.
- Gnanadesikan, R. (2011). *Methods for Statistical Data Analysis of Multi-variate Observations*. John Wiley & Sons.
- Golikov, V., & Lebedeva, O. (2013). Adaptive detection of subpixel targets with hypothesis dependent background power. *IEEE Signal Processing Letters*, 751-754.
- Golikov, V., Lebedeva, O., & Rodriguez Blanco, M. (2016). GLRT subspace detection of multipixel targets with known and unknown spatial parameters in presence of signal-dependent background power. *Computers & Electrical Engineering*, 38-48.
- Golikov, V., Lebedeva, O., Castillejos Moreno, A., & Ponomaryov, V. (2011). Asymptotically optimum quadratic detection in the case of subpixel targets. *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, 1786-1792.
- Golikov, V., Rodriguez Blanco, M., & Lebedeva, O. (2016). Robust multipixel matched subspace detection with signal-dependent background power. *Journal of Applied Remote Sensing*, 10.
- Healey, G., & Slater, D. (1999). Models and methods for automated material identification in hyperspectral imagery acquired under unknown illumination and atmospheric conditions. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1966-1971.
- Kimura, T., Ohashi, M., Crailsheim, K., Schmickl, T., Okada, R., & Ikeno, H. (2012). Tracking of Multiple Honey Bees on a Flat Surface. *Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology*, 36-39.
- Manolakis, D., & Shaw, G. (2002). Detection algorithms for hyperspectral imaging applications. *IEEE signal processing magazine*, 29-43.
- Osorio, R., Lopez Juarez, I., Pena, M., Lomas, V., Lefranc, G., & Savage, J. (2015). Surveillance System Mobile Object Using Segmentation Algorithms. *IEEE Latin America Transactions*, 2441-2446.
- Scharf, L. L. (1991). *Statistical Signal Processing*. Addison-Wesley.
- Siqueira, D., & Machado, A. (2016). People Detection and Tracking in Low Frame Rate Dynamic Scenes. *IEEE Latin America Transactions*, 6.
- Soni, T., Zeidler, J., & Ku, W. (1993). Performance evaluation of 2-D adaptive prediction filters for detection of small objects in image data. *IEEE Transactions on Image processing*, 327-340.
- Wang, Z., Liao, K., Xiong, J., & Zhang, Q. (2014). Moving object detection based on temporal information. *IEEE Signal Processing Letters*, 1403-1407.

Rediseño del prototipo de sistema programable para prevenir el robo de bicicletas en Oaxaca

Redesign of programmable system prototype to prevent bicycle theft in Oaxaca

MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela†*, MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Gabriela, GUZMÁN-SALAS, León y RAFAEL-PÉREZ, Eva

Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030; Oaxaca de Juárez, Oaxaca.

ID 1er Autor: *Maricela, Morales-Hernández* / **ORC ID:** 0000-0002-3521-2041, **CVU CONACYT ID:** 731036

ID 1^{er} Coautor: *Gabriela, Martínez-Hernández* / **ORC ID:** 0000-0003-4670-7979, **CVU CONACYT ID:** 1063630

ID 2^{do} Coautor: *León, Guzmán-Salas* / **ORC ID:** 0000-0002-4789-3745, **CVU CONACYT ID:** 1068881

ID 3^{er} Coautor: *Eva, Rafael-Pérez* / **ORC ID:** 0000-0003-2793-1254, **CVU CONACYT ID:** 905268

DOI: 10.35429/JOTI.2020.14.4.17.26

Recibido 20 Julio, 2020; Aceptado 30 Diciembre, 2020

Resumen

El objetivo del presente artículo es presentar la segunda fase del desarrollo de un prototipo de alarma inteligente que coadyuve en la prevención del robo de bicicletas en la Ciudad de Oaxaca, como resultado de un rediseño de un prototipo anterior. En esta segunda fase de la investigación se hicieron mejoras en la autonomía de la alarma, agregando una batería de litio para alimentar la energía del circuito; así también se disminuye el tamaño del circuito cambiando algunos componentes; por otro lado, se desarrolla una aplicación móvil como complemento de las funciones de la alarma. Y, se agrega un gestor de base de datos en tiempo real con el fin de tener los datos de ubicación de la bicicleta en el momento en que se están generando. Finalmente se agrega el trazado de una ruta con ayuda de la aplicación Google Maps, que le permite al usuario enfocar la búsqueda de su bicicleta. En esta segunda fase se continúa trabajando con la metodología de prototipos.

Abstract

The objective of this article is to present the second phase of the development of a smart alarm prototype that contributed to the prevention of bicycle theft in Oaxaca City, as a result of a redesign of a previous prototype. In this second phase of the investigation, improvements were made in the autonomy of the alarm, adding a lithium battery to supply the energy of the circuit; thus, the size of the circuit is also decreased by changing some components; on the other hand, a mobile application is developed to complement the alarm functions. In addition, a real-time database manager is added in order to have the location data of the bicycle on real time, it means, when the data are being generated. Finally, the traced of a route is added using the Google Maps application that allows the user to focus in certain zone in order to searching their bicycle. In the second phase, also it was applied the prototyping methodology as in the first phase.

Rediseño, Sistema Programable, Prevención de robo

Redesign, Programmable System, Theft prevention

Citación: MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela, MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Gabriela, GUZMÁN-SALAS, León y RAFAEL-PÉREZ, Eva. Rediseño del prototipo de sistema programable para prevenir el robo de bicicletas en Oaxaca. Revista de Invención Técnica. 2020. 4-14:17-26.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: moralesh.maricela@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El objetivo del presente artículo es presentar la segunda fase del desarrollo de un prototipo de alarma inteligente, al cual se aplicó un proceso de mejora, agregándole características que mejoran su funcionalidad.

La importancia de mejorar el primer prototipo es darle un valor agregado al mismo, respecto a las alarmas comerciales, minimizando los costos y maximizando las funciones, mediante la utilización de componentes tanto de software como de hardware de mayor calidad y a un costo menor. Además de involucrar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México campus Oaxaca, en proyectos que aporten soluciones prácticas a los problemas sociales que se viven actualmente; específicamente, en la Ciudad de Oaxaca de Juárez y sus municipios conurbados, como lo es el robo de vehículos y específicamente de bicicletas, que por ser vehículos ligeros son sensibles a su extracción y venta en el mercado negro.

Resulta pues, como en todas las ciudades en crecimiento, que existe el problema de la inseguridad y se presentan delitos donde los ciudadanos ven perjudicado su patrimonio, como en este caso, una bicicleta, que quizás para muchas personas puede ser un bien con poco valor, para otros representa la oportunidad de desplazarse de un lugar a otro para realizar sus actividades cotidianas; lo cual le da un valor más allá del monetario.

El problema de inseguridad es evidente, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana (INEGI, 2020), en el mes de septiembre de 2019 la percepción social sobre inseguridad pública arrojó que el 74.4% de la población de 18 años y más considera que vivir en la ciudad de Oaxaca es inseguro.

Esta percepción se hace patente en los medios masivos de información y se confirma que los robos de bicicleta continúan efectuándose en el municipio de Oaxaca de Juárez, ya que, según el sitio e-consulta.com, el club Ay Nanita Cycling Team fue víctima del robo de una bicicleta en la de la agencia de cinco señores perteneciente al municipio de Oaxaca de Juárez, la unidad robada es una bicicleta de competencia con un valor aproximado de 15 mil pesos; cabe hacer mención que en la misma nota se informa que el club recuperó otra bicicleta que le había sido robada cinco años atrás con un valor de 30 mil pesos (e-oaxaca.com, 2020).

Por lo anterior, se reconoce la urgencia de habilitar a los ciudadanos de herramientas que les permitan salvaguardar sus bienes utilizando las tecnologías emergentes e involucrar en estas soluciones a las instituciones educativas que se encuentran en la ciudad de Oaxaca.

En las empresas que comercializan este tipo de dispositivos se pueden encontrar algunos ejemplares como, por ejemplo: Luz trasera inteligente para bicicleta - Alarma inalámbrica antirrobo recargable, cuyo precio aproximado es de \$1000.00 pesos mexicanos (Amazon, 2020), o la ANTUSI A8-alarma antirrobo para bicicletas, con freno automático, luz trasera con control remoto para bicicletas de montaña con un costo aproximado de \$409.20 pesos mexicanos (Aliexpress, 2020). Sin embargo, en ninguno de los casos la alarma cuenta con GPS, los dispositivos que, si tienen incorporada la función de rastreo como lo es WJSW Rastreo GPS a Prueba Agua, 4G GPS con Alarma, tiene un costo aproximado de \$2800.00 pesos y tiene una aplicación móvil que permite la comunicación con el dispositivo, a través de una aplicación sencilla (Amazon, 2020).

Existen también, otros prototipos experimentales como por ejemplo el que presenta Cabascango en su tesis doctoral, éste prototipo también incluye una aplicación móvil que permite al usuario activar y desactivar funciones de un sistema de alarma, así como también obtener la geolocalización del vehículo, en este caso ha sido diseñado para automóviles (Cabascango, 2020); pero, no cuenta con una base de datos que registre las incidencias. Y, por haber sido diseñado para automóviles, no abarca el segmento de vehículos no motorizados como lo son las bicicletas.

El prototipo mejorado de la alarma para bicicletas, a diferencia de las opciones comerciales y experimentales citadas en los párrafos anteriores, tiene las siguientes características:

- Las medidas del prototipo son 5.75 cm de largo x 2.70 cm de ancho x 2.78 de altura. Con lo que se ha reducido su tamaño en un 50 % aproximadamente.
- A diferencia de los anteriores, en este nuevo prototipo se simplificaron las funciones y sólo se implementan tres módulos: SIM, base de datos y cargador de batería de litio.
- Funciona con su propia fuente de energía, la cual es una batería de litio que le puede dar un tiempo de autonomía de cuatro horas aproximadamente.
- Se ha desarrollado una aplicación móvil que permite rastrear la bicicleta usando la ubicación que se genera en el prototipo y la envía cada cierto tiempo configurable a la aplicación móvil.

El artículo se ha dividido en siete secciones, en las cuales se explican la metodología de desarrollo; el desarrollo, que detalla la forma en que se fueron aplicando los pasos metodológicos; los resultados obtenidos al finalizar esta fase de trabajo; los trabajos futuros donde se plasma la evolución del prototipo obtenido y hacia donde puede continuar la investigación; los agradecimientos a los participantes del proyecto, así como a las instituciones que dieron las facilidades para el desarrollo del mismo; las conclusiones a las que se llega después de un proceso de trabajo y finalmente, la lista de referencias consultadas, que han orientado y fundamentado el presente documento.

Metodología

La metodología que se utiliza en esta segunda fase del proyecto de investigación es la de prototipos, ya que, es la que ha sido utilizada también en la primera fase.

El término prototipo se deriva etimológicamente según Gengnagel, Nagy y Stark (2016, p.4) de la antigua palabra griega protos, "el primero" y typos, "arquetipo o modelo"; y en la actualidad, desempeña un papel central en los procesos de ingeniería, desarrollo y diseño de todos los campos incluidos en el proyecto.

Una característica principal del prototipo es que las disciplinas donde se aplica reconocen su uso en desarrollos de optimización iterativos y procesos de trabajo en los que cumple diferentes funciones como medio de comunicación y como modelo para el proceso de trabajo inductivo-analítico (Gengnagel, Nagy y Stark, 2016, p.5); esta conceptualización aplica al prototipo que se desarrolla en el presente trabajo, pues se establece que cada prototipo es el resultado de la optimización de las características del anterior.

Como ventajas del uso de la metodología de prototipo se enlistan las siguientes (Barranco, 2001, p.42):

- Facilitar la comunicación entre cliente y analista.
- Permitir al cliente concretar sus necesidades de un modo óptimo.
- Permitir la obtención de resultados visibles en las primeras etapas del desarrollo.
- Disminuir el riesgo de error en la construcción de los sistemas.
- Facilitar la gestión de cambios durante el desarrollo.
- Aumentar la productividad del equipo de proyecto.

De forma resumida según Alonso, Martínez y Segovia (2005), se identifican las siguientes etapas en la metodología de prototipos:

Recolección de requisitos.

Diseño rápido.

Construcción del prototipo.

Evaluación del prototipo.

- Refinamiento del prototipo.
- Producto.

Desarrollo

Requisitos

Para el tercer prototipo de la alarma inteligente se definen los siguientes requisitos:

- Reducción del tamaño aproximadamente en un 50%.
- Activación/desactivación de la alarma a través de una tarjeta RFID, la cual tendrá en poder el usuario de la alarma.
- Módulo SIM, el cual enviará las coordenadas de ubicación de la bicicleta a un número de teléfono celular registrado en la programación de la alarma.
- Módulo de base de datos, el cual almacena en la base de datos las coordenadas, fecha, hora, entre otros datos que se generan en el sistema programable.
- Módulo cargador para pila de litio, el cual permite que el prototipo funcione de forma autónoma aproximadamente de 4 a 6 horas continuas.
- Aplicación web, en la cual, utilizando un mapa se visualizan todos los dispositivos que se encuentren activos, se dan de alta a los usuarios de las alarmas, esta opción se habilita pensando en un modelo de negocio donde se rente el servicio de monitoreo de las alarmas.
- Aplicación móvil, en la que el usuario pueda activar y desactivar su alarma, registrarse y dar seguimiento a la ubicación de la bicicleta en caso de que ésta haya sido sustraída.

Diseño y construcción

Módulo SIM

Este módulo es utilizado para generar la geolocalización del dispositivo; ya que el componente SIM800L de acuerdo con la hoja de datos técnicos es un módulo GSM (Global System for Mobile Communications)/ GPRS (General Packet Radio Service) de cuatro bandas, que funciona en frecuencias GSM850MHz, EGSM900MHz, DCS1800MHz y PCS1900MHz, y con una configuración pequeña de 17.8 * 15.8 * 2.4 mm, es capaz de abarcar un sinnúmero de aplicaciones que involucren comunicación con teléfonos inteligentes, PDA (Personal Digital Assistant) y otros dispositivos móviles (SIMCom, 2015, p.11).

Para el intercambio de datos entre el módulo SIM y el microcontrolador ATTiny85, se utilizan los comandos AT, según García y Morales son un subconjunto de los comandos Hayes que permiten controlar y configurar los módems desde una computadora o terminal (García y Morales, 2012, p. 171); en este caso, los comandos AT se utilizan para controlar el estado y la configuración de un módem GSM con el fin de enviar la información que genera el GPS (Global Positioning System) que contiene el SIM800L internamente. En la figura 1, se muestra el diagrama a bloques de la conexión entre el SIM800L y el microcontrolador.

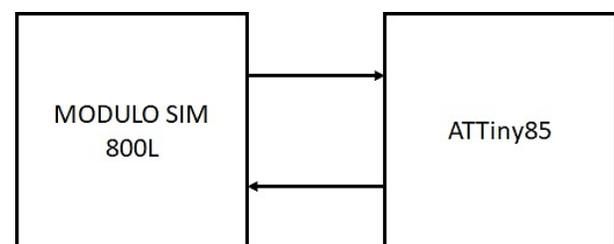


Figura 1 Diagrama a bloques del módulo SIM con el microcontrolador

Fuente: Elaboración propia

Módulo base de datos

En el prototipo anterior se había utilizado MySQL como gestor de la base de datos que almacena la información que se obtiene de la alarma mientras ésta se encuentra en uso; sin embargo, al hacer diferentes pruebas se notó que el intercambio de datos se hacía lento cuando se monta en web.

Por lo anterior, en este prototipo se utiliza el gestor Firebase, el cual almacena y sincroniza datos con una base de datos NoSQL alojada en la nube. Los datos se sincronizan con todos los clientes en tiempo real y se mantienen disponibles aun cuando la aplicación no tenga conexión (Firebase, 2020). La configuración de comunicación entre diferentes dispositivos y la base de datos se muestra en la figura 2.



Figura 2 Conexión de base de datos con diferentes dispositivos
Fuente: (Firebase,2020)

Módulo cargador de batería de litio

Derivado de las mejoras que se aplicaron al nuevo prototipo de la alarma para bicicletas, se le agregó un módulo para carga de baterías; para ello, se utiliza el módulo TP4056 cargador de batería de litio, el cual es un pequeño módulo para la carga de baterías LiPo o Li-ion de una sola celda de 3.7V 1Ah o superior como las 16550 o las 18650 hay dos versiones de este módulo: sin circuito de protección y con circuito de protección, para que las baterías no reciban ningún daño (Patagoniatec blog, 2020). En este caso el cargador ya incluye el circuito de protección, en la figura 3 se ilustra el componente. El objetivo de agregarle este componente, es con la finalidad de que la alarma para bicicleta pueda ser autónoma en cuanto a la fuente de energía, aspecto que el prototipo anterior no tenía contemplada.



Figura 3 Módulo TP4056
Fuente: (Patagoniatec blog, 2020)

Al cargador se conectó una pila recargable de litio de 3.7 volts a 1500 mAh, ésta podrá funcionar de forma continua una vez cargada al 100 % por un lapso de cuatro horas aproximadamente, en la figura 4 se muestra la pila utilizada.



Figura 4 Pila recargable de litio de 3.7 volts a 1500 mAh
Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se muestra el diagrama a bloques del módulo cargador de batería, el cual a su vez se conectará a la fuente de recarga externa a través de un puerto USB que viene ya implementado en el circuito.

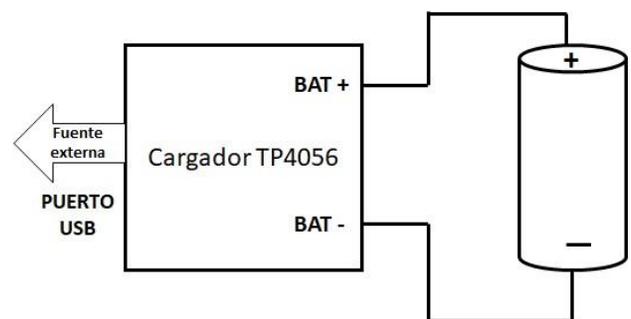


Figura 5 Diagrama a bloques de la conexión entre el cargador de pilas, la pila de litio y la fuente externa de corriente
Fuente: (Elaboración propia)

El diseño del circuito queda como se muestra en la figura 6, es importante resaltar que los componentes del circuito principal se reducen a dos componentes físicos, y a éstos se le agrega la parte de la fuente de alimentación que es una pila recargable con el circuito que permite la recarga de la pila. Con ello, se logra reducir aproximadamente el 50% el tamaño del circuito en relación con el prototipo inicial.

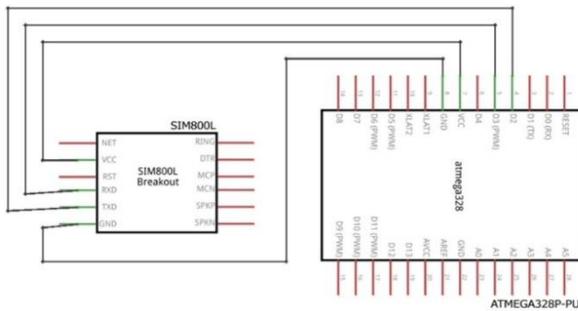


Figura 6 Diseño físico del circuito final
Fuente: (Elaboración propia)

Aplicación web

La aplicación web de la alarma se diseña y construye como una opción donde se ofrezca el servicio de monitoreo de alarmas a diferentes clientes, planteando que adquieran éstos una membresía que les permita tener acceso a herramientas complementarias a la alarma. El diseño de una aplicación web se realizó por sugerencia de usuarios; ya que el prototipo se presentó en foros de proyectos tecnológicos, tales como el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica fases local y regional; así como Proyecto Multimedia, Ciencia y Tecnología, sede regional Oaxaca.

En la aplicación web se planean dos tipos de roles: administrador y usuario de la alarma. El primero tiene acceso a la información de todos los usuarios de la alarma, como también la ubicación de los dispositivos en tiempo real. El segundo es el usuario que adquiere una alarma para su bicicleta y también puede revisar los desplazamientos que ha hecho el vehículo y que se encuentran registrados en la base de datos. También se considera que en la aplicación web se consulten los datos almacenados en tiempo real en la base de datos firebase.

Aplicación móvil

Debido a que en el segundo prototipo que se obtuvo en la investigación, se contempla el envío de mensajes SMS al número del teléfono móvil registrado y también considerando las observaciones que se hicieron al prototipo, cuando fue exhibido en los foros de ciencia citados en párrafos anteriores, se planea el diseño de una aplicación móvil que permita al usuario ingresar con un nombre y contraseña, y activar el prototipo para que éste sea visible en la aplicación web.

Así también el usuario de la alarma tiene una opción para ver la ubicación de su bicicleta en tiempo real. Esta aplicación móvil está enlazada al prototipo por medio de la información que se envía a través del módulo SIM.

Herramientas de programación

Para lograr que la alarma tenga las funcionalidades descritas en el apartado 1.1 (Requisitos), se utilizan diferentes herramientas para su programación; así, para el microcontrolador ATTiny85, al ser de la familia AVR es posible programarlo con el IDE para Arduino, el cual se basa en C++. Por lo que la programación es similar a la de una placa Arduino.

Por otro lado, la aplicación móvil se programa en Android Studio, cuya base es el lenguaje Java. Y la página web utiliza en su programación el framework Bootstrap, ya que dentro del mismo se pueden tener herramientas como hojas de estilo en cascada (CSS), lenguaje PHP, JavaScript, entre otras (Bootstrap, s.f.).

Evaluación del prototipo

Para evaluar el prototipo se aplicaron diferentes pruebas; primero, se hicieron pruebas de cada módulo para verificar su funcionamiento de forma independiente, después se aplicaron pruebas de integración para revisar las funcionalidades en conjunto, se encontraron algunos detalles en la programación del microcontrolador; sin embargo, se corrigieron en su momento para obtener la funcionalidad que se había planificado.

Una vez que los componentes de hardware fueron probados, se probó la funcionalidad del software; en este caso se probó primero la comunicación entre el prototipo y el celular a través de mensajes SMS, comprobando que no existía problema, se continuó probando las funciones de la aplicación móvil, detectando detalles con la activación de la alarma, los errores se solucionaron y algunas funciones se mejoraron, como por ejemplo: los datos que se almacenan en la base de datos, se agregaron algunos que permitan identificar de forma única cada registro.

Finalmente se probaron tanto software como hardware del prototipo, sometiéndolos a pruebas integrales, obteniendo los resultados esperados después de realizar algunos ajustes.

Refinamiento del prototipo

El prototipo obtenido en este trabajo denominado Alarma Inteligente para prevenir el robo de bicicletas en la ciudad de Oaxaca, tiene aspectos que pueden ser mejorados en trabajos de investigación futuros, que implican la incursión de nuevas tecnologías de programación y un modelo de negocio para que pudiera ser comercializado cuando el prototipo haya alcanzado cierta madurez; así mismo la parte del hardware puede ser mejorada en el aspecto de tener una fuente de energía renovable y libre de contaminación, como puede ser la energía solar, o la energía generada por el usuario de la bicicleta (por fricción), al momento de estarla utilizando. Otro aspecto que se puede seguir mejorando es la miniaturización del dispositivo de tal forma que, éste pueda ser oculto en los tubos del cuadro principal de la bicicleta sin que los delincuentes puedan notar su ubicación. En resumen, los trabajos futuros estarían enfocados a:

- Hardware más pequeño y con las mismas o mejores funcionalidades.
- Programación con nuevas tecnologías emergentes que permitan usar diferente generación de protocolos de comunicación.
- Fuente de energía renovable y amigable con el ambiente.
- Modelo de negocio que sea sustentable y dé pie a la incubación de una empresa con tecnología y marca propia.

Resultados

Los resultados obtenidos se integran en un nuevo prototipo de alarma inteligente para prevenir el robo de bicicletas, este prototipo consta de los siguientes componentes:

- Sistema programable con pila recargable que controla la localización de la bicicleta.
- Aplicación móvil.

- Página web.

El sistema programable final se presenta en la figura 7, sus dimensiones son 5.75 cm de largo por 2.70 cm de ancho por 2.78 de altura, lo cual permite que sea colocado en una parte donde no sea visible.

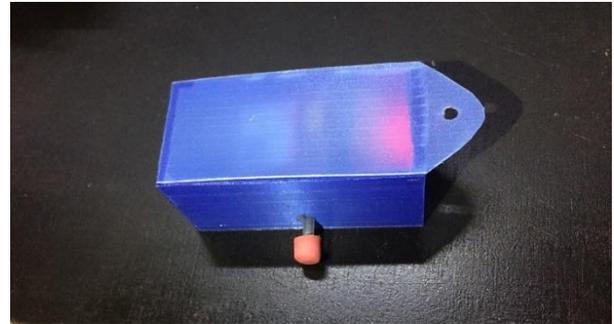


Figura 7 Prototipo de la alarma inteligente
Fuente: (Elaboración propia)

Al ser el prototipo de pequeñas dimensiones, puede colocarse debajo de la bicicleta, entre los tubos del asiento, como se ilustra en la figura 8.



Figura 8 Instalación del sistema programable
Fuente: (Elaboración propia)

La alarma también cuenta con un botón de encendido/apagado como puede verse en la figura 9. Para encenderlo basta con presionar y después soltar el botón, y la misma acción se ejecuta para apagarlo. La aplicación móvil se copia al dispositivo móvil (previa configuración para que acepte aplicaciones de otras fuentes), y desde allí se instala. Una vez instalada y ejecutándose, se presentan dos opciones, como se ilustra en la figura 10. La primera opción permite que el usuario se registre para enlazar el equipo cuando es nuevo; y la segunda, permite iniciar sesión cuando ya está registrado el usuario.

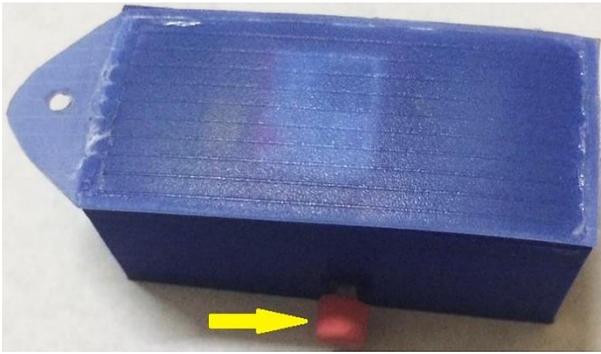


Figura 9 Botón de encendido/apagado
Fuente: (Elaboración propia)



Figura 11 Opciones del usuario de la aplicación móvil
Fuente: (Elaboración propia)



Figura 10 Pantalla principal de la aplicación móvil
Fuente: (Elaboración propia)

Una vez iniciada la sesión del usuario, éste cuenta con dos opciones dentro de la aplicación, como se ve en la figura 11, se le permite ver la ubicación actual de la bicicleta, o bien, cerrar la sesión. Una vez activo el dispositivo, es decir, cuando se presenta una alerta, al seleccionar la opción **VER UBICACIÓN DE LA BICICLETA** se muestra un mapa, el cual va dando seguimiento a la ruta que sigue la bicicleta si está siendo movida del lugar donde se deja originalmente.

En la figura 12 puede verse un ejemplo de una ruta trazada, este experimento se realiza para probar la correcta funcionalidad del prototipo. Se observa que la bicicleta ha sido llevada desde la Ciudad de Oaxaca hasta otra ubicación relativamente lejana, pero ubicable, con ello se reafirma que el prototipo funciona como estaba planificado.

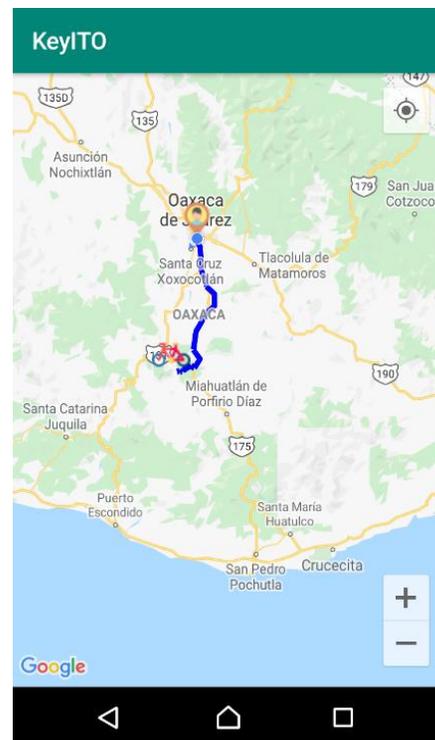


Figura 12 Ruta trazada del seguimiento de la bicicleta
Fuente: (Elaboración propia)

La página web contiene dos vistas: la del usuario y la del administrador. En la vista del administrador la autenticación se efectúa a través de un correo electrónico y contraseña, como se muestra en la figura 13, también contiene una opción de recuperación de contraseña en caso de que sea olvidada o extraviada. El administrador ingresa a la página principal y tiene el acceso a un mapa con la ubicación de todos los dispositivos registrados, tal como puede verse en la figura 14.

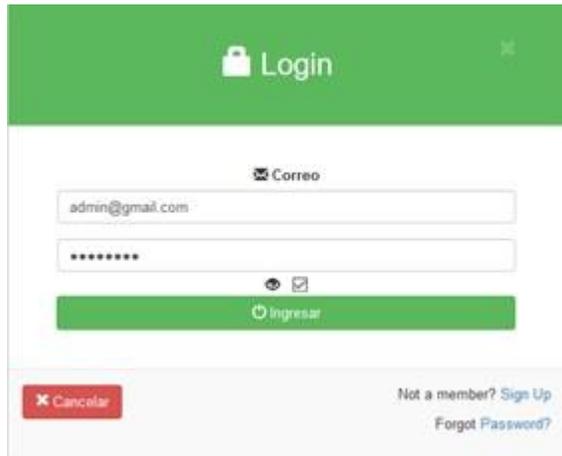


Figura 13 Vista de inicio de sesión de la página web
Fuente: (Elaboración propia)

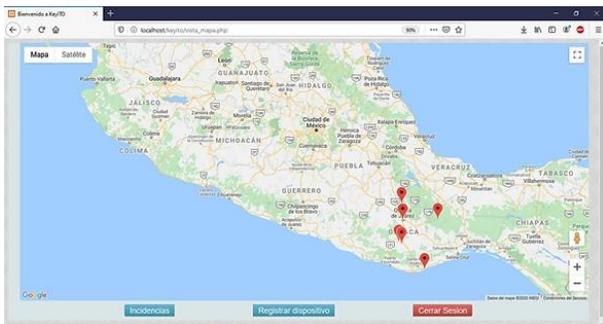


Figura 14 Mapa con la ubicación de los dispositivos activos registrados
Fuente: (Elaboración propia con apoyo de la herramienta Google Maps)

La vista del usuario de la página web de forma similar a la del administrador, tiene un proceso de autenticación basado en el correo del usuario y una contraseña, y la ventana es la misma ilustrada en la figura 13, es importante hacer hincapié que el usuario se registra previamente y si en un momento dado olvida su contraseña, puede recuperarla. Pero, a diferencia de la vista administrador en el mapa solo se muestra la ubicación de su dispositivo, esta idea se ilustra en la figura 15.

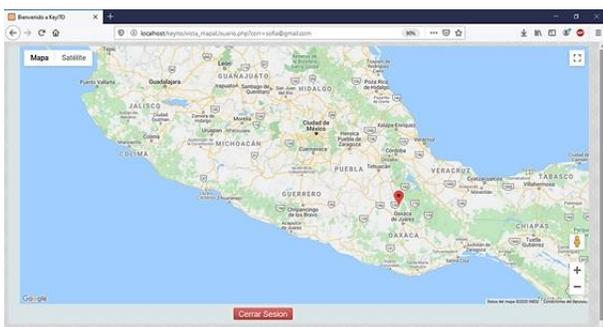


Figura 15 Ubicación actual del dispositivo en la vista del usuario
Fuente: (Elaboración propia con apoyo de la herramienta Google Maps)

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México se agradece que, a través del Campus Oaxaca, ha dado las facilidades y los espacios para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

También se agradece enormemente la colaboración, la paciencia y dedicación de los autores del artículo, profesores y estudiantes que han participado en la investigación hasta lograr los resultados que se presentan; cuyo objetivo es divulgar los hallazgos a la comunidad académica y al público en general sobre los trabajos que se desarrollan en las instituciones educativas.

Conclusiones

El prototipo resultante ha permitido encontrar nuevas oportunidades de mejora, y la metodología basada en prototipos permite ir desarrollando el dispositivo a través de iteraciones donde se repite el proceso y se va construyendo un sistema cada vez más completo y apegado a las necesidades reales del usuario final.

En este nuevo prototipo se tienen complementos que aplicando las tecnologías emergentes permiten dar un seguimiento a la bicicleta, no solo en caso de que ésta haya sido sustraída; sino, incluso, para dar seguimiento a un recorrido del usuario, cuando éste se siente vulnerable al conducir solo por algún sendero o recorrido que impone cierto riesgo.

El costo del prototipo aún no es preciso; sin embargo, haciendo un resumen de los tres prototipos desarrollados durante la investigación, el costo fue variando de \$1,000.00 pesos mexicanos el 1er prototipo, \$800.00 pesos mexicanos el segundo prototipo y \$500.00 pesos mexicanos el tercer prototipo; éste último es el que se presenta en este documento. Este costo todavía puede reducirse, pues se contempla la posibilidad de mejorar aspectos como la miniaturización y la fuente de energía del sistema de alarma con el fin de que sea alimentado por un tipo de energía renovable y amigable con el ambiente.

Por otro lado, en las presentaciones que se llevaron a cabo del prototipo en foros de innovación tecnológica, con las sugerencias de los evaluadores y público en general, se ha encontrado la oportunidad de iniciar un modelo de negocios donde se preste el servicio de monitoreo, semejante al que usan las empresas que cuentan con una flotilla de vehículos para distribución de productos o servicios; con este servicio se pueden tener usuarios con sus dispositivos, pagando una membresía. Para las empresas representaría una forma de evaluar la efectividad de sus rutas, la eficiencia de sus empleados, las rutas libres de bloqueos, entre otros; ya que la ciudad de Oaxaca frecuentemente presenta este tipo de incidencias. Finalmente, la investigación en los centros de educación superior, representan un gran impacto en el área de influencia de estos, pues desde la formación de los profesionales, éstos se involucran con problemas reales de su entorno, permitiendo que, a través de la creatividad y aplicación del conocimiento, se presenten soluciones reales y factibles de ponerse en marcha a un precio justo para el usuario final, quien requiere de protección para su patrimonio, en este caso, la bicicleta.

Referencias

- Aliexpress (2020). Accesorios de bicicletas: Alarmas antirrobo. Consultado el 13 de julio de 2020. <https://es.aliexpress.com/>
- Alonso, F., Martínez, L. y Segovia, F.J. (2005). Introducción a la Ingeniería del software. España: Delta Publicaciones.
- Amazon (2020). Departamento de electrónicos: Alarmas para bicicletas. Consultado el 13 de julio de 2020. <https://www.amazon.com.mx/>
- Barranco, J. (2001). Metodología del análisis estructurado de sistemas. España: Universidad Pontificia Comillas Madrid.
- Bootstrap. (s.f.). Getting Started: Introduction. Consultado el 15 de julio de 2020. <https://getbootstrap.com/docs/4.5/getting-started/introduction/>
- Cabascango, J.E. (2020). Diseño e implementación de alarma vehicular con geolocalización, mediante el uso de aplicaciones móviles [tesis de licenciatura, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador]. Repositorio Digital Institucional. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10413>
- e-oaxaca.com. (2020, 5 de junio). Roban bicicleta a integrante del Club ¡Ay Nanita!. E-consulta.com Oaxaca. <http://e.oaxaca.com>
- Firebase. (2020). Productos: Cloud Firestore. Consultado el 15 de julio de 2020. <https://firebase.google.com/products/firestore>
- García, J. y Morales, G. (2012). Instalaciones de radiocomunicaciones. 1ª edición. España: Paraninfo ediciones S.A.
- Gengnagel, C., Nagy, E. y Stark, R. Rethink! Prototyping: Transdisciplinary Concepts of Prototyping. Switzerland: Springer.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2020, 16 de enero). Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana. Comunicado de prensa Núm. 013/20. <https://www.inegi.org.mx/programas/ensu/default.html>
- Patagoniatec blog. (2020). Módulo TP4056 Cargador De Batería. Consultado el 15 de julio de 2020. <https://saber.patagoniatec.com/2019/09/modulo-tp4056-cargador-de-bateria/>
- SIMCom. (2015). SIM800H & SIM800L Hardware Design V2.02. China: SIMCom.

Instrumento virtual para adquisición de datos, análisis y evaluación de sistemas dinámicos

Virtual instrument for data acquisition, analysis and evaluation of dynamic systems

HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo†*, GÓMEZ-NAVARRO, Carlos Antonio, FLORES-RAMÍREZ, Oscar y ROMERO-RODRÍGUEZ, Gabriel

Universidad Politécnica de Amozoc, Av. Ampliación Luis Oropeza No. 5202, Col. Las Vegas, Amozoc, Puebla. C.P. 72980, CN Servicios de Ingeniería, México.

ID 1^{er} Autor: *Erick Eduardo, Huesca-Lazcano* / ORC ID: 0000-0002-0505-8442, Researcher ID Thomson: F-1162-2018, CVU CONACYT ID: 223342

ID 1^{er} Coautor: *Carlos Antonio, Gómez-Navarro* / ORC ID: 0000-0002-9025-3567, CVU CONACYT ID: 513076

ID 2^{do} Coautor: *Oscar, Flores-Ramírez* / ORC ID: 0000-0001-9884-9499, Researcher ID Thomson E-8242-2018, CVU CONACYT ID: 92914

ID 3^{er} Coautor: *Gabriel, Romero-Rodríguez* / ORC ID: 0000-0002-5124-3016, Researcher ID Thomson: Y-2756-2018, CVU CONACYT ID: 299737

DOI: 10.35429/JOTI.2020.14.4.27.44

Recibido 30 Julio, 2020; Aceptado 30 Diciembre, 2020

Resumen

En este trabajo, se realizó un programa para la adquisición y monitoreo de señales, con el propósito de evaluar el comportamiento de sistemas rotatorios. El programa de monitoreo se realizó en el software LabVIEW, en el cual se visualiza el comportamiento del sistema y se llevan a cabo los diferentes post-procesos de las señales adquiridas. Se eligió LabVIEW ya que permite manipular los datos obtenidos para utilizarlos en diversos post-procesos en diferentes programas, que es una de las principales ventajas que se tienen sobre otros sistemas, tal como, ADRE de Bently Nevada DAIU 208-P, el cual además, no permite acceso a los datos. Se explica en detalle el funcionamiento del programa diseñado, sus ventajas y los programas secundarios utilizados para los diferentes post-procesos. Se muestra la plataforma experimental en donde se realizaron las pruebas, mostrando las validaciones y el correcto funcionamiento del programa diseñado en LabVIEW, en comparación al sistema de monitoreo mencionado anteriormente ADRE. Por último, se ofrecen diversas posibilidades de ampliar las capacidades de este programa, estas opciones van desde el aumento de tipos de filtros utilizados para las señales, así como, la extracción de características no lineales, tal como el Máximo exponente de Lyapunov (LLE).

Abstract

In this work, a program for signal acquisition and monitoring was carried out, with the purpose of evaluating the behavior of rotating systems. The monitoring program was carried out in the LabVIEW software, in which the behavior of the system is visualized and the different post-processes of the acquired signals are carried out. LabVIEW was chosen because it allows manipulating the obtained data to be used in various post-processes in different programs, which is one of the main advantages that they have over other systems, such as ADRE of Bently Nevada DAIU 208-P, which also , does not allow access to data. The operation of the designed program, its advantages and the secondary programs used for the different post-processes are explained in detail. The experimental platform where the tests were carried out is shown, showing the validations and the correct operation of the program designed in LabVIEW, compared to the monitoring system mentioned above ADRE. Finally, various possibilities are offered to expand the capabilities of this program, these options range from increasing the types of filters used for signals, as well as extracting non-linear characteristics, such as the Largest Lyapunov Exponent (LLE).

Monitoreo de condición, Adquisición, Instrumentación

Condition monitoring, Acquisition, Instrumentation

Citación: HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo, GÓMEZ-NAVARRO, Carlos Antonio, FLORES-RAMÍREZ, Oscar y ROMERO-RODRÍGUEZ, Gabriel. Instrumento virtual para adquisición de datos, análisis y evaluación de sistemas dinámicos. Revista de Invención Técnica. 2020. 4-14:27-44.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: erick.huesca@upamozoc.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la actualidad es necesario monitorear el comportamiento de los equipos rotativos para encontrar y prevenir fallas, ya que existen diversos factores que pueden causar inestabilidad en dichos equipos, por lo cual se requiere un programa fácilmente adaptable y con la capacidad de funcionar con diversos tipos de sensores, elegibles de acuerdo con las condiciones del equipo rotativo. Además, debe facilitar la visualización de resultados, realizar los cálculos lo más rápido y directo posible de post-procesamientos para un diagnóstico más completo del funcionamiento del equipo, para corregir las inestabilidades y reducir las vibraciones lo más acertadamente posible.

Debido a que los datos en bruto no comunican información útil inmediatamente, el procesamiento de señales a menudo se necesita para transformar la señal, eliminar perturbaciones de ruido o compensar los efectos ambientales. Aquí aparece otra de las ventajas de realizar procesamiento de señales y análisis personalizado en el entorno de desarrollo integrado del software de desarrollo de sistemas NI LabVIEW. Esto permite conocer mejor la condición de máquinas o equipo para predecir desgaste mecánico y fallas. La vibración, el ruido y la temperatura son indicadores clave del estado de la máquina. Las tendencias en los datos pueden mostrar cómo prevenir una falla inesperada y una reparación costosa.

Este programa elaborado en LabVIEW brinda la oportunidad de monitorear maquinas rotativas con mayor precisión, mayor rapidez para ejecutar ciertos procesos, mucho menor costo (hablando de hasta 1 millón de pesos de diferencia) y además permite acceder a los datos en "bruto" y realizar diversos post-procesos con ellos, esto a diferencia del sistema ADRE de Bently Nevada, el cual además es más difícil de transportar en caso de ser necesario, sin olvidar mencionar el hecho de que el sistema ADRE requiere un equipo de cómputo muy específico para funcionar (en caso del sistema ADRE 208-P es un equipo de cómputo muy viejo), restando velocidad a su funcionamiento.

Tipos de sistemas de monitoreo y adquisición

Hay distintos sistemas de monitoreo del estado de vibración, pueden ser permanentemente instalados, semipermanentemente o equipo de medición portátil. La decisión del equipo que se utilizará depende de distintos factores tales como:

- La importancia de la operación de la máquina.
- Costo de tiempo de inactividad de la máquina.
- Costo de una falla catastrófica.
- Costo de la máquina.
- Tasa de progreso del modo de falla.
- Accesibilidad para reparar o dar mantenimiento (e. g. en plantas nucleares o lugares remotos).
- Accesibilidad a las posiciones de medición apropiadas.
- Calidad del sistema de medición/diagnóstico.
- Modos de Operación de la Máquina (e.g. velocidad, potencia).
- Costo del Sistema de Medición.
- Seguridad.
- Impactos Ambientales.

Sistemas permanentemente Instalados

Este tipo de sistemas son en los que los transductores, acondicionadores de señal, procesamiento de datos y almacenamiento de datos están permanentemente instalados. Los datos pueden ser recolectados ya sea continua o periódicamente. La aplicación de sistemas permanentemente instalados está normalmente limitada para máquinas costosas y críticas o para aquellas con tareas de monitoreo complejas.

Sistemas semipermanentes

Los sistemas semipermanentes son una unión entre los sistemas permanentes y los portátiles. En este tipo de sistemas los transductores generalmente están instalados permanentemente, mientras los componentes electrónicos de adquisición de datos están intermitentemente conectados.

Sistemas de monitoreo portátiles

Un sistema de monitoreo portátil desempeña funciones similares como el de un sistema en línea “continuo”, pero es menos detallado y normalmente menos costoso. Con este arreglo, los datos son guardados periódicamente ya sea automática o manualmente, con un recolector de datos portátil. Normalmente, los sistemas de monitoreo portátiles son usados para guardar mediciones manualmente en localizaciones preseleccionadas en la máquina en intervalos periódicos (semanalmente, mensualmente, etc.). Los datos son generalmente registrados y almacenados localmente en un recolector de datos portátil. Un análisis superficial preliminar se puede hacer inmediatamente; sin embargo, para un análisis y procesamiento más a fondo, los datos son descargados a una computadora personal que tiene un software especializado.



Figura 1 Analizador de vibraciones portátil
Fuente: Bently Nevada®

Recolección de datos

Recolección continua de datos

Un sistema de recolección de datos continuo es en el que los transductores de vibración están instalados permanentemente en puntos clave de la máquina y en los que las mediciones de vibración son normalmente grabadas y almacenadas continuamente durante la operación de la máquina.

Éste puede incluir sistemas de monitoreo de la vibración automáticos con conexiones multiplexoras siempre que la tasa de multiplexación sea suficientemente rápida para que datos significativos o tendencias no se pierdan. Los datos pueden ser procesados para dar ya sea información de banda ancha o de espectro que puede ser comparada con datos adquiridos previamente. Configurando “Alertas de límite” en los datos almacenados es posible informar al operador que el patrón de vibración de la máquina ha cambiado (la magnitud tiene ya sea incrementos o decrementos), y por lo tanto se recomiendan procesos de diagnóstico.

Un sistema de recolección de datos continuo puede ser instalado en el mismo sitio que la máquina para uso directo por el personal operador de la máquina, o puede ser instalado en un sitio remoto con datos transmitidos a un sitio de análisis de datos central. La principal ventaja de un sistema “continuo” es la disponibilidad del estado en tiempo real de la máquina disponible en línea. En un sistema automático, los transductores permanentes de vibración son instalados en la máquina casi de la misma manera que en los sistemas de monitoreo continuo. El sistema es programado para grabar y almacenar datos automáticamente. Los últimos datos son comparados con los datos previamente almacenados para así determinar si existe una condición de *alarma*.

Recolección de datos periódica

Para máquinas en las que los sistemas en línea no pueden estar justificados, sistemas portátiles son usados normalmente y estos son en la mayoría de los casos adecuados para monitoreo periódico.

Programas de monitoreo de estado

Descripciones claras de estados de operación, tales como velocidad, carga y temperatura, deben acompañar cualquier dato de vibración recolectado, como mínimo, tales descripciones deben incluir velocidad del eje (rpm) y carga de la máquina (potencia, flujo, presión, etc.) y cualquier otro parámetro que pueda afectar las vibraciones medidas.

En general, durante la adquisición de datos se hace gran énfasis en que las condiciones de operación se deben aproximar a las condiciones normales de operación de la máquina tan cerca como sea posible, para asegurar la consistencia y comparabilidad válida de los datos. Cuando esto no es posible, las características de la máquina deben ser bien conocidas de manera que se evalúe cualquier diferencia en datos.

Ya que el proceso de monitoreo del estado incluye el proceso de “tendencia”, que examina la tasa en que los valores de vibración cambian con el tiempo de operación, es muy importante que las condiciones de operación durante mediciones sucesivas permanezcan iguales, de manera que tales tendencias sean válidas. Los datos bajo otras condiciones pueden también necesitar ser recolectados dependiendo de la complejidad de la máquina y el propósito de la medición. Por ejemplo, cuando se sospechan problemas con desbalance, rozamiento, ejes fisurados o remolino de aceite, se recomiendan pruebas durante condiciones de operación transitoria tales como puesta en marcha y apagado.

Monitoreo de condición

National Instruments (NI)

El mantenimiento basado en condición puede ayudar a una organización a controlar el riesgo por interrupciones y fallas inesperadas, optimizar el rendimiento de máquinas y reducir tiempo de reparación y costos de mantenimiento. Por más de 15 años, NI ha proporcionado productos de hardware y software para resolver aplicaciones de monitoreo de condición en línea, diagnóstico portátil y pruebas de fábrica.

Las herramientas de NI han sido utilizadas en la industria para monitorear una gran variedad de equipo crítico y auxiliar incluyendo turbinas, compresores y generadores; y cómo los usuarios se han beneficiado de sus programas de mantenimiento predictivo.



Figura 2 Parte de equipo de National Instruments para monitoreo de condición

Fuente: National instruments®

Bently Nevada

ADRE para Windows/DAIU.

El “ADRE para Windows/DAIU” de “Bently Nevada” consiste en una unidad de interface de adquisición de datos “208-P” y el software “ADRE para Windows”, la unidad de adquisición de datos debe estar conectada a una computadora capaz de correr el software.

ADRE (Automated Diagnostics for Rotating Equipment), Sistema de Diagnóstico Automatizado para Equipo Rotatorio está específicamente diseñado para capturar datos de maquinaria, incorpora las características y las capacidades de osciloscopios, analizadores de espectro, filtros e instrumentos de grabación. Cuando se usa el sistema, los datos son presentados en la pantalla, es configurable para proporcionar soporte para transductores estándar y no estándar, incluyendo transductores de señales dinámicas y estáticas, y keyphasor u otras señales de velocidad de entrada, puede desplegar gráficas de: órbitas, órbitas/timebase, timebase, X vs Y (cualquier variable vs cualquier variable), tendencia, lista tabular, órbitas “Plus”, polar, bode, shaft centerline, full spectrum, hall spectrum, cascada y waterfall, además cuenta con ocho canales de entrada.



Figura 3 Sistema ADRE

Fuente: Bently Nevada®

Instrumentación

Instrumentación se define como el arte y la ciencia de la medición y el control de las variables de proceso dentro de un área de producción o fabricación.

Elementos de la instrumentación industrial tienen una larga historia. Escalas para la comparación de los pesos y punteros simples para indicar la posición son tecnologías antiguas. Algunas de las primeras mediciones fueron de tiempo. La integración de sensores, pantallas, grabadoras y controles era poco común hasta la revolución industrial, limitada por las necesidades y el sentido práctico.

El transistor fue comercializado a mediados de la década de 1950. Cada empresa de instrumentos introdujo su propia señal de instrumentación estándar, causando confusión hasta que se utiliza el rango de 4-20 mA como la señal del instrumento electrónico estándar para los transmisores y válvulas.

Esta señal fue finalmente estandarizada como ANSI/ISA S50, "Compatibilidad de señales analógicas de Instrumentos de Procesos Industriales Electrónicos", en la década de 1970. La transformación de la instrumentación de los transmisores mecánicos neumáticos, controladores y válvulas para instrumentos electrónicos reduce los costes de mantenimiento como instrumentos electrónicos eran más fiable que los instrumentos mecánicos. Esto también aumenta la eficiencia y la producción debido a su aumento de la precisión.

La próxima evolución de los instrumentos vino con la producción de sistemas de control distribuido que permitió el seguimiento y control desde múltiples ubicaciones que podrían ser ampliamente separados. Un operador de proceso podría sentarse delante de una pantalla y controlar miles de puntos a lo largo de un gran complejo. Un desarrollo estrechamente relacionado se denomina "Control de Supervisión y Adquisición de Datos". Estas tecnologías fueron apoyadas por las computadoras personales, redes e interfaces gráficas de usuario.

Instrumentación virtual

Algunas veces la realización de una medición requiere la intervención de varios instrumentos, unos generan estímulos sobre el dispositivo que se pretende medir y otros recogen la respuesta a estos estímulos. Este conjunto de instrumentos que hace posible la realización de la medición recibe el nombre de sistema de instrumentación. Todo sistema de instrumentación consta de instrumentos, un sistema de interconexión de estos y un controlador inteligente que gestiona el funcionamiento de todo el sistema y da las órdenes para que una medición se realice correctamente.

El concepto de instrumentación virtual nace a partir del uso de la computadora personal PC, como una forma de reemplazar equipos físicos por software, permite a los usuarios interactuar con la computadora como si estuviesen utilizando un instrumento real. El usuario manipula un instrumento que no es real, se ejecuta en una computadora, tiene sus características definidas por software, pero realiza las mismas funciones que un equipo real.

La idea es sustituir y ampliar elementos "hardware" por otros "software", y para ello se emplea un procesador que ejecute un programa específico. Este programa se comunica con los dispositivos para configurarlos y leer sus medidas. En algunas ocasiones el usuario final del sistema de instrumentación sólo ve la representación gráfica de los indicadores y botones de control virtuales en la pantalla del ordenador.

El concepto de instrumentación virtual implica: adquisición de señales, el procesamiento, análisis, almacenamiento, distribución y despliegue de los datos e información relacionados con la medición de una o varias señales, interfaz gráfica hombre-máquina, visualización, monitoreo y supervisión remota del proceso, la comunicación con otros equipos, etc. Un sistema de instrumentación virtual está enfocado a los instrumentos encargados de medir señales, registrar datos y decidir las acciones de control. Evidentemente, se requiere de una etapa de actuación, que conforma la interfaz entre la computadora y el sistema a controlar y requiere drivers de potencia o transductores de señal especiales.

Además, existen otras etapas auxiliares que no intervienen en el proceso de medida, como es el caso del subsistema de alimentación.

Los inicios de la instrumentación controlable desde una computadora, y de hecho de los sistemas de instrumentación, se sitúan a mediados de los años 60 cuando Hewlett Packard, desarrolló su bus para instrumentación HP-IB (Hewlett Packard Interface Bus) que permitía conectar su gama de instrumentos programables a una PC. Esta interfaz ganó rápidamente gran popularidad y en 1975 fue aceptada como un estándar: el IEEE488.

Desde aquellos días hasta ahora el estándar ha sufrido varias modificaciones y el bus GPIB (acrónimo de General Purpose Interface Bus, por el que se le conoce habitualmente) se ha convertido en uno de los más populares en el campo de la instrumentación programable. La instrumentación virtual es un concepto introducido por la compañía National Instruments en el año 2001, los cuales crearon un software que le permitía a la computadora realizar mediciones. Basado en el significado del término "virtual" (existencia aparente), al utilizar la PC como "instrumento" es el usuario mismo quién, a través del software, define su funcionalidad y "apariencia" (mediante herramientas informáticas), cambiando el despiece mecánico por un despiece informático. Por ello que se dice que se "virtualiza" el instrumento, ya que su funcionalidad puede ser definida una y otra vez por el usuario y no por el fabricante.

Desarrollo del instrumento virtual: Hardware

Plataforma de pruebas instrumentada

En esta sección se explican las características de la plataforma experimental la cual se llevó a cabo en el "Laboratorio de Vibraciones y Rotodinámica" del IPN en la Sección de Estudios de Postgrado e Investigación de la ESIME Zacatenco. En la figura 3.1 se muestra la plataforma experimental en la cual se realizaron las pruebas, mejor conocido como Machine Fault Simulator.

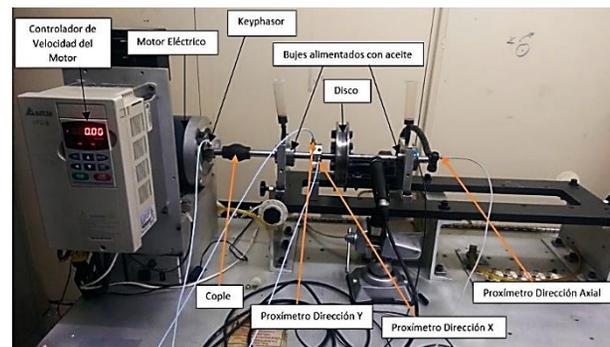


Figura 4 Plataforma experimental instrumentada
Fuente: Elaboración propia

En el Laboratorio de Vibraciones y Rotodinámica se cuenta con instrumentos y equipos de pruebas especializados. En esta plataforma se utilizaron dos equipos de adquisición de datos, el primero es el sistema ADRE de GE-Bentley Nevada, el cual es un equipo especializado para el análisis de vibraciones, el cual cuenta con varias ventanas de post-proceso, pero no se tiene acceso a los datos que se adquieren, por lo cual no se pueden manipular si se requieren para otro proceso y sólo cuenta con ocho entradas de sensores de su misma marca, lo cual lo hace un equipo muy cerrado en cuanto a su funcionalidad. Por otro lado, se cuenta en el laboratorio con la plataforma de National Instruments que ofrece tanto hardware como software, a escalas desde el diseño hasta pruebas avanzadas y desde sistemas pequeños hasta grandes sistemas.

Ofrece integración sin precedentes con software legado existente, IP y hardware al aprovechar las últimas tecnologías de cómputo. LabVIEW ofrece herramientas para resolver los problemas de hoy en día y la capacidad para la futura innovación, más rápido y de manera más eficiente.

Teniendo como uno de sus lemas desplegar software al hardware adecuado, por esta razón se decidió trabajar con esta plataforma ya que es escalable y modulable tanto hardware como software, a continuación, se describen los sistemas ya mencionados.

Sistema de Adquisición de datos (DAIU) y software ADRE® para Windows®

El ADRE® por sus siglas en inglés Automated Diagnostics for Rotating Equipment es un sistema de Diagnóstico Automatizado para Equipo Rotatorio fabricado por la empresa Bently Nevada® y que consta de una unidad “interfaz” de adquisición de datos 208-P DAIU (208-P Data Acquisition Interface Unit) y del software (programa computacional) ADRE® para Windows®.

Tiene capacidad de hasta 8 canales, es portátil y permite obtener una gran gama de gráficas que facilitan de manera considerable el análisis y diagnóstico de vibraciones en maquinaria rotatoria. Este Software permite obtener los gráficos siguientes:

- Análisis de amplitud vs. frecuencia (Espectro).
- Análisis de amplitud vs. frecuencia vs. tiempo (Diagrama de Cascada).
- Análisis de amplitud/fase vs. velocidad angular (Diagrama de Bode).
- Análisis de amplitud vs. fase (Diagrama de Nyquist).
- Análisis de amplitud vs. tiempo (Waveform, TimeBase).
- Análisis de los patrones de Lissajous (Órbita).
- Análisis de la línea de centros del eje (Center Line).
- Análisis de los vectores tabulados.

Las ventajas que tiene es que es un software especializado y está diseñado para lo que se requiere, pero sus entradas son limitadas y no se tiene acceso a los datos, sólo se puede ver el post-proceso. En la figura 3.2 se muestra esta plataforma.



Figura 5 Sistema ADRE®

Fuente: Bently Nevada

National Instruments (NI), LabVIEW

El software LabVIEW es ideal para cualquier sistema de medidas y control y el corazón de la plataforma de diseño de NI. Al integrar todas las herramientas que los ingenieros y científicos necesitan para construir una amplia variedad de aplicaciones en mucho menos tiempo, NI LabVIEW es un entorno de desarrollo para resolver problemas, productividad acelerada y constante innovación. Combina la potencia del software LabVIEW con hardware modular y reconfigurable para resolver la creciente complejidad involucrada de proporcionar sistemas de medida y control a tiempo y dentro del presupuesto. Más adelante se profundizará en el área de NI LabVIEW, ya que es el software utilizado para el programa realizado.

Hardware

En esta sección se describen los componentes de la plataforma de instrumentación y su funcionamiento. Se limita a explicar las características principales de cada componente, así como el papel que desempeña en la plataforma.

Cabe mencionar que los componentes utilizados no requieren de una tarjeta de adquisición de datos específica para funcionar, con ello se logra que la plataforma sea amigable con casi cualquier tipo de sensor y actuador ya que se logran acondicionar de manera correcta sin tener problemas en la interpretación de los transductores ya que la tarjeta que se utiliza es de entradas analógicas y es de uso general.

Tipos de sensores utilizadas

Para lograr el objetivo principal se seleccionó con detalle cada elemento. En esta sección se detallan las características de cada elemento que se utilizó, explicando su función y el motivo de su elección para la plataforma.

Proxímetros

El proxímetro es un dispositivo electrónico que desempeña dos funciones básicas:

- Genera una señal de radiofrecuencia (RF) mediante un circuito oscilador.
- Prepara la señal de RF para extraer datos utilizables mediante un circuito demodulador.



Figura 6 Sensor de proximidad de la serie 3300 XL
Fuente: Bently Nevada®

En la plataforma experimental se utilizaron 3 proxímetros, dos para un plano de medición y uno para el indicador de velocidad dentro del programa. Las especificaciones del proxímetro utilizado son las siguientes:

Intervalo Lineal

1,5 mm (60 mils). Rango lineal comienza en aproximadamente 0,25 mm (10 mils) de objetivo y es 0,25 a 1,75 mm (10 a 70 milésimas de pulgada) (aproximadamente -1 a -13 Vdc).

Respuesta en frecuencia:

0 a 10 kHz: 0, -3 dB típico, con un máximo de 305 metros (1.000 pies) de cableado de campo.

Diámetro Del Eje:

Mínimo (configuración estándar XY sonda): 30 mm (1,2 pulgadas), Mínima (sondas de proximidad XY compensa axialmente por 23 mm (0,9 in)): 20 mm (0,8 pulg). Mediciones en diámetros de eje menores a 30 mm (1,2 pulgadas) por lo general requieren una estrecha separación de vibración radial o transductores de posición axial.

Acelerómetro Tri-axial

El acelerómetro utilizado en las pruebas fue el acelerómetro Dytran Model #3023A, el cual cuenta con la misma tecnología que las tarjetas de adquisición de National Instruments, IEPE, con la que se puede prescindir de acondicionador de señal. Sus principales características son las siguientes:

- 10 mV/g sensitivity.
- 500g range.
- 1.5 to 10,000 Hz frequency range (+15/-5%).
- 4-pin 1/4-28 radial connector.
- Adhesive mount.
- 3 grams.
- Titanium.
- Hermetic.
- Lightweight.
- Triaxial.
- IEPE.

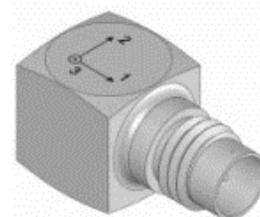


Figura 7 Acelerómetro Triaxial Dytran

Módulos NI utilizados

- Chasis cDAQ-9178

Para la adquisición de datos con el hardware de National Instruments es necesario un Chasis de este tipo en el cual se insertan las tarjetas de adquisición de datos que se denominan de la serie C y su interface es por USB. En la siguiente figura se muestra la NI cDAQ-9178 Chasis NI CompactDAQ USB. Sus principales características son:

- Más de 50 módulos de E/S intercambiables en vivo con acondicionamiento de señales integrado.
- Cuatro contadores/temporizadores de 32 bits de uso general integrados al chasis (acceso a través de módulo digital).
- Ejecuta simultáneamente hasta 7 operaciones de E/S analógica temporizada por hardware, E/S digital o de contador/temporizador.
- Conexiones BNC integradas para relojes y disparos externos (hasta 1 MHz).
- Compatible con el software NI-DAQmx y la generación automática de código usando el DAQ Assistant.

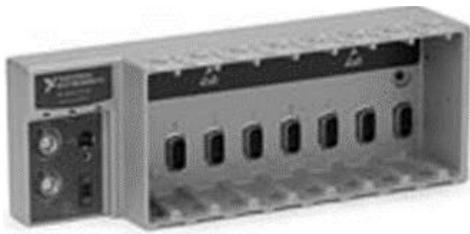


Figura 8 Chasis cDAQ-9178
Fuente: National instruments

Módulo NI 9234

Este módulo cuenta con 4 canales para entradas analógicas con tecnología IEPE, la cual evita el uso de acondicionamiento de señal para sensores con esta misma tecnología, como son los acelerómetros tri-axiales usados en la prueba, a este mismo módulo se conectó el micrófono. Sus principales características son:

- Máxima velocidad de muestreo de 51.2 kS/s por canal; entrada de ± 5 V.
- Resolución de 24 bits; rango dinámico de 102 dB; filtros anti-aliasing.
- Acoplamiento de AC/DC seleccionable por software; acoplado en AC (0.5 Hz).
- Acondicionamiento de señales IEPE seleccionable por software (0 ó 2 mA).
- Compatibilidad con sensores inteligentes TEDS.
- Rango de operación de -40 °C a 70 °C, 5 g de vibración, 50 g de impacto.



Figura 9 Módulo NI 9234
Fuente: National instruments

Módulo NI 9232

Cuenta con 3 canales para entradas analógicas con tecnología IEPE y AC/DC de ± 30 V, 102.4 kS/s/canal, la cual se utilizó para tres proximetros usados en la prueba, un par del primer plano de medición y el otro para el indicador de velocidad denominado keyphasor.

A continuación, sus características principales:

- 3 canales, entrada analógica simultánea de 102.4 kS/S por canal; ancho de banda de 41 kHz.
- Entrada de ± 30 V, resolución de 24 bits, rango dinámico de 99 Db.
- Acoplamiento de AC/DC seleccionable por software; acoplado en AC (0.1 Hz).

- Acondicionamiento de señales IEPE seleccionable por software (0 ó 4 mA); detección abierta/en corto IEPE.
- Compatibilidad con sensores inteligentes TEDS.
- Rango de operación de -40 °C a 70 °C, 5 g de vibración, 50 g de impacto.

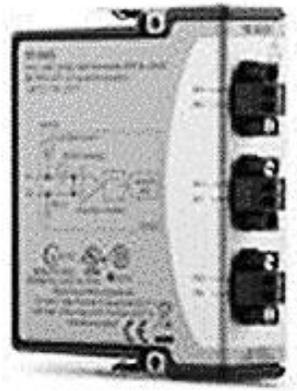


Figura 10 Módulo NI 9232

Fuente: National instruments®

Desarrollo del instrumento virtual: Software

El software está programado de manera que se pueda agregar cualquier módulo para futuras ampliaciones. El tipo de programación que se emplea es de flujo de datos. LabVIEW constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos. Las ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW se resumen en las siguientes:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.

- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

También se aplicó LabVIEW ya que es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o BASIC.

Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto, los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de los lenguajes de programación convencionales. LabVIEW posee extensas librerías de funciones y subrutinas.

Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabVIEW incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y guardado de datos. LabVIEW también proporciona potentes herramientas que facilitan la depuración de los programas.

Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan Instrumentos Virtuales (VI's), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo, son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales.

Los VI's tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otros VI's. Todos los VI's tienen un panel frontal y un diagrama de bloques. Las paletas contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los VI's.

El siguiente sistema de adquisición de datos, emula las características principales del sistema ADRE de Bently Nevada, con la ventaja de que se pueden tomar los datos para ciertos post-procesos, como es el caso de este sistema, el cual usa los datos para post-procesarlos con MATLAB. Se detalla cuáles son estos post-procesos y cómo funcionan.

Hablar del tiempo de retardo de cada sistema es hablar de diversos factores. Primero, nuestro sensor hace una medición, esta medición debe llegar a nuestra pantalla, y depende tanto del sistema, de la programación como del equipo de cómputo que se esté utilizando. Cada sistema tiene un tiempo de retardo similar, $4.0 \mu\text{S}$ para el ADRE y $3.4 \mu\text{S}$ para el LabVIEW, esto tomando en cuenta solamente sus equipos.

Esta diferencia se puede hacer un poco más amplia si se toma en cuenta que ADRE obliga a utilizar una computadora COMPAQ con Windows 98, mientras LabVIEW tiene una gran variedad de opciones, se utiliza en estas pruebas una laptop Acer con Windows 8 y procesador i7. El tiempo “real” de retardo hasta la salida del programa solo pudo ser calculado en LabVIEW siendo 52 mseg en una toma de datos, sin post-proceso de LLE y/o filtros en código de MATLAB.

Panel Frontal

El panel frontal, es la interfaz donde el usuario interactúa directamente en el funcionamiento del programa y monitoreo de sensores. Funciona en tiempo real para monitoreo de condición de máquinas rotativas o si se desea abrir un archivo para analizarlo con más detenimiento.

Configuración

La ventana de configuración cuenta con 5 pestañas, Configuración General, Buffer, Gráfica RPM vs Tiempo, Filtro Smoothing + Integración de Señal y LLE (Largest Lyapunov Exponent).

Configuración general:

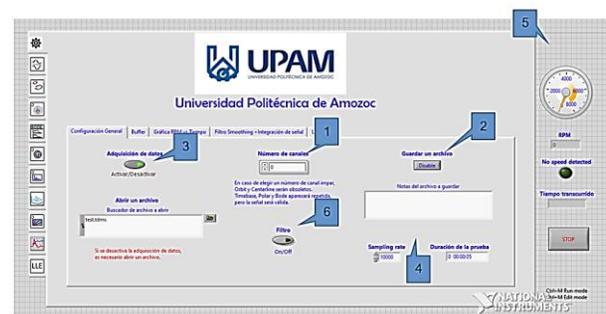


Figura 11 Panel frontal del software, ventana de Configuración general

Fuente: Elaboración propia

- Número de canales. En esta parte de la configuración se elige el número de sensores/canales que se van a habilitar, este control va desde 1 a 10 canales disponibles, con la opción de que si fueran necesarios más canales se pueden agregar fácilmente desde el diagrama de bloques. En caso de elegir un número de canal impar, las gráficas de órbitas y centerline no serán funcionales, ya que para generar ese tipo de gráficas son necesarios por lo menos dos sensores. Timebase, polar y bode aparecerán repetidas, esto es, los gráficos mencionados muestran una gráfica por cada sensor, por lo que la señal proveniente de ese sensor se genera dos veces, pero la señal, aunque repetida, es correcta.

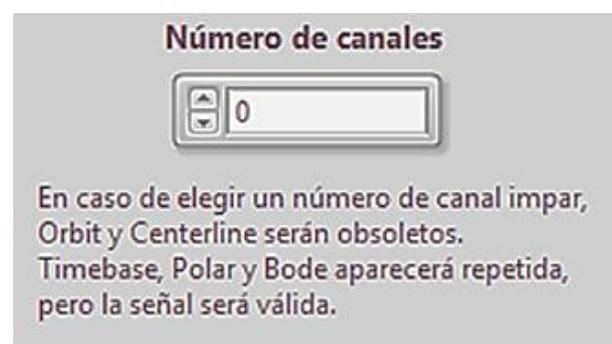


Figura 12 Control para seleccionar el número de canales a utilizar

Fuente: elaboración propia

- Configuración del archivo a guardar. Tiene la opción de habilitarse si desea guardar algún lapso de monitoreo, dando la oportunidad de elegir la ubicación y nombre del archivo, así como anotaciones extras de condiciones de la prueba, ya sea para abrirse en LabVIEW y examinarse después o para utilizar los datos para cierto post-procesamiento de señal en otro programa.



Figura 13 Configuración del archivo a guardar
 Fuente: Elaboración propia

LabVIEW da la opción de guardar el archivo en diferentes formatos, siendo los recomendados TDMS o de texto, mediante la siguiente ventana de configuración (Esta ventana de configuración no se puede manipular desde el panel frontal).

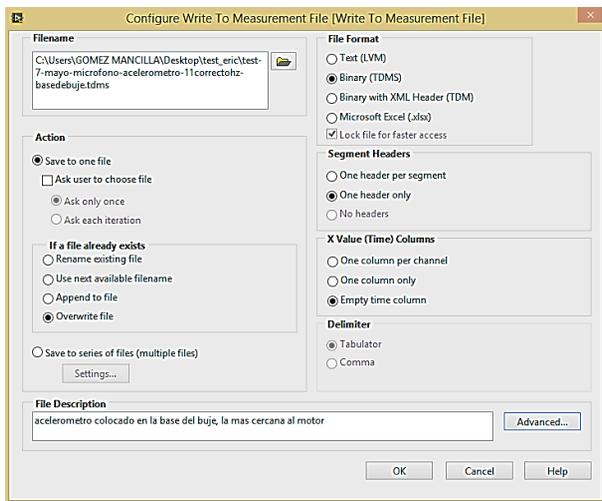


Figura 14 Ventana de configuración para el guardado de archivos
 Fuente: Elaboración propia

- Habilita la adquisición de datos, si es deshabilitado deberá abrir un archivo. Si se requiere hacer una toma de datos en tiempo real es necesario mantener encendido este botón, de lo contrario se desplegará una ventana para buscar algún archivo y examinar nuevamente los gráficos establecidos.



Figura 15 Control para activar/desactivar la adquisición de datos en tiempo real y buscador de archivos
 Fuente: Elaboración propia

- En esta parte del panel frontal existen dos controles, uno permite elegir “Sampling Rate” que se utilizará durante la adquisición de datos. El otro control permite definir la duración de la prueba, para que el programa se detenga de forma automática una vez cumplido el tiempo. Si se desea detener el programa antes de que se cumpla el tiempo definido, sólo se debe presionar el botón de STOP que se encuentra del lado derecho del panel frontal.



Figura 16 Control para duración de la prueba y Sampling rate
 Fuente: Elaboración propia

- El panel del lado derecho siempre será visible sin importar que cambie de ventana, se muestra una serie de indicadores que señalan las RPM y el tiempo transcurrido de la prueba, así como el botón para detener la adquisición de datos.



Figura 17 Indicadores y botón de STOP
Fuente: Elaboración propia

En la parte central aparece un led de color verde que cambiará a color rojo si no detecta velocidad; en la parte inferior aparece una nota para cambiar el programa a “Edit mode”, que permite hacer cambios tanto de programación como algunas propiedades de gráficos.

- En la parte inferior izquierda se encuentran los controles para activar o desactivar un filtro de señales. Si se elige un filtro, se debe configurar desde el diagrama de bloques. Esta configuración permite elegir entre 5 tipos de filtrado distintos: Lowpass, Highpass, Bandpass, Bandstop y Smoothing.



Figura 1 Control para activar/desactivar el filtro
Fuente: Elaboración propia

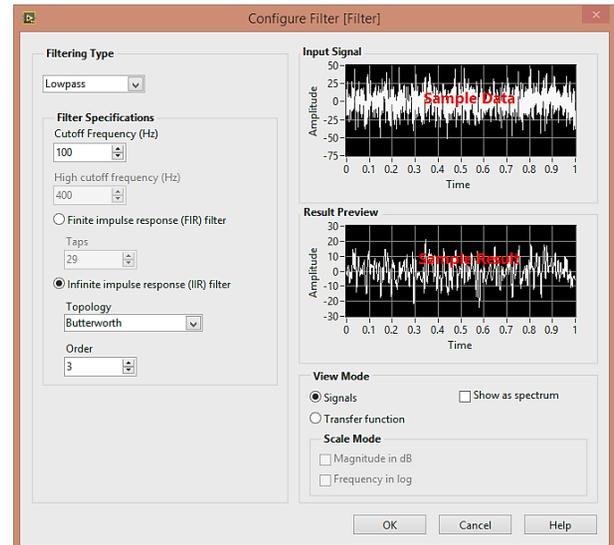


Figura 19 Ventana de configuración del filtro en diagrama de bloques
Fuente: Elaboración propia

Programación para el cálculo del máximo exponente de Lyapunov (LLE). Para habilitar esta función durante la adquisición de datos en tiempo real, en necesario, además de colocar el botón en ON, habilitar la opción de guardar un archivo (visto en la ventana de configuración general), ya que el cálculo del LLE se efectúa mediante el ingreso de ese archivo a un código en lenguaje de programación de Matlab, que a su vez se encuentra en una estructura dentro del programa efectuado en LabVIEW que permite leer diferentes lenguajes de programación.

Por otro lado, si se requiere efectuar dicho cálculo a una toma de datos (sin toma de datos en tiempo real), es necesario especificar Sampling Rate que se usó en la prueba.

Comparación de resultados ADRE® y LabView

A continuación, se muestra una comparativa entre las diferentes gráficas obtenidas con ambos sistemas, el sistema ADRE y el programa hecho en LabVIEW. La información mostrada corresponde a una prueba que llega hasta las 3655 RPM, después de realizar el balanceo. Los sensores utilizados fueron los proximetros. Las velocidades de muestreo y configuración de ambos sistemas fue la misma, hasta donde es posible configurar.

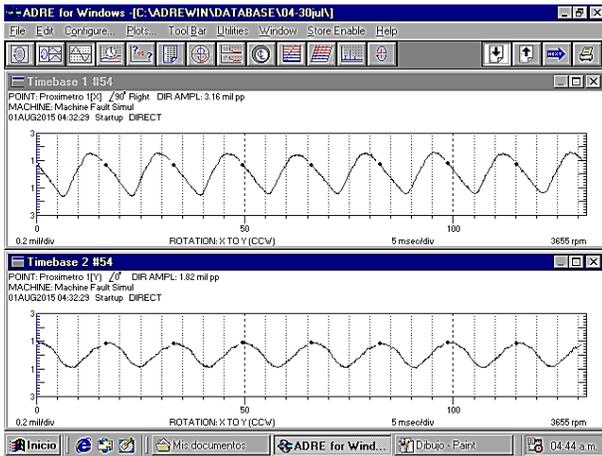


Figura 20 Diagrama Timebase en sistema ADRE. Amplitudes: $x=3.16$ mil pp / $y=1.82$ mil pp
Fuente: Elaboración propia

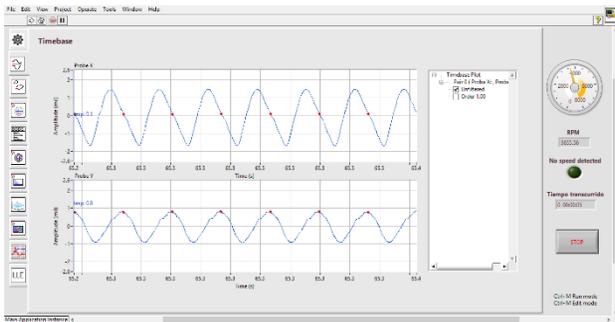


Figura 21 Diagrama Timebase en sistema LabVIEW. Amplitudes: $x=3.28$ mil pp / $y=1.86$ mil pp
Fuente: Elaboración propia

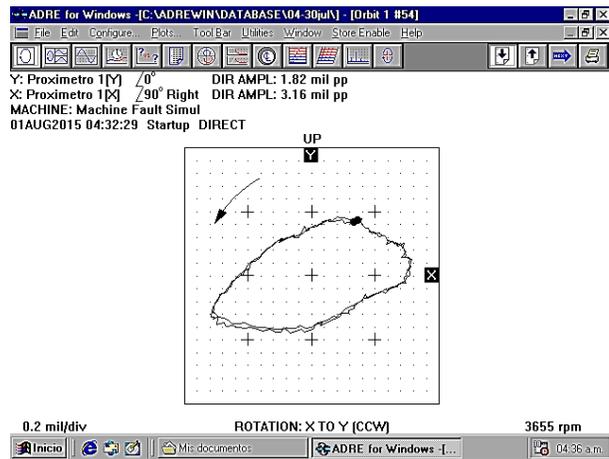


Figura 22 Diagrama Orbit en sistema ADRE. Amplitudes: $x=3.16$ mil pp / $y=1.82$ mil pp
Fuente: Elaboración propia

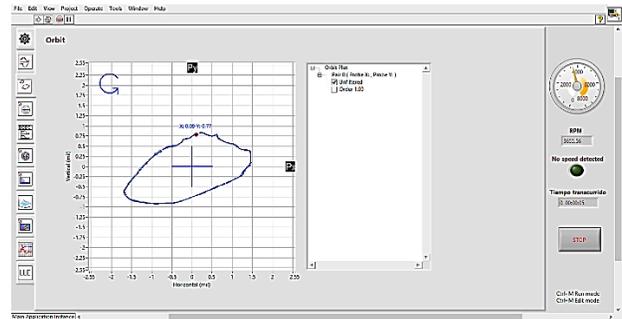


Figura 23 Diagrama Orbit en sistema LabVIEW. Amplitudes: $x=3.28$ mil pp / $y=1.86$ mil pp
Fuente: Elaboración propia

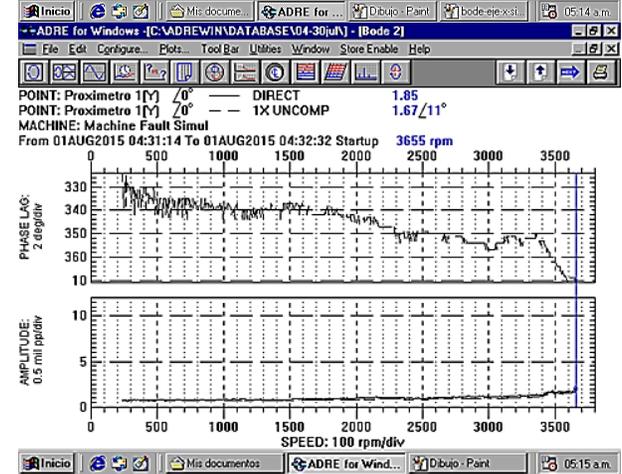
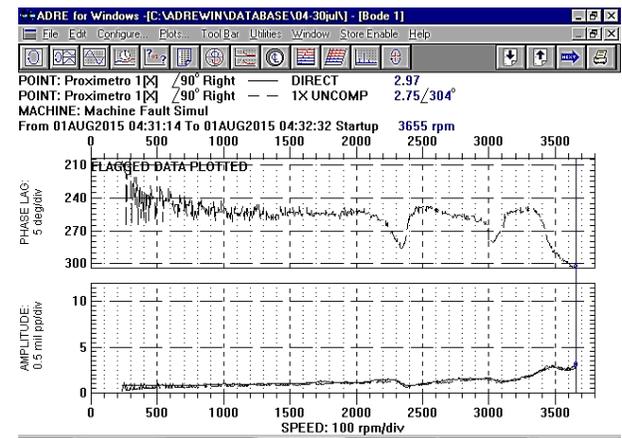


Figura 24 Diagrama de Bode en sistema ADRE. Eje $X=2.97$ mil pp. (Arriba) / Eje $Y=1.85$ mil pp. (Abajo)
Fuente: Elaboración propia

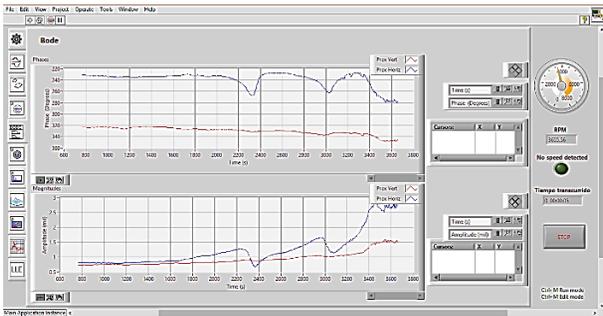


Figura 25 Diagrama de Bode en sistema LabVIEW. Eje X=2.82 mil pp. (Azul) / Eje Y=1.55 mil pp. (Rojo)
Fuente: Elaboración propia

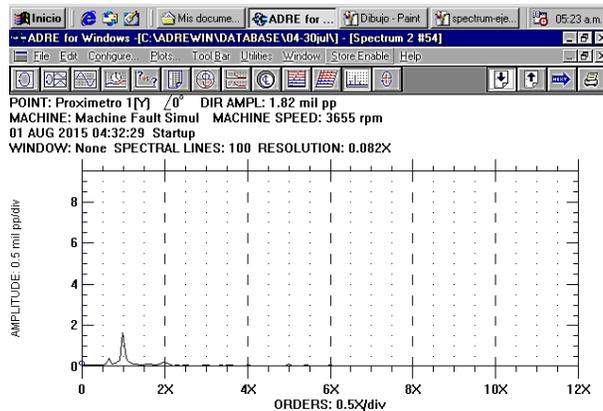
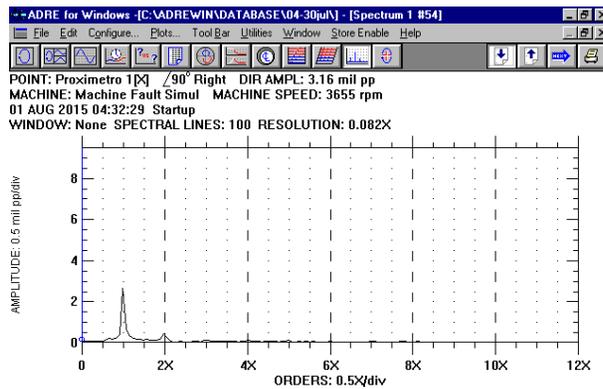


Figura 26 Diagrama Spectrum en sistema ADRE. Eje X=3.16 mil pp. (Arriba) / Eje Y=1.82 mil pp. (Abajo)
Fuente: Elaboración propia

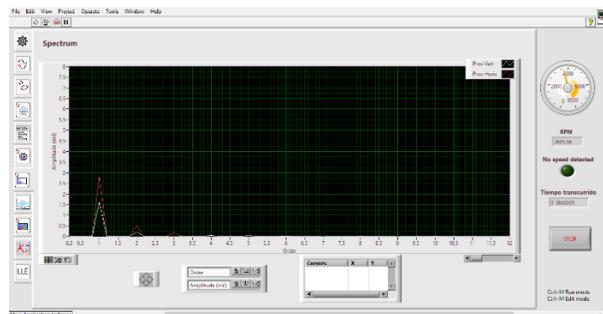


Figura 27 Diagrama Spectrum en sistema LabVIEW. Eje X=2.82 mil pp. (Rojo) / Eje Y=1.55 mil pp. (Blanco)
Fuente: Elaboración propia

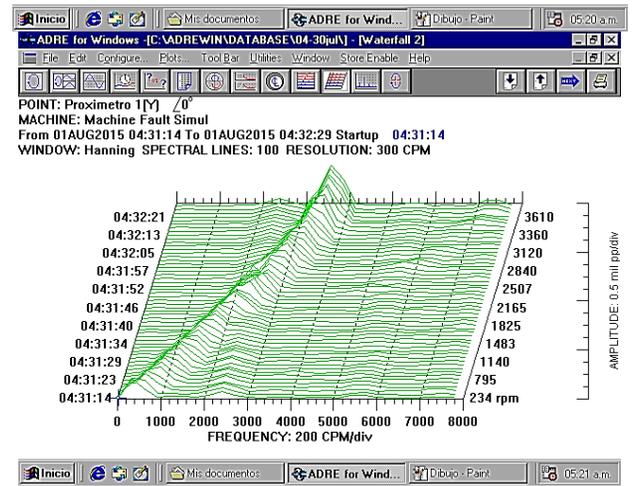
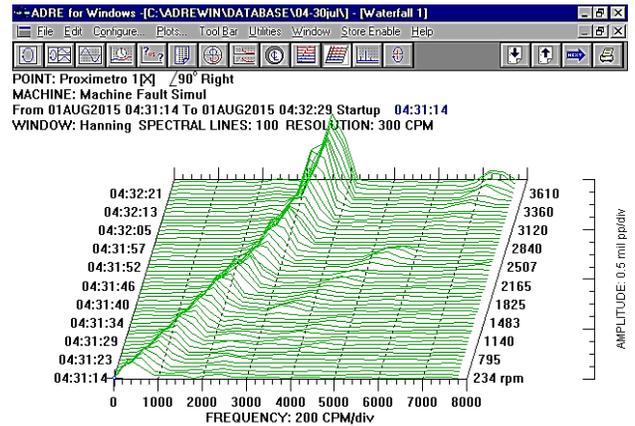


Figura 28 Diagrama Waterfall en sistema ADRE. Eje X (Arriba) / Eje Y (Abajo)
Fuente: Elaboración propia

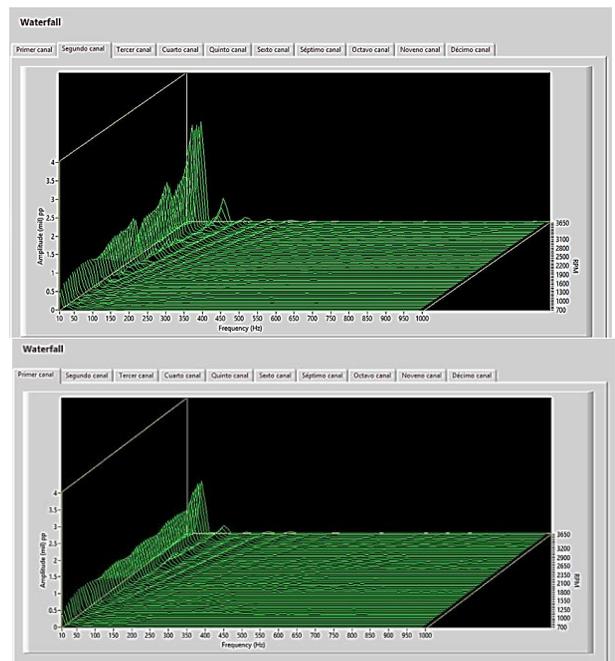


Figura 29 Diagrama Waterfall en sistema LabVIEW. Eje X (Arriba) / Eje Y (Abajo)
Fuente: Elaboración propia

Como principal ventaja tenemos la versatilidad de procesar los datos con nuestro sistema de adquisición, a continuación, se muestra una prueba realizada en la misma plataforma experimental con una velocidad constante de 50 Hz., durante 4 segundos. La adquisición de datos fue de este periodo de tiempo, ya que para utilizar el post-proceso del cálculo de LLE, se debe tomar en cuenta la cantidad masiva de datos arrojados. Con un muestreo de 10k por segundo y utilizando los 5 canales para los diferentes sensores, la comunicación entre LabVIEW y Matlab logra dar resultados en menos de 15 minutos. Demasiados datos consumirían el espacio del buffer de LabVIEW.

El funcionamiento del programa realizado en esta tesis, fue el siguiente:

- Adquisición de datos por medio de los sensores
- Estos datos pasan por el filtro (Integración, Derivación y Smoothing) programado en Matlab, este último permite cambiar el average del cálculo. Este average tiene un valor de 4. Este cálculo realiza una integración y una derivación descritas anteriormente.
- Los datos filtrados, pasan al segundo post-proceso, que es el cálculo de una serie de características no lineales con la finalidad de obtener el LLE.
- Los datos ya post-procesados, son graficados.

En la figura siguiente se muestra la señal directa y sin filtros adicionales de los proximetros colocados ortogonalmente.

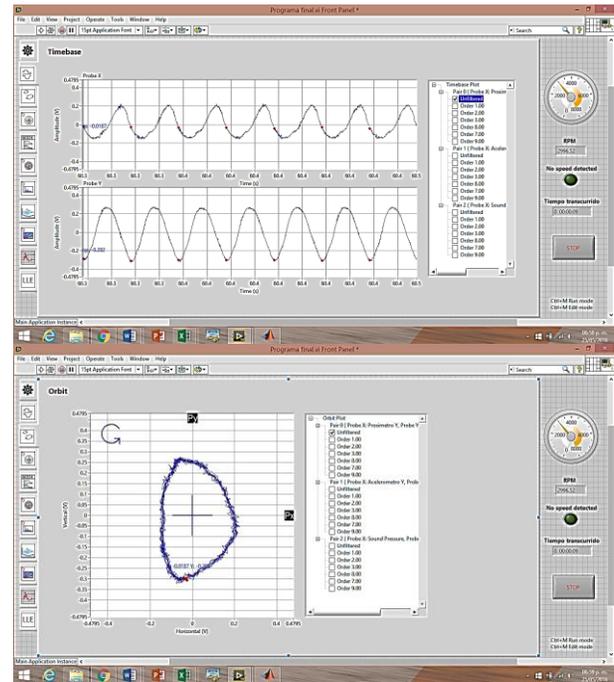


Figura 30 Timebase, X=0.37, Y=0.53 v pp. (Arriba.) / Orbit (Abajo)
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra graficada la señal filtrada de los proximetros, es decir, aplicando el post-proceso para integración y derivación. Se puede notar como las amplitudes disminuyen y las órbitas se distorsiona levemente en ciertos fragmentos. En esta figura, aún no se han aplicado filtros adicionales.

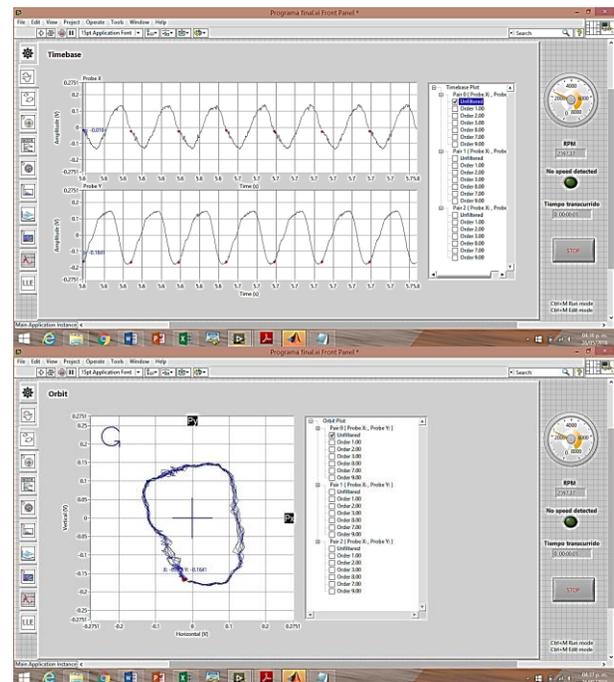


Figura 31 Timebase, X=0.24, Y=0.31 v pp. (Arriba.) / Orbit (Abajo)
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura, se ve la señal ya filtrada de los proximetros, además de agregar el filtro adicional de orden 1.

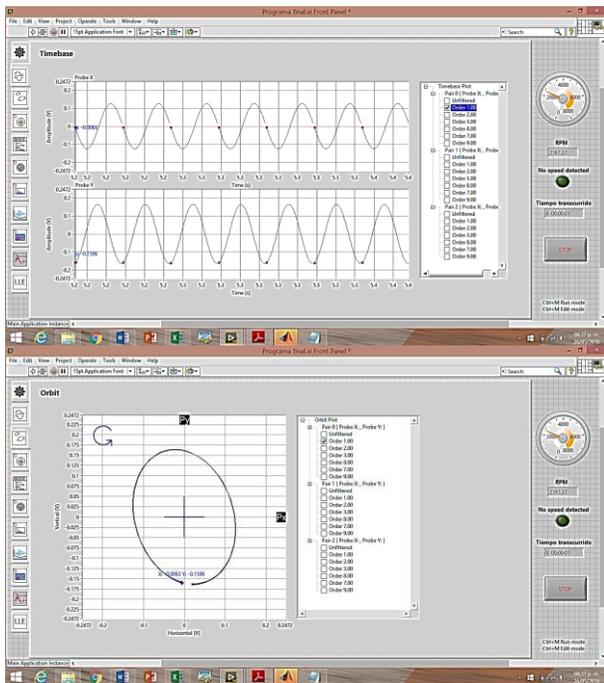


Figura 32 Timebase, X=0.24, Y=0.32 v pp. (Arriba) / Orbit (Abajo)
 Fuente: Elaboración propia

Y, por último, en las figuras siguientes se muestran los resultados arrojados para la extracción de características no lineales, en este caso, la información mutua y los falsos vecinos cercanos.

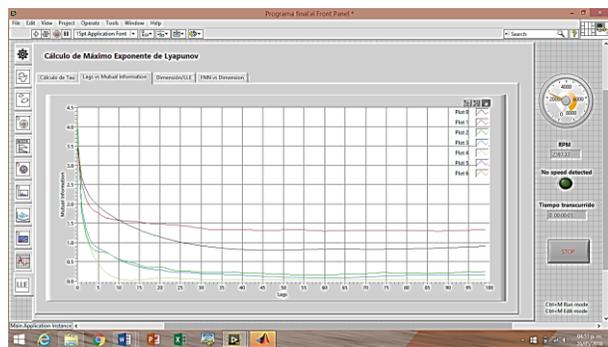


Figura 33 Gráfica de Lags vs Mutual Information
 Fuente: Elaboración propia

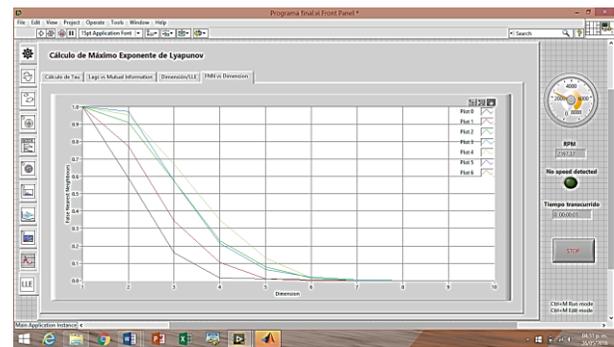


Figura 34 FNN vs Dimensión
 Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

En el presente trabajo se desarrolló un programa con software NI LabVIEW, capaz de monitorear la condición de máquinas rotativas con ayuda de sensores y hardware de National Instruments, con esto se logró emular las características básicas del sistema de adquisición de datos ADRE de Bently Nevada. El instrumento virtual se realizó de manera que se pueda hacer más versátil, es decir, ampliar su capacidad integrando diferentes post-procesos, canales y características que beneficien su velocidad y uso. Se integraron post-procesos programados en Matlab, para que se realicen de forma automática después de adquirir señales o para aplicarlos a datos adquiridos en otros sistemas. Se comprobó que los proximetros proporcionaron una señal menos susceptible al ruido, aunque sean los de más difícil montaje. Los acelerómetros son mucho más sensibles, por lo que la ubicación de estos es fundamental para un mejor resultado, ya que si se posicionan en un lugar erróneo se pueden captar señales de ruido por factores externos que complican tanto la interpretación de resultados, así como, el post-proceso de los datos.

Referencias

Mosquera, G., Piedra Díaz, M. de la V., Armas Cardona, R. A. (2001). Las Vibraciones Mecánicas y su Aplicación al Mantenimiento Predictivo. Venezuela: CDCH.

Rao, J. S. (2011). History of Rotating Machinery Dynamics. Alemania: Springer.

Stodola, A. (1927). Steam and Gas Turbines, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Ehrich, F.F. (1992). Handbook of Rotor Dynamics. Estados Unidos: McGraw-Hill.

Avalos Gauna, J., (2011). Análisis y Validación por Volumen Finito de los Coeficientes Rotodinámicos de Rigidez de una Chumacera Corta Con y Sin Presurización. (Tesis de Maestría). IPN SEPI ESIME Zacatenco. México.

Montiel Varela, G., (2011). Validación Numérica del Amortiguamiento Crítico para el Tercer Modo de Vibración. (Tesis de Maestría). IPN SEPI ESIME Zacatenco. México

Rao, J.S., Sreenivas, R., (2003). Dynamic Analysis of Misaligned Rotor Systems, Advances in Vibration Engineering. Journal of Vibration Institute of India, 2 (2), p. 128.

Fernández Tavitas, D. A., Nieto González, J. P., (2014). Detección de Barras Rotas en Motores de Inducción Utilizando SMCA (Square Motor Current Signature Analysis). Research in Computing Science, 73, 193-202.

White, G. (2010). Introducción al Análisis de Vibraciones. Estados Unidos: Azima DLI.

Sinha, J. K., Lees, A. W., Friswell, M. I. (2004). Estimating unbalance and misalignment of a flexible rotating machine from a single run-down. Journal of Sound and Vibration, 272 (3-5), 967-989.

Ramos Castro Juan, Rosell Ferrer Javier. (2004). Sistemas de instrumentación Pere Riu Costa, Universitat Politecnica de Catalunya.

Lajara Vizcaíno José Rafael, Pelegrí Sebastián José. (2012). LabVIEW: Entorno gráfico de programación, Marcombo.

Genta, G. (2005). Dynamics of Rotating Systems, Estados Unidos: Springer.

Ishida, Y., Yamamoto, T. (2012). Linear and Nonlinear Rotordynamics, Gran Bretaña: Wiley-VCH.

Wolf, A., Swift, J. B., Swinney, H. L., Vastano, J. A. Determining Lyapunov exponents from a time series. Physica D: Nonlinear Phenomena 16, 3 (1985), 285 – 317

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 Invención Técnica. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

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

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

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

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

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

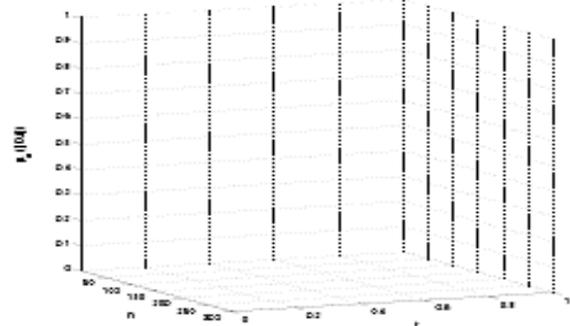


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

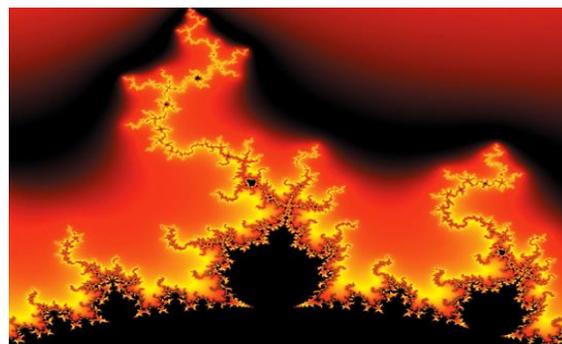


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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

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

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

Metodología a desarrollar

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

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

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

Copyright y Acceso

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

Título del Artículo:

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

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

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

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

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

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

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

Responsabilidades del Consejo Editorial

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

Responsabilidades del Comité Arbitral

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

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

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

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

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

Responsabilidades de los Autores

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

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

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

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

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

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

GUZMÁN - HURTADO, Juan Luis. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® 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

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán.

Revista de la Invención Técnica

“Hidroxiapatita sintetizada a partir del reciclaje de cascara de huevo”
ENRÍQUEZ-PÉREZ, Ma. Angeles, CASTREJÓN-SÁNCHEZ, Víctor Hugo, ROSALES-DAVALOS, Jaime y DÍAZ-CAMACHO, Francisco Javier A.

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán

“Detección óptica en 3D de un objeto flotante en una superficie marina agitada”

PAREDES-PEREZ, Ana Karen, GOLIKOV, Víctor y ALAZKI, Hussain

Universidad Autónoma del Carmen

“Rediseño del prototipo de sistema programable para prevenir el robo de bicicletas en Oaxaca”

MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela, MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Gabriela, GUZMAN-SALAS, León y RAFAEL-PÉREZ, Eva

Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca

“Instrumento virtual para adquisición de datos, análisis y evaluación de sistemas dinámicos”

HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo, GÓMEZ-NAVARRO, Carlos Antonio, FLORES-RAMÍREZ, Oscar y ROMERO-RODRÍGUEZ, Gabriel

Universidad Politécnica de Amozoc

