

ISSN 2523-0344

Volumen 2, Número 4 – Abril – Junio - 2018

Revista de Ingeniería Industrial

ECORFAN®

ECORFAN-Perú

Editora en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Redactor Principal

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Editor Ejecutivo

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

Revista de Ingeniería Industrial, Volumen 2, Número 4, de Abril-Junio 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode:11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. ISSN: 2523-0344. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Junio del 2018.

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

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

Revista de Ingeniería Industrial

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 Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología.

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

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

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Ingeniería Industrial es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de la Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología 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 Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

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

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

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

TELOXA - REYES, Julio. PhD
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

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

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

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

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

LAGUNA, Manuel. PhD
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Nefthalí. PhD
University of Southampton

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

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD
Universidad Politécnica de Cataluña

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

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD
University of Amsterdam

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

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

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

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

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

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

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD
Universidad de Guanajuato

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

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

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD
Universidad de Guanajuato

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

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

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

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

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

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD
Intitut National Polytechnique Toulouse

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

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Comité Arbitral

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

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

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

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

GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD
Universidad de Guadalajara

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

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

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

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

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

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

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

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

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

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD
Universidad ETAC

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

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

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

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

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

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

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Industrial 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 Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

Declaración de Autoría

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

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

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

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

Detección de Plagio

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

Proceso de Arbitraje

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

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos, *Taller de drones, como una herramienta emergente del mantenimiento predictivo, caso desarrollado en la Universidad Tecnológica de Jalisco*, por BARRÓN-BALDERAS, Juan José, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Jalisco, como segundo artículo presentamos, *Modelo ergonómico para eficientar los procesos de producción (FASE I)*, por LEVARIO-TORRES, José Guadalupe, REYES-SÁNCHEZ, Luz Marcela, BETANCOURT-SÁNCHEZ, Ricardo Gabino y SANDOVAL-CORONA, Martín Alonso, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro, como tercer artículo presentamos, *Descomposición en modos empíricos y su aplicación en la detección de fallas en rodamientos*, por HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo & FLORES-RAMIREZ, Oscar, con adscripción en la Universidad Politécnica de Amozoc, como cuarto artículo presentamos, *Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas*, por CASTILLO-FLORES, Ángela Liliana, FERNÁNDEZ-GARCÍA, Luis Guillermo y ÁNGELES-RESENDIZ, Luis Alfredo, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Altamira & Universidad Tecnológica de Altamira.

Contenido

Artículo	Página
Taller de drones, como una herramienta emergente del mantenimiento predictivo, caso desarrollado en la Universidad Tecnológica de Jalisco BARRÓN-BALDERAS, Juan José <i>Universidad Tecnológica de Jalisco</i>	1-11
Modelo ergonómico para eficientar los procesos de producción (FASE I) LEVARIO-TORRES, José Guadalupe, REYES-SÁNCHEZ, Luz Marcela, BETANCOURT-SÁNCHEZ, Ricardo Gabino y SANDOVAL-CORONA, Martín Alonso <i>Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro</i>	12-20
Descomposición en modos empíricos y su aplicación en la detección de fallas en rodamientos HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo & FLORES-RAMIREZ, Oscar <i>Universidad Politécnica de Amozoc</i>	21-28
Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas CASTILLO-FLORES, Ángela Liliana, FERNÁNDEZ-GARCÍA, Luis Guillermo y ÁNGELES-RESENDIZ, Luis Alfredo <i>Instituto Tecnológico de Altamira</i> <i>Universidad Tecnológica de Altamira</i>	29-35

Taller de drones, como una herramienta emergente del mantenimiento predictivo, caso desarrollado en la Universidad Tecnológica de Jalisco

Drone workshop, as an emerging predictive maintenance tool, case developed at the Technological University of Jalisco

BARRÓN-BALDERAS, Juan José*†

Universidad Tecnológica de Jalisco

ID 1^{er} Autor: *Juan José, Barrón-Balderas*

Recibido 2 de Abril, 2018; Aceptado 28 Junio, 2018

Resumen

Las universidades tecnológicas muestran su calidad mediante la compatibilidad de sus métodos de enseñanza con las necesidades del sector productivo, sin embargo, las competencias que los alumnos egresados adquieren no siempre se realizan debido a los cambios constantes en las tecnologías. Ante dicha problemática, el presente trabajo tiene el propósito de aumentar las capacidades y posicionamiento de la Universidad a través de un taller de drones como una herramienta emergente del mantenimiento predictivo. El objetivo de la investigación fue evaluar un programa de desarrollo de aplicaciones de mantenimiento predictivo con drones para comparar las competencias profesionales, posicionamiento de marca y el sentido de pertenencia con la Universidad. La metodología consiste en reunir un grupo de miembros de la comunidad Universitaria (29 alumnos y 3 profesores), identificando el estado inicial para cada uno de ellos y aplicando un cuadro de mando integral (BSC por sus siglas en inglés) durante las 4 fases del programa; en donde la primera fase busca el desarrollo de capital humano, en la segunda un desarrollo de aplicaciones enfoque mantenimiento predictivo, en la tercera un desarrollo de trabajos de investigación y posicionamiento de marca, y por último un producto final; una vez finalizado el programa se realizó una evaluación que permitió comparar la efectividad del programa, arrojando por resultado, una mayor habilitación para usar la tecnología de drones, aumento en la percepción de la calidad, mejora de marca y sentido de pertenencia de los participantes hacia la UTJ.

Drone, Vehículo no tripulado (UV), Mantenimiento predictivo, Competencias profesionales, Posicionamiento de marca

Abstract

The technological universities show their quality by means of the compatibility of their teaching methods with the needs of the productive sector, however, the competences that the graduated students acquire are not always realized due to the constant changes in the technologies. Faced with this problem, the present work has the purpose of increasing the capabilities and positioning of the University through a drone workshop as an emerging predictive maintenance tool. The objective of the research was to evaluate a program of development of predictive maintenance applications with drones to compare professional competencies, brand positioning and sense of belonging to the University. The methodology consists of bringing together a group of members of the University community (29 students and 3 teachers), identifying the initial status for each one of them and applying a balanced scorecard (BSC for its acronym in English) during the 4 phases of the Program; where the first phase seeks the development of human capital, in the second an application development approach predictive maintenance, in the third a development of research and brand positioning work, and finally a final product; Once the program was completed, an evaluation was carried out that allowed comparing the effectiveness of the program, resulting in a greater capacity to use drone technology, an increase in the perception of quality, brand improvement and a sense of belonging of the participants towards the UTJ.

Drone, Unmanned vehicle, Predictive maintenance, Professional skills, Brand positioning

Citación: BARRÓN-BALDERAS, Juan José. Taller de drones, como una herramienta emergente del mantenimiento predictivo, caso desarrollado en la Universidad Tecnológica de Jalisco. Revista de Ingeniería Industrial. 2018. 2-4:1-11.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

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

Introducción

En los últimos años, la situación que se vive actualmente no solo en Jalisco, si no todo el país no da una garantía de lograr empleo para todos los recién egresados, ya que la industria cada vez requiere en el área de mantenimiento un sin fin de competencias profesionales, con el fin de lograr el funcionamiento óptimo de las mismas.

De ahí que el objetivo primordial en las Universidades Tecnológicas es enseñar competencias aplicables con el modelo 30% Teoría 70% practica, para el mundo laboral que los egresados se encontraran al salir de la universidad.

Con esos antecedentes es de suma importancia vincular la industria con la academia, a fin de que los estudiantes de las diferentes carreras de mantenimiento en la Universidad Tecnológica de Jalisco puedan estar al día conociendo los alcances, aplicaciones y potencial que tienen los vehículos no tripulados, como herramienta emergente de trabajo en el área de mantenimiento.

Tomando en cuenta lo anterior, la presente investigación contribuye en materia científica y académica con una solución al implementar un taller de drones en la comunidad Universitaria, con el objetivo de involucrar a los empleados y alumnos de la universidad tecnológica de Jalisco con el tema de la industria 4.0, buscando el enriquecimiento de nuevas competencias profesionales para lograr un mantenimiento predictivo, a través del diseño y desarrollo de un (UV) Vehículo No Tripulado o Drone, como una herramienta de inspección para la detección y monitoreo de variables (concentraciones de monóxido de carbono, temperatura, e imágenes termográficas); mediante tecnología de bajo costo al alcance de todos.

Así mismo, un objetivo particular es mejorar el sentido de pertenencia organizacional dentro de la Universidad, debido a que ellos comparten la comunicación interdepartamental, convirtiéndose en el contacto y recomendación directa con los potenciales clientes interno y externos.

Para romper con este paradigma y demostrar que su carrera no está alejada de estos conceptos y que se puede desarrollar un proyecto de vehículos no tripulados, solo me basto mostrarles a los alumnos lo que realiza la empresa Caterpillar en colaboración con la NASA, y donde se involucra a estudiantes en su competencia que realizan anualmente (Lunabotics Mining Competition), con lo cual se provocó el interés en participar.

Cabe mencionar que el proyecto se realizó al final de cuatrimestre para no entorpecer el aprovechamiento académico de los alumnos.

Definición del problema

En la actualidad la Universidad Tecnológica de Jalisco (UTJ), cuenta con una población de 370 empleados entre administrativos y docentes, de esta población 36 docentes atienden las materias de electrónica en toda la universidad, de los cuales 12 ellos están relacionados con las carreras de mantenimiento industrial o de maquinaria pesada, teniendo una población estudiantil de 350 alumnos por ambos turnos, como en toda oferta educativa se busca una mejora continua, en el caso de las carreras de mantenimiento se busca ventaja competitiva, así mismo, nunca se ha abordado el tema de drones como herramienta de apoyo para el mantenimiento, por lo que se presenta una oportunidad de aporte al conocimiento con el aprendizaje y enseñanza de nuevas competencias profesionales tanto para los estudiantes como los profesores.

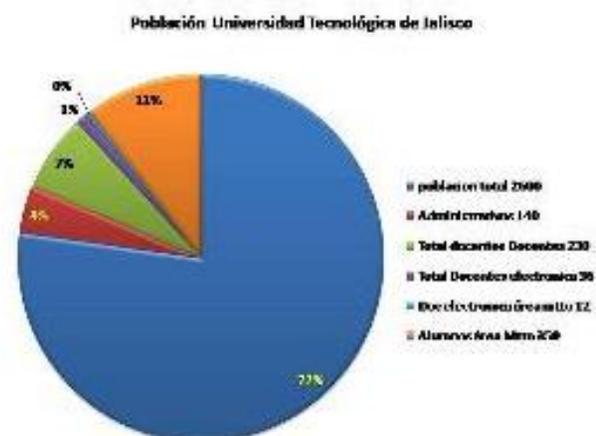


Figura 1 Datos aportados por el departamento de RH
Fuente: Elaboración Propia Basada en datos aportados por el Departamento de recursos humanos

Hipótesis

Al implementar el programa desarrollo de aplicaciones de mantenimiento predictivo con drones, ayudara a mejorar la percepción que se tiene de la marca UTJ, considerando que la asociación de imagen y criterios de calidad se posiciona, no solo con el paso de los años; sino con el desarrollo de proyectos que influyen en la comunidad de la universidad, dando por resultado un mejor el posicionamiento de la marca dentro y fuera de la zona metropolitana de Guadalajara.

Justificación

Actualmente los programas de estudio de las carreras de mantenimiento de la Universidad Tecnológica de Jalisco (UTJ), no presentan una materia enfocada hacia el desarrollo y aplicaciones de drones en el área de mantenimiento, aunque existen algunas investigaciones y avances en dicha área.

Por lo cual se vio la oportunidad para realizar este trabajo de tesis, empleando este tipo de dispositivos; con el que se pueda sentar las bases para que en la UTJ se desarrolle investigación usando drones y sitúe a la Universidad dentro de los muchos centros de estudios e investigación que exploran esta área.

El desarrollo de este proyecto se conformaría de varios módulos, permitiendo así a los , el desarrollo de nuevas competencias profesionales y el llevar a la práctica conceptos que se ven a lo largo de las carreras de mantenimiento, aunado al desarrollo del proyecto este permitirá el mejoramiento y posicionamiento de la percepción que tienen los estudiantes y profesores de la universidad de la marca UTJ, considerando la asociación de imagen y calidad de nuevas ofertas educativas, teniendo en cuenta que la marca se posiciona con el paso de los años.

Objetivo

- Proponer un modelo de programa de desarrollo de aplicaciones de mantenimiento predictivo con drones, como estrategia para el desarrollo de nuevas competencias profesionales, posicionamiento de marca y sentido de pertenencia de profesores y alumnos de la Universidad Tecnológica de Jalisco.

- Desarrollar conocimientos, habilidades y actitudes en los participantes, para generar las capacidades de definir la estructura técnica del drone como son los componentes, el funcionamiento, el armado y vuelo para cumplir tareas específicas y con ello poder estructurar, la codificación y las capacidades del equipo, para aplicaciones de mantenimiento predictivo.
- Desarrollar nuevas herramientas para facilitar las tareas de mantenimiento predictivo en lugares de complicado acceso, con el fin de anticiparse a los fallos antes de que estos ocurran, realizando tareas de inspección.

Importancia

La conservación y mitigación de los impactos negativos causados por diversos factores que influir en el mantenimiento predictivo; Desarrollar capacidades técnicas y operativas, promover investigación científica y tecnológica y gestionar recursos humanos y materiales para proteger los diversos entornos; Fortalecimiento de la coordinación y cooperación interinstitucional.

Pertinencia de la investigación

El auge de nuevas tecnologías emergentes exige estar a la vanguardia en el aprendizaje y enseñanza de nuevas competencias profesionales con los estudiantes, por lo que se necesita darle un plus al alumno como parte de su estudio dentro de las carreras de mantenimiento que oferta la universidad; si a esto le damos una aplicación específica como el uso de drones a manera de herramienta alternativa para el mantenimiento predictivo, al recolectar y enviar los datos de manera rápida y oportuna en las tareas de inspección vía internet o mensaje MSN, evitando así riesgos o peligros difíciles de descubrir y en consecuencia, daños y accidentes, lo cual implica tiempo y dinero; además se presentan dos tipos de fenómeno, uno de ellos es el poco interés por el desarrollo de proyectos de investigación sobretudo multidisciplinarios por parte de profesores de la institución y el segundo la falta de sentido de pertenencia, desconocimiento de marca, ambiente laboral bajo.

¿A qué grado es posible resolver la problemática?

La problemática con la realización de este proyecto, se va a resolver a mediano y largo plazo, ya que la implementación del programa, de momento se está impactado un 20% de la población total de profesores y empleados de la institución; así mismo se está atacando a la población estudiantil, que por ser un tema de actualidad se contempló tener una buena audiencia de aproximadamente 30% de la población de las carreras de mantenimiento; en cuanto a la problemática de marketing interno se está incrementando en esa misma proporción lo que es el desarrollo de proyectos multidisciplinarios, el sentido de pertenencia, posicionamiento de marca, y todo esto se puede ir incrementando conforme el programa se esté repitiendo y renovando a la vez.

Indicadores son utilizados para medir el impacto de esa problemática en los ámbitos social, económico y científico-tecnológico.

En el ámbito científico-tecnológico

Número de participantes por docente, Relación de personal administrativo a personal docente, Número de participantes por cada espacio de formación, Número de materiales disponibles por cada participante, Variación en cupos de formación creados, Variación del número de docentes disponibles, Variación del número de horas para formación, Tasa de participantes inscritos al programa, Tasa de abandono de la formación, Tasa de proyectos de creación, Tasa de participantes que terminaron el programa

En el ámbito social

Conozco y me identifico con la misión, visión, valores y objetivos Institucionales, Participo en las actividades a favor del personal programadas por la institución. Las actividades Institucionales son comunicadas de manera clara, La comunicación interdepartamental es eficaz, Me siento satisfecho con las actividades que desempeño en la Institución, Estoy satisfecho por el buen ambiente laboral. La capacitación que recibo va acorde a las competencias requeridas para mis actividades. Considero que la institución aporta en mi desarrollo profesional y personal.

Estoy familiarizado con el logotipo de la institución, Reconozco visualmente el logotipo de la institución, Considero que la universidad es una institución innovadora, Asocio la institución con la alta calidad educativa, Como empleado considero que pertenecer a la institución me da estatus, Considero que la universidad es una institución de renombre en la zona metropolitana

La tendencia al finalizar el proyecto, es el incremento, en el ámbito científico-tecnológico del porcentaje de formación con nuevas competencias de forma positiva, así mismo este se ve reflejado en el ámbito social, con el incremento de sentido de pertenencia, conocimiento de marca, clima laboral, satisfacción del cliente interno, mas sin embargo la magnitud se aprecia más reflejada en el ámbito social.

Marco teórico

Reg Austin (2010) menciona en su libro, un drone se utiliza para volar fuera de la visión del operador, pero no posee una capacidad de toma de decisiones, cumplen con una misión pre-programada en una ruta pre-programada y regresan a su base. No se comunica y los resultados de la misión, por ejemplo fotografías, usualmente no se obtienen hasta que es recuperado en la base.

Desde hace unos años, y propiciados por el continuo desarrollo de la electrónica, se han puesto de moda unos aparatos vanguardistas un tanto peculiares: los Vehículos Aéreos no Tripulados, UAV/UAS por sus siglas en inglés Unmanned Aerial Vehicle/Unmanned Aerial System o comúnmente conocidos como DRONES.

Varios nombres para definir un mismo concepto: Un vehículo aéreo que no tiene piloto o, de tenerlo, no está en el interior del aparato. La habilidad y los sentidos del piloto han sido sustituidos por sensores electrónicos de gran precisión, que consiguen una maniobrabilidad prácticamente perfecta.

Al principio, estos Drones estaban pilotados por una persona desde un lugar remoto, teniendo acceso a los mismos datos de aviación que tendría de estar físicamente en el dispositivo, pero con la ventaja de estar lejos en caso de que corriese algún peligro.

Actualmente este sistema de control se sigue manteniendo sobretodo en el sector militar, pero va proliferando más el control autónomo del aparato propiciado por el avance en la tecnología GPS (Global Positioning System). Así un Drone puede despegar, realizar su misión y aterrizar, todo sin intervención humana.

Entre los diversos tipos de estos dispositivos destaca uno por su excepcional maniobrabilidad y variedad de entornos de uso, el Quadcopter, que prácticamente es conocido en todo el mundo también por su posibilidad de construcción casera. Básicamente es un helicóptero con 4 motores equidistantes horizontalmente del centro.

Algunas aplicaciones de la UV's (por sus siglas en inglés Unmanned Vehicle), en usos civiles son las siguientes:

Fotografía aérea, cine, vídeo, agricultura Control de cultivos y pulverización; Monitoreo y conducción de rebaños, Guardacostas Búsqueda y rescate, seguimiento del litoral y del carril marítimo, conservación Contaminación y monitoreo de tierras, Vigilancia para empresas de electricidad, servicios de bomberos y silvicultura, detección de incendios, control de incidentes, protección de la pesca.

De acuerdo de lo que se puede apreciar en las principales aplicaciones, algunas empresas de electricidad, son las que utilizan los drones como herramientas, para inspección de las líneas de abastecimiento eléctrico; de ahí que los drones se pueden considerar como una herramienta emergente para el mantenimiento predictivo.

Robert C. Rosaler (2002) Menciona al mantenimiento predictivo como la técnica para pronosticar el punto futuro de rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle; Santiago García Garrido (2009) menciona en su libro, las técnicas predictivas que habitualmente se emplean en la industria son las siguientes:

- Análisis de vibraciones
- Boroscopias
- Termografías
- Análisis de aceites

- Control de espesores en equipos estáticos
- Inspecciones visuales
- Lectura de indicadores

Tomando en cuenta dichas aplicaciones, estas pueden ser parte en la implementación empleando drones como las inspecciones visuales; mas sin embargo se les puede añadir otras más para complementar los drones como herramientas no solo para el mantenimiento predictivo, si no como herramientas generadoras de conocimientos y aptitudes en jóvenes que estudian las carreras de mantenimiento en el área industrial o de maquinaria pesada; es por ello que se puede aprovechar lo que menciona en su trabajo G.P Bunk (1994) sobre las competencias profesionales, refiriéndose de ellas como un conjunto de conocimientos destrezas y aptitudes que se necesitan al ejercer una profesión, resolver problemas de la misma profesión autónoma y flexiblemente, así como, tener la capacidad de asistir en el contexto profesional y en la organización del trabajo.

Al desarrollar un programa dentro de la institución ,en el cual se aprovechen los temas de drones y mantenimiento predictivo se puede lograr que en el personal docente y en los alumnos se puede incrementar el concepto de capacidades profesionales, las cuales incrementaran las competencias de base siendo estas aquellas que permiten el acceso a una formación o a un trabajo, son los conocimientos básicos que permiten poder acceder a un trabajo Capacidad para innovar, Capacidad para trabajar con rigor, Capacidad analítica, Capacidad para dirigir, Capacidad para comunicarse, Capacidad para interactuar, Capacidad para trabajar en equipo, Capacidad para gestionar el estrés, Capacidad de adaptación, Capacidad para organizar, Capacidad de orientación al logro, Capacidad de especialización.

Pero además con el planteamiento de un programa para el desarrollo de drones, no solo serviría para obtener por resultado el desarrollo de competencias profesionales, también puede servir para reafirmar el término de marketing interno según Ruiz de Alba (2010) este nace con la finalidad de mejorar el servicio al cliente, desde entonces y hasta la actualidad este concepto no ha sido planteado como estrategia, en las instituciones educativas para generar un sentido de pertenencia y comunicación que satisfaga al cliente interno.

Por lo que sería de suma importancia el añadir este concepto al proyecto de desarrollo de drones para mantenimiento predictivo dentro de la institución, porque se le daría ese valor agregado que es necesario para que sobre salga institución, personal docente y estudiantes de otros programas educativos que se ofertan en la zona metropolitana de Guadalajara.

Método

Para identificar oportunidades de mejora, se utilizó el diagrama de causa-efecto (Figura 2); como herramienta de apoyo para buscar la/las causa/s potenciales (o reales) del posible problema de rendimiento; ya que permite buscar las causas principales de la problemática presentada y establecer la prioridad de soluciones para la mejora de los rendimientos en el desarrollo del proyecto.

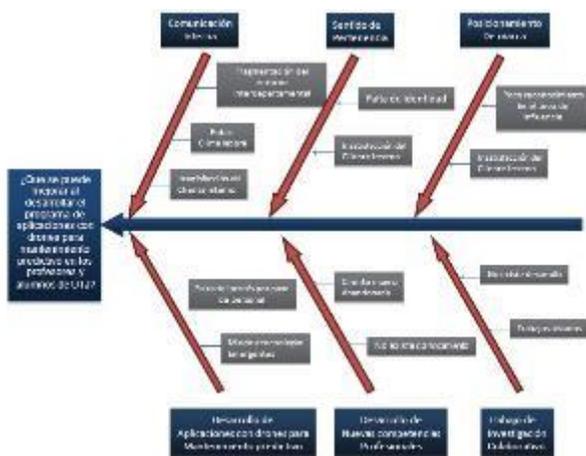


Figura 2 Diagrama causa-efecto para mejorar el desarrollo del programa en la comunidad de las carreras de mantenimiento de la UTJ

Fuente: Elaboración Propia basada en datos de encuesta realizada con la comunidad de UTJ

Una vez identificadas las oportunidades de mejora, se recurrió a la herramienta diagrama de Gantt, para organizar el presente proyecto de investigación, con la finalidad de planificar y programar las actividades a lo largo del período comprendido entre los meses de Julio y Diciembre del presente 2017; con la finalidad de los participantes se están apoyando en el conocimiento adquirido en las materias de electrónica analógica y digital, máquinas y mecanismos.



Figura 3 Alumnos MAMP con los que se inició el proyecto

Fuente: Elaboración propia tomada en el taller de Maquinaria pesada de la UTJ

Para la fase mecánica los alumnos han aplicado los conocimientos adquiridos en la materia de máquinas y mecanismos, (Roque, 2010). Que son necesarios para el diseño y el desarrollo del mecanismo de tracción del Vehículo no tripulado, compuesto por un juego de cadenas y poleas que sirven para darle el movimiento, así mismo la estructura del chasis, Conformando la parte más robusta del proyecto y no por ello menos importante ya que sobre ella recaerá la dureza del proyecto una vez que esté terminado en su totalidad.

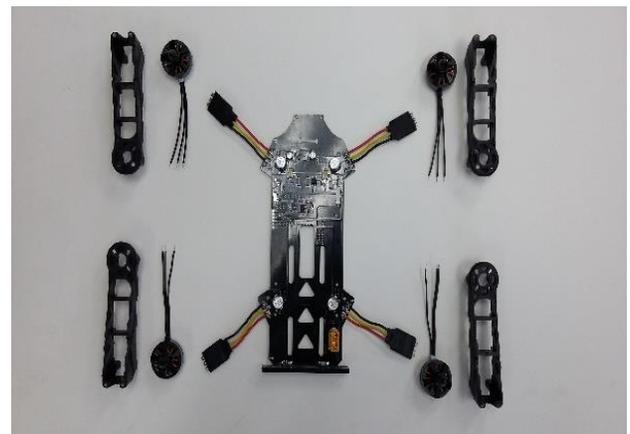


Figura 4 Concepto del Vehículo no tripulado

Fuente: kit drone modelo EACHINE Racer 2050, elegido por bajo costo

Durante este periodo de tiempo se hizo un avance significativo, ya que en cierta medida se solucionó el diseño del chasis y el mecanismo con el cual se va a lograr la locomoción del dron, restando por construir aun las partes de cubiertas y soportes para las partes de control eléctrico- electrónico que son la parte medular del objetivo planteado del proyecto que es la detección de variables para campos de cultivo (Lee, 2014). Así como el monitoreo de condiciones como parte de la prevención de desastres (Lindsay, 2011).



Figura 5 Desarrollo de avance del vehículo no tripulado
Fuente: kit dron modelo EACHINE Racer 2050, armado durante el taller

Este avance del proyecto ya incluye las partes de de control electrónico que comprende el sensor barométrico y el sensor de monóxido de carbono, además se presenta en la parte superior el panel solar con el cual se tratara de darle más autonomía y rendimiento al UV, ya que con el mismo se recargara la batería que alimenta tanto a los motores como al sistema de control electrónico.

En lo referente a la fase de control electrónico conformada por el sistema arduino que es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un micro –controlador y un entorno de desarrollo, diseñado para facilitar el uso de la electrónica en proyectos (John, 2013), multidisciplinarios que por su facilidad es una buena opción para el desarrollo de la etapa de monitoreo atmosférico (Patrick, 2013), que se determinó como objetivo del UGV, Usando la implementación de un sensor barométrico BMP085 y un sensor de monóxido de carbono mq-7 Para obtener mediciones precisas, para la comunicación se utilizara una tarjeta GSM con la cual envié vía MSM a celular los datos obtenidos por los sensores.

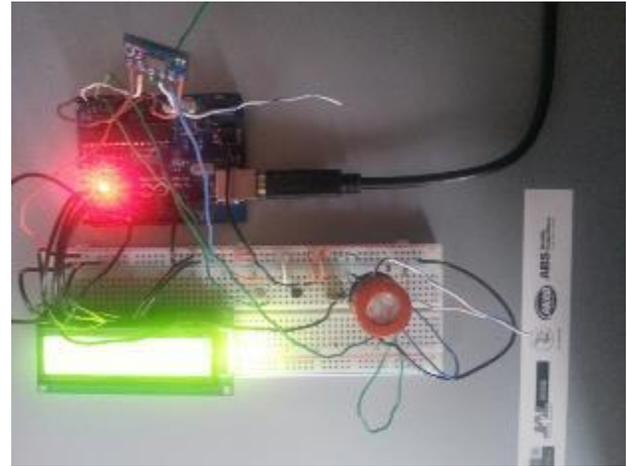


Figura 6 Arduino with sensor BMP85 y MQ-7
Fuente: Elaboración propia, desarrollo experimental para el concurso CANSAT CUCEI 2017

En el primer paso para la construcción del sistema electrónico de la UV, se tomó como base la electrónica de control desarrollada para un CanSat que es un satélite del tamaño de una lata de refresco cuya misión puede ser recoger datos o efectuar retornos controlados.1 Estos aparatos normalmente deben ser completamente autónomos, es decir, no pueden recibir instrucciones desde el suelo durante el vuelo. Lo que sí deben efectuar son transmisiones de datos. Las antenas se pueden montar externamente, pero el diámetro del satélite no se puede alterar y este fue probado en la competencia CANSAT CUCEI 2017.



Figura 7 Desarrollo electrónico proyecto CANSAT
Fuente: Elaboración propia, desarrollo experimental para el concurso CANSAT CUCEI 2017

A lo largo de esta fase de prueba se ejecuta el análisis de, de cada una de las características de funcionamiento de los sensores (CO, temperatura, altura, presión barométrica) y las conexiones de estos con de la tarjeta de desarrollo (arduino), así como calibración de cada uno para verificar su sensibilidad y ajustes necesarios con el fin de obtener la configuración óptima, donde se pretende poner a prueba a diferentes condiciones de altura, humedad, iluminación de todos los componentes que van a integrar el proyecto.



Figura 8 Desarrollo de CanSat

Fuente: Elaboración propia, desarrollo experimental para el concurso CANSAT CUCEI 2017

La siguiente etapa de desarrollo consistió en el diseño del software para la lectura de datos arrojados por los sensores; el uso del monitor serial con el que cuenta Arduino es indispensable, ya que este imprime los datos al puerto serie como texto ASCII. Este comando puede tomar muchas formas. Los números son impresos mediante un juego de caracteres para cada dígito, es posible el uso y manipulación de este para imprimir datos en el monitor serial del PC, a su vez se utiliza una tarjeta ICOMSAT versión 1.1, mediante una MAC Address, el objetivo es controlar y transferir información entre estos dispositivos de forma remota.

Así se podría acceder a datos de sensores y monitorearlos de manera continua, y este dispositivo al ser compatible con la red GSM podemos tener un monitoreo continuo a largo alcance, puesto que el dispositivo cuenta con una tarjeta micro SD SPI regulada por el usuario puede acceder a los datos recopilados durante la misión en su PC.



Figura 9 Armado de control con sensores mq7 y bmp85
Fuente: Elaboración propia, desarrollo experimental para el concurso CANSAT CUCEI 2017

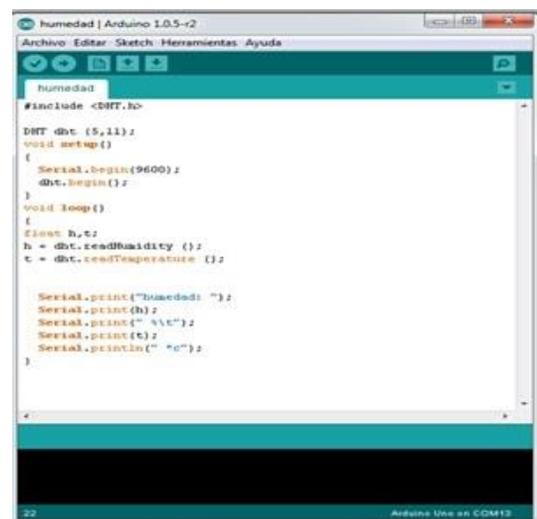


Figura 10 Sketch de Arduino sensor BMP85

Fuente: Elaboración propia, desarrollo experimental para el concurso CANSAT CUCEI 2017



Figura 11 Sketch de Arduino sensor MQ-7

Fuente: Elaboración propia, desarrollo experimental para el concurso CANSAT CUCEI 2017



Figura 12 Lanzamiento del CANSAT para probar los sensores

Fuente: Elaboración propia, durante el concurso CANSAT CUCEI 2017

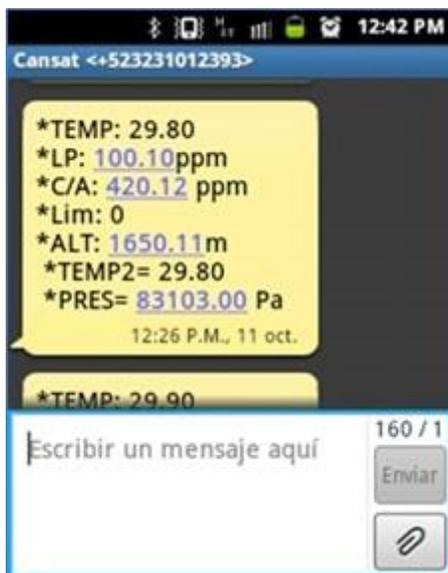


Figura 13 Muestra de datos monitoreados por el CANSAT y recibidos cada medio minuto en un celular.

Fuente: Elaboración propia, durante el concurso CANSAT CUCEI 2017

Resultados

La factibilidad o costo-beneficio de la solución propuesta

Con la finalización del proyecto considero que la factibilidad costo beneficio es muy alta, debido a la particularidad del programa, que es el desarrollo de drones de bajo costo, con el fin de que a los participantes no se les impactara con gastos innecesarios a su economía, por otra parte, la institución puede justificar la inversión ya realizada de los 18 kits de drones adquiridos, para prácticas con el rubro de capacitación a docentes, además el resultado esperado es mayor del invertido, ya que se esta incrementando y desarrollando nuevas capacidades profesionales en un 20% de la población total de profesores y empleados de las división de mantenimiento sobre todo de la carrera de mantenimiento a maquinaria pesada.

Conclusiones

La presente investigación, se logró documentar las evidencias indispensables para la validación del objetivo. Al iniciar el proyecto, la comunicación interna fue efectiva al convocar y confirmar la participación de un sector de la UTJ, donde los participantes evaluados carecían de los conocimientos científicos y tecnológicos sobre el tema de los drones.

Con la presentación del producto final desarrollado por los participantes del taller de drones, ante la comunidad universitaria, se aprovechó para fomentar la cohesión entre los profesores, estudiantes y la universidad con este tipo de programas; ya que se obtuvo como resultado del taller, un aumento de las capacidades y posicionamiento de la Universidad a través del taller de drones como una herramienta emergente del mantenimiento predictivo.

Así mismo al difundirse los resultados obtenidos del programa a través de las redes sociales de la institución, entre otros medios, con el fin de posicionar nuestra marca UTJ, con la comunidad universitaria, para dejar huella de la imagen actual que deseamos como líderes en el ofrecimiento de nuevas opciones de estudio en el desarrollo de aplicaciones para mantenimiento con drones en la zona metropolitana de Guadalajara.

Actualmente se cuenta con un nuevo grupo de 30 alumnos solo de la carrera de mantenimiento a maquinaria pesada, faltando los de mantenimiento industrial, para la apertura de un nuevo ciclo de taller de drones. Por lo cual se puede concluir que fue todo un éxito ante la comunidad UTJ.



Figura 14 Desarrollo de avance del UV

Fuente: Elaboración propia, durante la impartición del taller en el área de Maquinaria pesada de la UTJ



Figura 15 Participantes mostrando resultado del taller

Fuente: Elaboración propia, tomada al finalizar el ciclo del taller

Consideraciones:

Todavía falta bastante por construir del dron ideal, esperando que en los próximos meses se pueda completar el proyecto y en el futuro se podría desarrollar con la nueva plataforma de hardware de Intel, la tarjeta Edison con la que se podría aumentar el espectro de funciones operativas, entre ellas el conocer en tiempo real las necesidades de las plantas, ya que tendremos información de las variables monitoreadas al alcance de nuestra mano, con lo que nos será mucho más fácil y más rápido acceder a ella, a través de lo que se conoce como el internet de las cosas (IoT por su siglas en inglés).

Donde se buscaría que el dron sea conectable a Internet, buscando que las variables monitoreadas e imágenes se pueden incorporar en una base de datos y recoger estos datos para ayudarnos en el día a día, O cualquier lugar y en cualquier momento.

Aprovechando que este concepto tarde o temprano podrá llegar a nuestra vida cotidiana, donde según estudios oficiales para el año 2020 nuestro universo digital será 44 veces más grande (en datos recogidos o información almacenada) que en el año 2010.

Todo esto hará que la sociedad tal y como vive hoy será muy diferente para entonces, estaremos repletos de información al alcance de nuestra mano y todo esto también será un negocio para muchos, mientras tanto este seguirá siendo parte de la motivación de los estudiantes en la Universidad tecnológica de Jalisco para que incursionen en el tema Aeroespacial.

Referencias

Baichtal John (2015). Building Your Own Drones_ A Beginners' Guide to Drones, UAVs, and ROVs-.Que Publishing.

Chirinos D, Fuenmayor Y. (2010). Estrategias de marketing interno para la productividad laboral aplicadas en las universidades privadas.

Directorio de Universidades Tecnológicas y Politécnicas (2016) [en línea] disponible en cgut.sep.gob.mx.

Dunmore, Michael. (2003). De adentro hacia afuera de marketing: ¿Cómo crear una estrategia de marketing interno? Londres.

G. P. Bunk (1994:9). La transmisión de las competencias en la formación y perfeccionamiento profesionales de la RFA.

Reg Austin (2010). Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment. Wiley

Santiago García Garrido (2009). Ingeniería de Mantenimiento. Renovetec.

Hernández Barrón Lorena Anaid, Pedraza Ortega Jesús Carlos, Velázquez García Guillermina, Sotomayor Olmedo Artemio, Delgado Rosas Manuel. Diseño y desarrollo de un vehículo volador de cuatro hélices no tripulado de bajo costo. La Mecatrónica en México, Vol. 3, No. 1, páginas 23 - 36, Enero 2014.

Kotler, Philip Y Gary Armstrong (2007). Fundamentos de marketing. Octava edición. Pearson.

McGriffy David (2016). Make Drones Teach an Arduino to Fly. Maker Media, Inc.

Melián Rodríguez Manuel E. (2009) Modelo de Gestión por Competencias.

Ramírez Chávez E.J., Cruz García A., Lagunas Pérez A.G. & Carreño Reyes O.E. Uso de vehículos aéreos no tripulados para la caracterización del paisaje sumergido; Bahía Estacahuite. Ciencia y Mar 2013, XIX (51): 35-40.

Romero Sanz, Calero de la Paz; (2006) Análisis del marketing interno en las universidades de la Comunidad Autónoma de Madrid Localización: Decisiones basadas en el conocimiento y en el papel social de la empresa: XX Congreso anual de AEDEM, Vol. 1, 2007 (Ponencias), pág. 10.

Ruiz de Alba, J.L. (2010), La orientación al marketing interno Universidad de Málaga, España.

Sanz Susana, Calero Roció. (2007) Análisis del marketing interno en las universidades de la Comunidad Autónoma de Madrid

Robert C. Rosales (2002). Manual del Ingeniero de Planta. Tomo I/. McGraw-hill

Salvendy Gavriel (2005). Manual De Ingeniería Industrial vol. I. Editorial Limusa S.A. De C.V www.maquinariaspesadas.org/blog/821-curso-mantenimiento-predictivo

Modelo ergonómico para eficientar los procesos de producción (FASE I)

Ergonomic model to streamline production processes (PHASE I)

LEVARIO-TORRES, José Guadalupe*†, REYES-SÁNCHEZ, Luz Marcela, BETANCOURT-SÁNCHEZ, Ricardo Gabino y SANDOVAL-CORONA, Martín Alonso

Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro, Km 114 Carr.J. Gpe. Aguilera-Gunaceví, Stgo. Papasquiaro, Dgo., México

ID 1^{er} Autor: *José Guadalupe, Levario-Torres* / ORC ID: 0000-0002-0576-6908, Researcher ID Thomson: S-2869-2018, arXiv Author ID: levariot, CVU CONACYT ID: 260831

ID 1^{er} Coautor: *Luz Marcela, Reyes-Sánchez* / ORC ID: 0000-0002-3686-9205, Researcher ID Thomson: S-2875-2018, arXiv Author ID: LuzMarcela, CVU CONAYT ID: 614765

ID 2^{do} Coautor: *Ricardo Gabino, Betancourt-Sánchez* / ORC ID: 0000-0003-3917-2793, Researcher ID Thomson: S-2780-2018, arXiv Author ID: beta20991, CVU CONACYT ID: 260735

ID 3^{er} Coautor: *Martín Alonso, Sandoval-Corona* / CVU CONACYT ID: 361900

Recibido 22 de Abril, 2018; Aceptado 28 Junio, 2018

Resumen

El modelo es una herramienta que ayudará a las empresas a analizar, controlar y administrar sus recursos materiales, desde el proceso de entrada hasta la salida de los mismos considerando los costos de ordenar, envíos, tipo de transporte, inventarios existentes de materias primas y productos terminados. El modelo ayudara a eficientar la toma de decisiones en los departamentos de control de producción, materiales, aduanas, embarques, finanzas, contabilidad, también es una herramienta en la que los gerentes analizan diferentes opciones de producir. Esta investigación abarca los temas desde pronósticos e inventarios, hasta la planeación agregada, plan maestro de producción, planeación de requerimientos de materiales, planeación de recursos de distribución y Kanban. Para presentar de una forma sistemática la metodología, se mostrará de manera independiente cada uno de los temas. El modelo para eficientar los procesos de producción beneficiará a todas las empresas en las que se desee calcular pronósticos, inventarios, planes de producción, programas de producción, requerimientos de materiales, número de kanban y planeaciones de requerimientos de producción. Teniendo como objetivo el desarrollar un modelo ergonómico para agilizar los procesos de producción, que será analizado, desarrollado y puesto a prueba

Modelo, Procesos, Producción

Abstract

The model is a tool that will help companies to analyze, control and manage their material resources, from the entry process to their exit considering the costs of ordering, shipping, type of transport, existing inventories of raw materials and products. finished. The model will help to make efficient decision making in the departments of production control, materials, customs, shipping, finance, accounting, it is also a tool in which managers analyze different production options. This research covers topics from forecasts and inventories, to aggregate planning, production master plan, material requirements planning, distribution resource planning and Kanban. To present the methodology in a systematic way, each one of the topics will be shown independently. The model to streamline production processes will benefit all the companies in which we wish to calculate forecasts, inventories, production plans, production programs, material requirements, number of kanban and planning of production requirements. With the objective of developing an ergonomic model to streamline production processes, which will be analyzed, developed and put to the test.

Model, Processes, Production

Citación: LEVARIO-TORRES, José Guadalupe, REYES-SÁNCHEZ, Luz Marcela, BETANCOURT-SÁNCHEZ, Ricardo Gabino y SANDOVAL-CORONA, Martín Alonso. Modelo ergonómico para eficientar los procesos de producción (FASE). Revista de Ingeniería Industrial. 2018. 2-4:12-20.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (margelina76@hotmail.com)

Introducción

Un buen control de los recursos de una empresa (factor humano, tiempo de producción, materiales, insumos etc.) es indispensable para la subsistencia de la organización no solo en nuestro contexto (ciudad de Santiago Papequiaro., Dgo.) sino en cualquier empresa del país o inclusive en otras naciones del mundo que se dedican a la producción de productos.

El que las empresas de la región tengan un modelo para analizar, controlar y administrar sus recursos por medio de pronósticos, inventarios, planeación agregada, plan maestro de producción, MRP Y DRP contribuye significativamente a eficientar la toma de decisiones de las personas que se encargan de controlar este rubro en una organización, también le pueden mostrar a los gerentes de planta cuales son las posibles opciones que tienen así como sus costos pero también las ventajas y desventajas para poder llevar a cabo cada uno de los planes.

El control de la producción es una herramienta indispensable que toda organización debe de tener bien estructurada por medio de un departamento, y más aún cuando maneja una gran variedad de productos ya que esta aunado a la complejidad de los mismos para elaborarlos, es por lo que es importante para tener un buen control de los recursos empleados de la empresa puede provocar la pérdida de los mismos y por consiguiente bajar sus ingresos.

Para realizar el modelo es necesario llevar un orden secuencial, en donde se muestre cada uno de los componentes del producto, por lo que en la metodología utilizada se muestra la logística que se implementó para poder obtener los resultados deseados. Una vez aprobado el modelo diferentes empresas e instituciones educativas lo podrán adquirir, para que este ayude al estudiante y a los empresarios a obtener deducciones verídicas en corto tiempo, comparado a la forma tradicional, siendo este uno de los objetivos de la ergonomía, eficientar.

Al implementar el modelo ergonómico se eficientaran los recursos involucrados en el proceso de la producción como son la optimización de la producción, horas trabajadas, materias primas, costos, tiempos y movimientos etc.

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

Una vez estructurado teóricamente el modelo, se desarrolló cada punto del mismo en el programa Excel, a continuación, se muestran algunas imágenes de los resultados obtenidos, también diferentes codificaciones y fórmulas que se utilizaron.

1. Antecedentes de Modelos Similares

Hoy en día la ergonomía se basa en las interacciones entre el hombre y otros elementos de un sistema, establecidos en el entorno de trabajo, relacionándose con la producción y con los nuevos modelos o simuladores que se van imponiendo en práctica. Los componentes que las empresas han utilizado para eficientar los procesos de producción son el uso de las tecnologías de información. Son herramientas que permiten imitar, comunicar, calcular y decidir, para mejorar la productividad.

Almaral, Carral y Hernández (2004) mencionan que en: “La década de los 70 es cuando la ergonomía invade casi todos los sectores de la vida de relación. Ligada estrechamente al fenómeno de la efectividad laboral y al aumento en los servicios y calidad de los bienes de consumo” (p.41).

Un sistema de producción se encuentra conformado por un conjunto de medios humanos y materiales llamados factores de producción, el proceso de producción y los productos obtenidos con valor agregado (Cuatrecasas, 2009).

La empresa Teradyne se basó en la aplicación de la simulación, para justificar la implementación de proyectos ergonómicos, en líneas de producción con ensamble manual, en sustentar gráfica y analíticamente, la factibilidad para estos, mediante el simulacro de eventos discretos, teniendo como resultados un 86% de efectividad en la línea de producción.

Otro caso aplicable de modelos predictivos fue en el 2008, SICOMPC: simulador para control predictivo basado en modelos, es una herramienta computacional cuyo objetivo es generar estrategias clásicas de control, comparando criterios de estabilidad y robustez en los procesos de producción.

2. Describiendo el método.

El modelo consta de siete secciones la primera de ella es el apartado de PRONÓSTICOS en este punto se manejan los pronósticos de demanda que comprende los siguientes modelos promedios móviles simples, ponderados y proyecciones con tendencia, y regresión lineal.

2.1. Primera sección

En esta primera parte del modelo se introducen los datos de las ventas y por medio de las fórmulas establecidas en el programa Excel arroja los resultados de los diferentes promedios (simple, ponderado).

En la siguiente figura No1 se muestra la tabla de datos necesarios para determinar los pronósticos, así como el tipo de mismo de cada uno de los productos.

Cabe mencionar que los productos se agrupan por línea así como maneja la opción de ver el porcentaje de unidades que se venden por líneas.

Total de ventas de las 4 líneas del mes de diciembre es 160 aspiradoras

No.	Producto	No. Línea	Unidades vendidas	Porcentaje de unidades por producto de cada línea	Porcentaje de unidades total por línea	Precio de venta por unidad	Ingreso por producto
1	A	Línea 1	30	53%	36%	45	1350
2	B		12	21%		60	720
3	C		10	18%		130	1300
4	D		5	9%		85	425
Unidades vendidas por línea			57	100%			3795
5	F	Línea 2	6	21%	18%	35	210
6	G		8	28%		30	240
7	H		3	10%		85	255
8	J		12	41%		20	240
Unidades vendidas por línea			29	100%			345
9	K	Línea 3	1	5%	13%	50	50
10	L		3	15%		200	600
11	M		13	65%		115	1495
12	N		3	15%		40	120
Unidades vendidas por línea			20	100%			2265
13	O	Línea 4	15	28%	34%	28	420
14	P		17	31%		33	663
15	Q		13	24%		45	585
16	R		5	9%		65	325
Unidades vendidas por línea			50	100%	100%		2253
Unidades vendidas por línea			160				3258

RESUMEN		
Línea	Ingresos por línea en dólares	Unidades producidas por línea
No 1	3795	57
No 2	345	29
No 3	2265	20
No 4	2253	50
	3258	160

Figura 1 Esquema de la fase I
Fuente: Elaboración Propia 2017

En la figura No.2. Se observan el gráfico que muestra los resultados de las ventas reales, pronósticos móviles y ponderados.

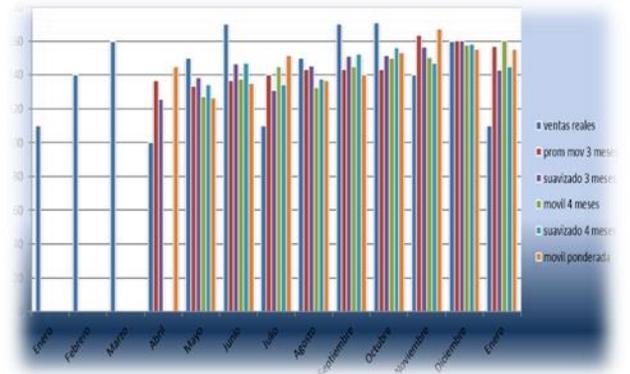


Figura 2 Esquema de la fase I
Fuente: Elaboración Propia 2017

2.2. Segunda sección

En la segunda sección del proyecto se procedió a la programación de las técnicas de inventarios, en primera instancia, se determinaron las técnicas como EOQ (Modelo de Tamaño Económico Básico), punto de reorden, análisis ABC y modelos para descuentos de precios, los resultados se exponen a continuación.

La Tabla No. 1 se puede apreciar los datos para el análisis A, B, C. el análisis de los datos de este modelo es con la información que se suministra en el modelo en la parte de pronósticos para que esas mismas cantidades coincidan con las cantidades de inventarios necesarias para hacer los productos.

También se menciona que las cantidades de pronósticos suministradas se relacionan con los diferentes modelos de inventarios mencionados con anterioridad.

Producto	Costo unitario	Volumen anual, unidades	Utilización anual, dólares.	Porcentaje de utilización	Clasificación del producto
A	78	100	7800	1,122	C
B	67	1700	113900	16,384	A
C	14	2700	37800	5,437	B
D	37	1200	44400	6,387	B
E	18	2200	39600	5,696	B
F	0,95	36000	34200	4,920	B
G	0,98	3500	3430	0,493	C
H	13,5	12700	171450	24,663	A
I	17,5	5000	87500	12,587	A
J	13,2	4500	59400	8,545	B
K	25	350	8750	1,259	C
L	18,5	4700	86950	12,508	A
Total		74650	695180	100,000	

Tabla 1 Datos del análisis A, B, C
Fuente: Elaboración Propia 2017

En la figura No.3, se muestra el grafico en el cual se muestra el porcentaje de los productos, del Analisis A, B, C de manera evidente los que tienen una rotación alta, media y baja. En la Tabla No. 2 se encuentran desglosados los artículos según su clasificación de acuerdo al gráfico de la figura 3.

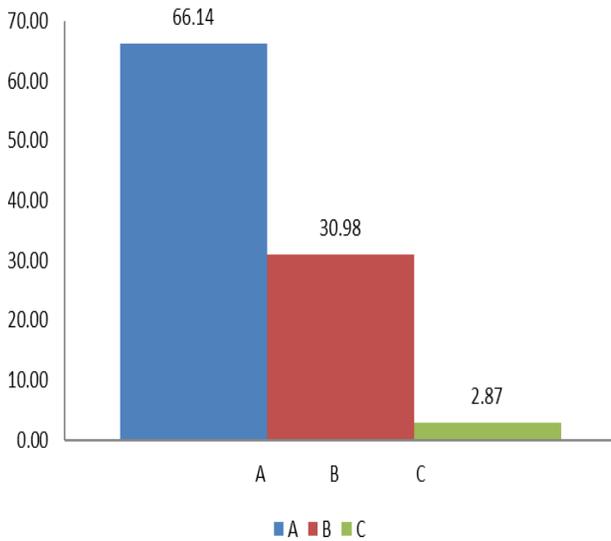


Figura 3 Analisis A, B, C
Fuente: Elaboración Propia 2017

Clasificación	Artículos	Artículos	Porcentaje
A	B, H, I, L	33,33	66,14
B	C, D, E, F, J	41,67	30,98
C	G, A, K	25,00	2,87

Tabla 2 Desgloce de los artículos A, B, C
Fuente: Elaboración Propia 2017

2.3. Tercera sección

Una vez que se han determinado los pronósticos y los inventarios se procede a trabajar con el programa maestro de producción, aquí se toman como base los datos de los pronósticos en cuanto a las cantidades de cada producto seleccionado uno de ellos que hay que producir y el tipo de inventario, para que se vayan relacionadno.

En términos del programa maestro de producción, mediante el desglose de la fórmula que aparece al inicio se obtuvo los resultados de la cantidad de inventario disponible para promesa (ATP).

En la figura No. 4 se observa la tabla en la que se aprecian los resultados del programa maestro de producción, esta herramienta presenta los inventarios disponibles de por producto, así como muestra la fecha en la que hay que realizar un pedido, para no ir a quedarse sin producto.

En esta figura también presenta la información concerniente para hacer los cambios en las cantidades de producción, así como decidir si se trata de una valla de tiempo de demanda (comprende dos o menos semanas) o una valla de tiempo de planificación que (comprende de 3 o mas semanas) toda esta información es por cada uno de los productos de la empresa.

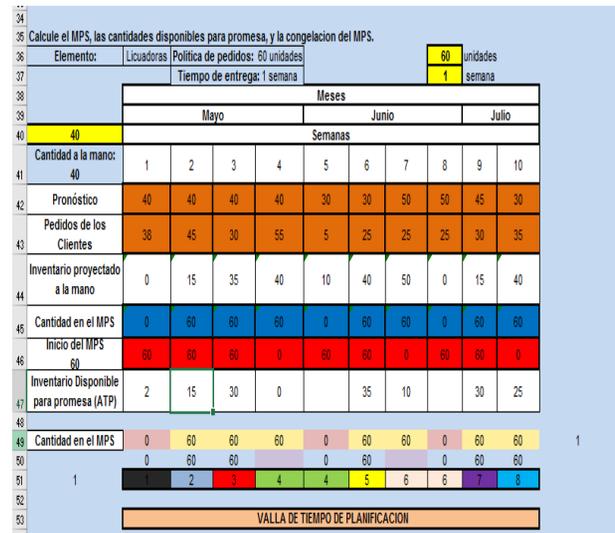


Figura 4 Resultados del MPS
Fuente: Elaboración Propia 2017

En seguida en la figura No.5 se aprecia la cuarta sección del modelo en la tabla se observa del administrador de los formatos condicionales que se usaron para realizar cada uno de los cálculos del programa maestro de producción.

2.4. Cuarta sección

En lo que respecta a la Planeación de Requerimientos de Materiales se trabajo, con los siguientes enfoques de inventario enfoques: lote por lote (LFL), cantidad conómica de pedidos (EOQ) y cantidad periódica de pedidos (POQ).

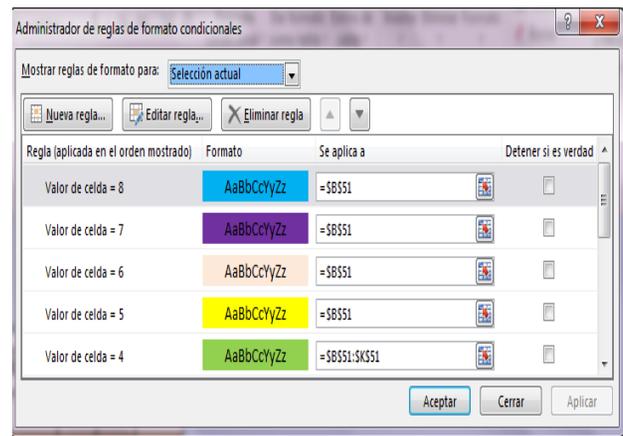


Figura. 5 Adminisrador de formatos
Fuente: Elaboración Propia 2017

En la figura No. 6 se aprecia la tabla en la que se muestran los cálculos de la Cantidad económica de pedido (EOQ) en esta técnica se determina la cantidad a ordenar y se determinan los costos de inventario y los de pedir, estos cálculos toman como base los datos del program aestro de producción, ahora para determinar los materiales.

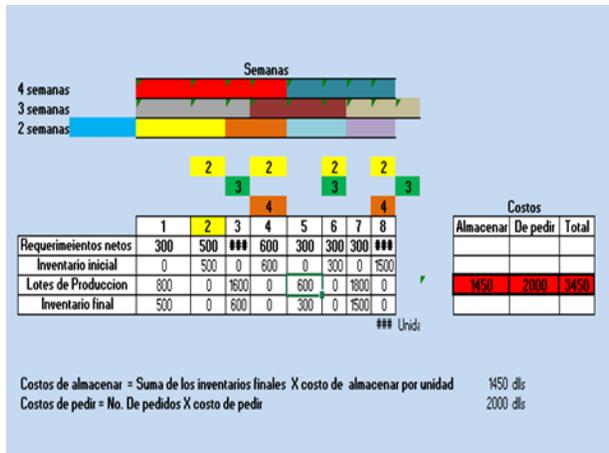


Figura 6 Cantidad Económica de Pedido
Fuente: Elaboración Propia 2017

En la figura No. 7 se observa la tabla en la que se aprecia el formato en el que se registran los componentes por nivel de acuerdo a la complejidad de cada producto, dentro de la planeación de requerimientos de materiales.

Tarjeta KANBAN				
Código de la pieza				Imagen de la pieza
Descripción				
Cantidad a pedir	Unidad de medida	Lugar de almacenamiento	Reorder	
Costo	Datos	Proveedor		
Precio	Nombre			
	Código			
	Teléfono			
	Fax			

Figura7 Kan Ban
Fuente: Elaboración Propia 2017

A continuación, se muestra en la figura No.10 la tabla con el formato en donde se muestra cada uno de los artículos, así como su tiempo de entrega, para ser procesados posteriormente, en los formatos condicionales que se utilizaron para automatizar la estructura MRP



Figura 8 Tiempos de entrega de los artículos
Fuente: Elaboración Propia 2017

2.5. Quinta sección

El siguiente punto que se analizó en el trabajo fueron las tarjetas Kan Ban, en la figura No 9 se puede observar la información de esta en donde se incluyen datos generales del proveedor (nombre, teléfono, fax código) mismos que ayudan a la localización del abastecedor.

Otros aspectos como el código de la pieza, la descripción de la misma, la cantidad que se tiene que ordenar, el costo y el precio de esta, estos datos son tomados de la lista de proveedores.

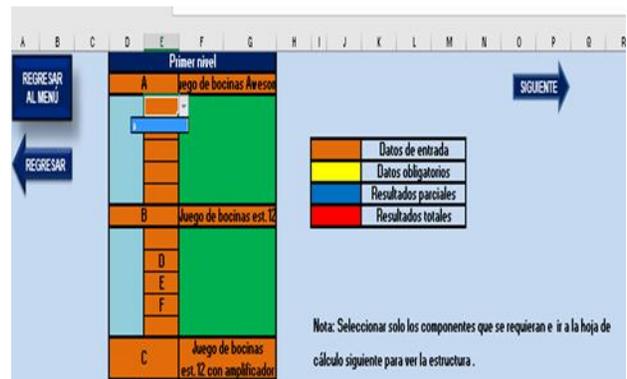


Figura 9 Estructura del producto por nivel
Fuente: Elaboración Propia 2017

En el Kan Ban también se incluye un Lay Out en donde se incluye la ubicación de cada material en los estantes (clasificándolos en piezas pequeñas, medianas y grandes). En este Lay out también se relaciona con los datos que arroja la clasificación A, B C, antes mencionada. En esta distribución se consideran si son artículos de alta rotación A, si son de mediana rotación y por último si son de baja rotación para esto se presenta la figura No. 10. Otro aspecto que considera el Lay out son los tamaños de los estantes estos relacionados directamente con las demandas de producto suministradas en el programa maestro de producción.

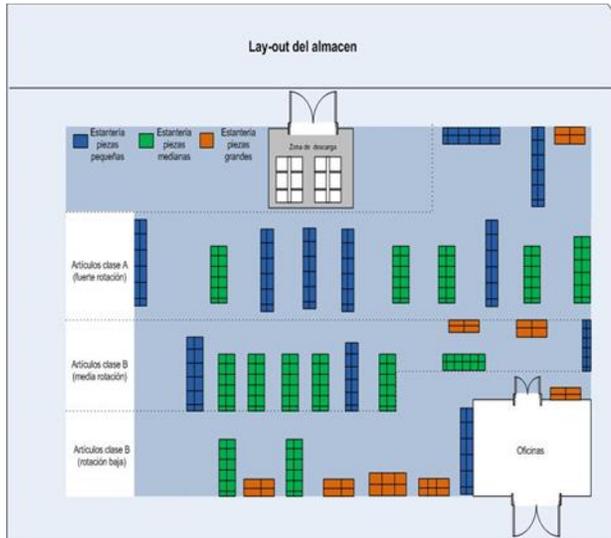


Figura 10 Lay Out Kan Ban
Fuente: Elaboración Propia 2017

2.6. Sexta sección

En la Planeación de los requerimientos de distribución (PRD) se puede observar en la figura No. 11 el flujo de pedido de producto, así como el flujo de distribución, también se aprecia el número de centros de distribución a los cuales la planta o fábrica tiene que surtir. A la planeación de requerimiento de distribución le suministra información el programa maestro de producción y la planeación de requerimiento de materiales, para realizar los cálculos de los diferentes envíos.

Esta figura indica el costo de transporte de enviar a cada centro de distribución, así como la planta, y muestra los costos totales de distribución. Este esquema proporciona la información si hay faltantes entre los centros de distribución, recalcula los traslados entre almacenes con sus respectivos costos de transporte.

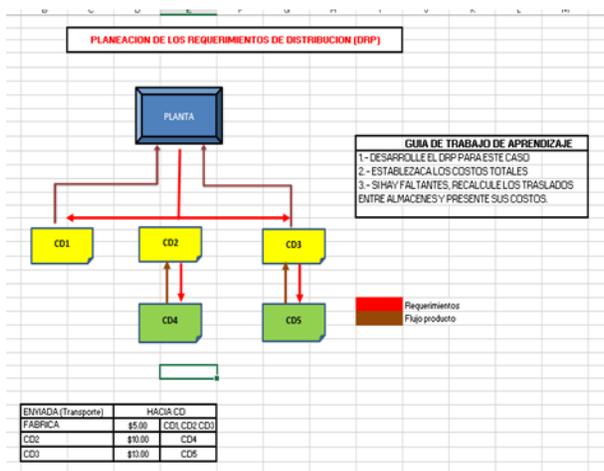


Figura. 11 Estructura DRP
Fuente: Elaboración Propia 2017

En la planeación de requerimientos de distribución se observa el formato en el que se muestran los cálculos de cada centro de comercialización, así como los requerimientos por día de cada centro para posteriormente ser enviados a la planta. También presenta el inventario disponible, las cantidades de stock de seguridad, el tiempo de suministro, el inventario final. El DRP da las cantidades exactas de las necesidades brutas de cada centro de distribución para inmediatamente ser enviadas a la planta o fábrica y ser atendidas, se observan en la figura No. 12.

2.7. Séptima sección

En esta última etapa que comprende el modelo se trabaja con la parte de los programas de producción que comprende la planeación agregada en cuanto a los tipos de opciones para producir, se analizan los costos en cuanto a producir constante durante el tiempo que dure el programa, una segunda opción se analiza trabajar con la demanda mensual más baja, tercera opción producir mediante contratación y despidos y la última el utilizar el tiempo extra cuando sea necesario.

PLANEACION DE LOS RECURSOS DE DISTRIBUCION											
CENTRO DE DISTRIBUCION - C1											
II	SS	TS	Dias								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
1350	50	2	NB CD1	140	110	100	180	200	220	180	190
			NB CD4	115	150	180	0	0	0	0	0
			NB Total	255	260	280	180	200	220	180	190
			ID	1350	1095	835	555	375	225	5	0
			NN	0	0	0	0	0	225	190	190
			FP								
			IF	1095	835	555	375	175	5	0	0
FABRICA											
II	SS	TS	Dias								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
1950	50	2	NB CD1	0	0	0	0	225	190	0	0
			NB CD2	0	0	0	0	0	180	0	0
			NB Total	0	0	0	0	225	370	0	0
			ID	1950	1850	1850	1850	1850	1625	1255	1255
			NN	0	0	0	0	0	0	0	0
			FP								
			IF	1850	1850	1850	1850	1625	1255	1255	1255

II Inventario inicial
 SS stock de seguridad
 TS tiempo de suministro, fabricación o lead time.
 NB Necesidades Brutas
 ID Inventario Disponible
 NN Necesidades Netas
 FP Fecha del pedido
 IF Inventario Final

NOTA: se puede utilizar pero en el siguiente pedido deberá reponerse inmediatamente

Figura 12 Cantidades exactas DRP
Fuente: Elaboración Propia 2017

3. Resultados

Como uno de los productos se diseñó la estructura del modelo para realizar la primera fase, teniendo una idea general de lo que abarca el modelo, se muestra visualmente el orden de los factores involucrados en el programa, así como también la relación entre un tema y otro.

De tal manera que permite tener un concepto amplio en lo que consistirá la primera parte, puesto que en forma cronológica y con distintas formas se puede reconocer inmediatamente cual factor se desglosa de otro, el seguimiento mediante esta estructura es fácil y sencillo para tener una noción de los puntos que englobará el modelo.

En la figura No. 13 se presentan los menus del modelo como los son los siguientes: (Pronostico, Inventarios, Planeación agregada Programa Maestro de Producción, Planeación de requerimiento de Materiales, Sistema Kan Ban y la Planeación de Requerimientos de Distribución).

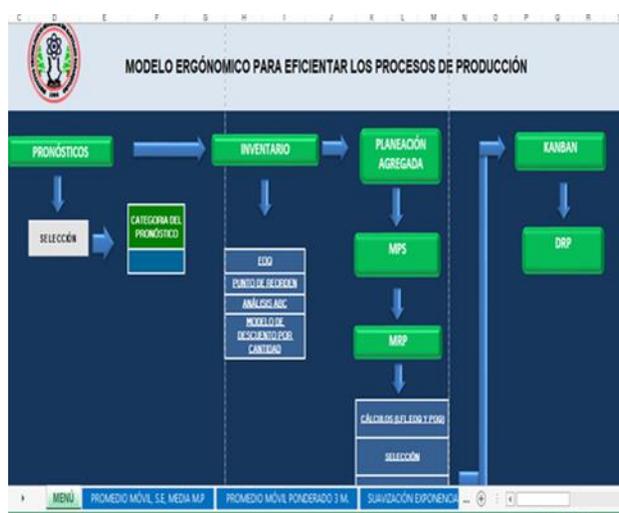


Figura 13 Estructura del Modelo
Fuente: Elaboración Propia 2017

Aplicación del modelo en la empresa MUDYM

Mudym es una empresa ubicada en Santiago Papasquiario, Dgo., dedicada a la fabricación de comedores y antecomedores de madera, destacando en los productos más conocidos: Tokio 4 sillas (T4S), Tokio 6 sillas (T6S), Burdeos 4 sillas (B4S), Burdeos 6 sillas (B6S) y Sevilla 8 sillas (S8S), la fábrica desea saber el pronóstico esperado para enero del siguiente año, utilizando promedio móvil y suavizado exponencial, para tres y cuatro meses. También se desea que conocer la determinación del número de comedores que se debe obtener en cada orden, el punto de reorden, la clasificación de los productos, descuentos por precios, costos según diferentes variables de producción para un futuro intermedio, fechas de entrega, costos de almacenar y de pedir, requerimientos de materiales, número de Kanban y requerimientos de distribución.

A continuación, se muestran los datos proporcionados por la empresa, en la tabla No.3.

El programa arroja los siguientes resultados como se aprecia en la Tabla No. 1:es	(T4S)	(T6S)	(B4S)	(B6S)	(S8S)	Total
Enero	30	60	8	38	14	150
Febrero	30	60	8	38	14	150
Marzo	30	60	8	38	14	150
Abril	30	60	8	38	14	150
Mayo	30	60	8	38	14	150
Junio	30	60	8	38	14	150
Julio	30	60	8	38	14	150
Agosto	30	60	18	38	4	140
Septiembre	75	150	150	94	38	508
Octubre	75	150	150	150	150	675
Noviembre	75	150	150	150	150	675
Diciembre	75	150	150	150	150	675

Tabla 3 Datos empresa MUDYM
Fuente: Elaboración Propia 2017

Los artículos con mayor rotación son los comedores Sevilla 8 sillas (S8S), Burdeos 6 sillas (B6S) y Tokio 6 sillas (T6S), posteriormente Tokio 6 sillas (T4S) y Burdeos 4 sillas (B4S).

En la figura No. 16 se observan los resultados de los promedios móviles aplicados en la empresa MUDYM.

	Ventas reales	Promedio móvil	Promedio móvil	Suavizado exponencial	Suavizado exponencial	Media móvil ponderada
Mes	Comedores	3 meses	4 meses	3 meses	4 meses	
Enero	150	0	0	0	0	0
Febrero	150	0	0	0	0	0
Marzo	150	0	0	0	0	0
Abril	150	150	0	150	0	150
Mayo	150	150	150	150	150	150
Junio	150	150	150	150	150	150
Julio	150	150	150	147	147	150
Agosto	150	147	148	148	148	148
Septiembre	375	147	148	216	216	147
Octubre	375	222	204	358	346	281
Noviembre	375	400	326	480	437	408
Diciembre	375	375	499	504	431	426
Enero	375	375	500	473	420	375

Pesos aplicados	Periodo	
3	Últimos	Ventas del último mes
2	Híco 2 meses	Ventas de los 2 meses
1	Híco 3 meses	Ventas de los 3 meses
6	Suma de los pesos	

Figura 14 Promedios móviles empresa MUDYM
Fuente: Elaboración Propia 2017

En la figura No. 15 se muestran los artículos con mayor rotación de la empresa MUDYM.

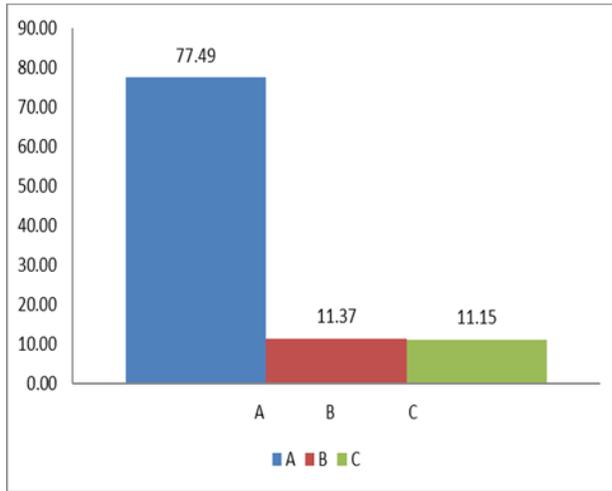


Figura 15 Artículo con mayor rotación
Fuente: Elaboración Propia 2017

El modelo para eficientar los procesos de producción beneficiará a todas las empresas en las que se desee calcular pronósticos, inventarios, planes de producción, programas de producción, requerimientos de materiales, número de kanban y planeaciones de requerimientos de producción.

Al contar con un modelo que sirva de referencia en cuestiones de ingeniería industrial le dará al Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiario promoción y presencia en la elaboración de este tipo de modelos en la carrera nivel regional, nacional y mundial, además que servirá como guía para los profesores y estudiantes de la carrera de ingeniería industrial o de otras especialidades en las que se traten temas que incluye el modelo

4. Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Santiago papasquiario y a la empresa MUDYM por todas las facilidades otorgadas en la realización de este proyecto, así como a los estudiantes que participaron en el y profesores investigadores que participaron en este proyecto de investigación aplicada les agradecemos inmensamente todo su apoyo y colaboración.

5. Conclusiones

El diseño del “Modelo ergonómico para eficientar la producción” fue un proyecto realizado en colaboración con docentes del ITSSP quienes brindaron apoyo certero de diferente manera en cada uno de los aspectos abordados en el programa.

Principalmente se rescata el hecho de que el modelo cumple exitosamente con las expectativas planteadas al inicio, ya que efectivamente este resuelve los cálculos y problemas referentes a pronósticos, inventarios de diferentes modelos, planeación agregada, kanban, plan maestro de producción, plan de requerimientos de materiales y plan de distribución de materiales.

En cuanto a la toma de decisiones, también el programa determina los resultados finales que sirven como base al interesado, para analizar y comparar las diferentes opciones que tiene y consecuentemente elegir la mejor opción a la organización empresarial.

6. Referencias

- ADAM, E.E., & Ebert, R.J. (1991). Administración de la producción y de las operaciones: Conceptos, modelos y funcionamiento. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.
- ANAYA, J. J. (2008). Almacenes: Análisis, diseño y organización. España: ESIC.
- BALLOU, R. H. (2004). Logística: Administración de la Cadena de Suministro. México: Pearson Educación.
- BULLINGER, H., Rally, P., Schipfer, J., (1997). “Some aspects of ergonomics in assembly planning”. *Int.J.Ind.Ergon*, 20, 389–397.
- BOWERSOX, D.J., Closs, D.J. y Cooper, M.B. (2007). Administración y logística en la cadena de suministros. México: McGraw-Hill Interamericana.
- CHAPMAN, S.N., & Montserrat, J.H. (2006). Planificación y control de la producción. México: Pearson Educación.
- CHASE, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Milanés, J. Y., Sacristán, P. M., & Staines, G. M. (2005). Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. México, D. F.: McGraw-Hill.
- CHAVES, E. (2005). Administración de materiales. San José: Editorial UNED.
- CRUZ, J. A., y Garnica, G.A. (2001). Principios de ergonomía. Bogotá: Géminis Ltda.

- CUATRECASAS, L. (2009). Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexibles. Barcelona: Profit Editorial.
- DE LA FUENTE, D., García, N., Gómez, A., y Puentes, J. (2006). Organización de la producción de ingenierías. España: Universidad de Oviedo.
- EPPEN, G.D. (2000). Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. México: Prentice-Hall.
- ESCUADERO, M.J. (2011). Gestión de aprovisionamiento: administración. España: Paraninfo, SA.
- GAITHER, N. y Frazier, G. (2000). Administración de producción y operaciones. México: International Thomson Editores.
- GROOVER, M.P., Roberto, C.P., Brito, J.E., & Elmer, M.M. (2007). Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, procesos y sistemas. México, DF: McGraw-Hill.
- HANKE, J.E., y Wichern, D.W. (2006). Pronósticos en los negocios. México: Pearson educación.
- HEIZER, J., y Render, B. (2004). Principios de administración de operaciones. México: Pearson Educación.
- IPINZA, F.D. (2004). Administración y dirección de la producción: Enfoque estratégico y de calidad. Lima: Pearson Educación.
- KEAT, P., y Young, P.K. (2004). Economía de empresa. México: Pearson educación.
- KRAJEWSKI, L.J., Ritzman, L.P., & Carlos, G.R. (2000). Administración de operaciones: Estrategia y análisis. México: Pearson Educación.
- SÁEZ María, S. A., & M.P. (2005). Curso básico de estadística para economía y administración de empresas. Santander: Servicios de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- MIGUEZ, M., y Bastos, A.I. (2006). Introducción a la gestión de stocks: El proceso del control, valoración y gestión de stocks. España: Ideas propias.
- MONTERO, J.M. (2007). Estadística descriptiva. España: Thomson Ediciones Paraninfo.
- MORILLO, A.D (2015). Gestión de pedidos y stock. España: Paraninfo.
- MUELLER, M. (2005). Fundamentos de administración de inventarios. Bogotá: Norma.
- MUÑOZ, D.F. (2009). Administración de operaciones: enfoque de administración de procesos de negocio. México: Cengage Learning.
- ORIET, L., Ewasyshyn, F., (1998). "Ergonomic implications for new technology guidelines for automotive manufacturers". En: Kumar, S. (Ed.), Advances in Occupational Ergonomics and Safety, (pp.657–660), Amsterdam: IOS Press.
- RENDER, B., y Heizer, J. (2009). Principios de administración de operaciones. México: Pearson Educación.
- ROBUSTÉ, F. (2005). Logística del transporte. Barcelona: UNIVERISAD Politècnica de Catalunya.
- TALAYA, A.E., García, J., Narros, M.J., Olarte, C., Reinares, E.M., y Saco, M. (2006). Principios de marketing. Madrid: ESIC.

Descomposición en modos empíricos y su aplicación en la detección de fallas en rodamientos

Empirical mode decomposition and its application in bearing fault detection

HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo†* & FLORES-RAMIREZ, Oscar

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

ID 1^{er} Autor: Erick Eduardo, Huesca-Lazcano / **ORC ID:** 0000-0002-0505-8442, **Researcher ID Thomson:** F-1162-2018, **Open ID:** 357590366000, **CVU CONACYT:** 223342

ID 1^{er} Coautor: Oscar, Flores-Ramírez / **ORC ID:** 0000-0001-9884-9499, **Researcher ID Thomson:** E-8242-2018, **arXiv Autor ID:** 429567-444L3Z-UIWFRF, **CVU CONACYT ID:** 92914

Recibido 20 de Abril, 2018; Aceptado 28 Junio, 2018

Resumen

El mantenimiento correctivo tiene la ventaja de utilizar completamente la vida útil de los componentes, pero es afectado con tiempos de paro prolongados, dado que no hay manera de agendar dicho mantenimiento. Trae consigo el riesgo de daño secundario y en el peor de los casos fallas catastróficas. Actualmente, los sistemas de monitoreo de condición disponibles comercialmente para turbinas eólicas están basados principalmente en el análisis de vibración de distintos componentes rotatorios, entre los cuales se encuentran los rodamientos. Las fallas en rodamientos no causan paros inmediatos, estas se desarrollan con el tiempo hasta producir una falla crítica por lo tanto es importante monitorear las frecuencias características de fallas en los rodamientos, dichas frecuencias pueden estar ocultas en el espectro de frecuencias tradicional. Se propone la descomposición en modos empíricos como un método de preprocesamiento de las señales de vibración para que en conjunto con técnicas tradicionales de análisis en el dominio de frecuencia sea posible detectar las fallas comunes de los rodamientos. Los resultados se validan con datos experimentales.

Rodamientos, EMD, Detección de fallas

Abstract

Corrective maintenance has the advantage of fully utilizing the life of the components, but is typically affected by prolonged shutdown times, since there is no way to schedule such maintenance. It also brings with it the risk of secondary damage and in the worst-case catastrophic failures. Currently, commercially available condition monitoring systems for wind turbines are based primarily on the vibration analysis of various rotating components, among which are the bearings. Bearing failures do not cause immediate stoppages, they develop over time to produce a critical fault therefore it is important to monitor the characteristic frequencies of bearing faults, these frequencies may be hidden in the traditional frequency spectrum. There are methods such as envelope analysis that can detect these frequencies, but have the drawback of requiring very high sampling frequencies. That is why the decomposition in empirical ways is proposed as a method of preprocessing the vibration signals so that together with traditional analysis techniques in the frequency domain it is possible to detect the common faults of the bearings. The results are validated with experimental data.

Bearings, EMD, Fault detection

Citación: HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo & FLORES-RAMIREZ, Oscar. Descomposición en modos empíricos y su aplicación en la detección de fallas en rodamientos. Revista de Ingeniería Industrial. 2018. 2-4: 21-28.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

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

1. Introducción

Actualmente existe un interés especial en el desarrollo de plantas de generación de energías renovables, entre estas se incluyen los parques fotovoltaicos y los parques eólicos. Estos últimos están compuestos por turbinas eólicas, las cuales, poseen un comportamiento dinámico muy complejo. Es importante que dichas turbinas estén siempre en las mejores condiciones para aprovechar al máximo su capacidad nominal de generación. Es por eso que llevar a cabo un programa de mantenimiento es de vital importancia para asegurar el máximo rendimiento.

Los métodos tradicionales de mantenimiento aplicados a rodamientos de las turbinas eólicas se basan en su reemplazo programado a intervalos de operación fijos. Este tiempo de reemplazo se establece con información estadística de las fallas. Este método muy popular actualmente no es eficiente ya que si se reemplaza de manera prematura constituye en un desperdicio en la vida útil de operación del rodamiento.

Una metodología más eficiente en el mantenimiento de maquinaria, es el mantenimiento basado en el monitoreo de condición, en este se determina la condición actual de la maquinaria basado en la información proporcionada por distintos sensores los cuales pueden ser de temperatura, sonido, vibración, voltaje, corriente, etc.

Las señales de diferentes transductores proveen una serie temporal que contiene, en el caso de una malfunción, todos los síntomas relacionados a esta. En muchos casos no es fácil o incluso puede ser imposible distinguir la malfunción directamente en la serie temporal, debido a que la serie puede estar contaminada con ruido. Aun cuando existe la posibilidad de detectar la malfunción directamente en la serie temporal, si este fuera el caso, se necesitaría de personal técnico altamente calificado para analizar la información y poder diagnosticar la malfunción. Para superar lo anterior, es posible manejar estos datos en un segundo paso conocido como extracción de parámetros característicos, en este paso es posible utilizar varias transformaciones de la entrada para producir nuevas salidas conocidas como parámetros característicos.

Un parámetro característico es cualquier propiedad peculiar o cualidad, y podría ser simbólica o numérica. En este trabajo se propone la transformación de la señal utilizando la descomposición en modos empíricos para facilitar el diagnóstico y cuantificación del daño en los rodamientos.

La estructura del trabajo consiste en una breve introducción de los componentes de los rodamientos, así como las frecuencias características de los defectos, a continuación, se describe brevemente la descomposición en modos empíricos. Posteriormente se detalla la obtención de los datos experimentales utilizados en el presente estudio. Con estos datos se trabaja la metodología propuesta y finalmente se presentan los resultados.

2. Marco Teórico

Frecuencias características de un rodamiento

Los rodamientos consisten de cuatro componentes: pista externa, pista interna, elementos rodantes y jaula. Los rodamientos defectuosos generan vibraciones iguales a la velocidad rotacional de cada componente. Las frecuencias de vibración se relacionan de manera importante a la rotación de los elementos rodantes, la jaula y al paso de los elementos rodantes sobre las pista exterior e interior. Las frecuencias asociadas con defectos sobre la pista interior y exterior están dadas por las siguientes expresiones.

Defectos en la pista interna

$$f_{ir} = \frac{n}{2} f_r \left(1 + \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \quad (1)$$

Defectos en la pista externa

$$f_{or} = \frac{n}{2} f_r \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \quad (2)$$

Donde f_r es la frecuencia rotacional de la pista interna, es decir, la velocidad rotacional del eje, d es el diámetro del elemento rodante, D entre los centros de elementos rodantes opuestos, n es el número de elementos rodantes, α es el ángulo de contacto.

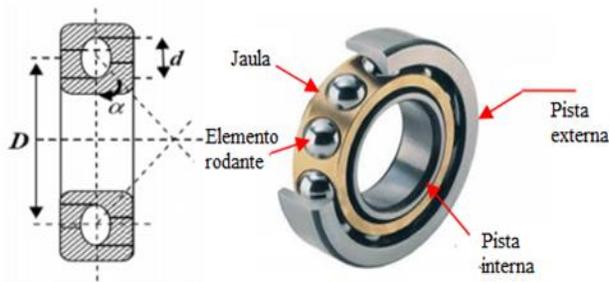


Figura 1 Componentes de un rodamiento

Fuente: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X1730159>

Descomposición en modos empíricos

Las técnicas de procesamiento de señales tradicionales, incluyendo los análisis en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia son basadas en la suposición de que las señales a procesar son lineales y/o estacionarias. La descomposición en modos empíricos ha mostrado ser adaptable en aplicaciones en donde la señal no es estacionaria. La principal función de la descomposición en modos empíricos es descomponer la señal original de vibración en distintas señales llamadas funciones de modo intrínseco (IMF), una IMF, es una función que:

1. Tiene solo un extremo entre 2 cruces por cero consecutivos.
2. Su valor medio es cero.

El algoritmo ocupado para obtener las funciones de modo intrínseco de la señal $x(t)$ se puede resumir de la siguiente forma:

1. Inicializar $r_0 = x(t)$ e $i = 1$
2. Extraer el i -ésimo IMF h_i
 - a. Inicializar $c_{i(k-1)} = r_{i-1}$, $k = 1$
 - b. Extraer los máximos y mínimos locales de $c_{i(k-1)}$
 - c. Interpolar los máximos locales y los mínimos por splines cúbicas para formar las envolventes superior e inferior de $c_{i(k-1)}$
 - d. Calcular la media $m_{i(k-1)}$ de las envolventes superior e inferior de $c_{i(k-1)}$
 - e. Definir $c_{ik} = c_{i(k-1)} - m_{i(k-1)}$
 - f. Si c_{ik} es un IMF entonces $h_i = c_{ik}$, en caso contrario ir al paso b) con $k = k + 1$
3. Definir el residuo $r_{i+1} = r_i - h_i$

4. Si r_{i+1} todavía tiene al menos 2 extremos entonces ir al paso 2 con $i = i + 1$, en caso contrario el proceso de la descomposición es finalizado y r_{i+1} es el residuo de la señal.

La implementación de la descomposición es un proceso basado en los datos, por lo tanto, no se requiere de ningún conocimiento previo de la señal o de la máquina.

El algoritmo nos proporciona m IMFs, los cuales incluyen diferentes bandas de frecuencia de mayor a menor, es decir, en los primeros IMFs encontraremos anchos de banda de frecuencia alta, así sucesivamente hasta llegar al último IMF, el cual se conoce como residuo, y marca la tendencia de la señal.

3. Plataforma experimental

Los datos de vibración analizados en este trabajo fueron obtenidos del centro de datos de rodamientos de Case Western Reserve University.

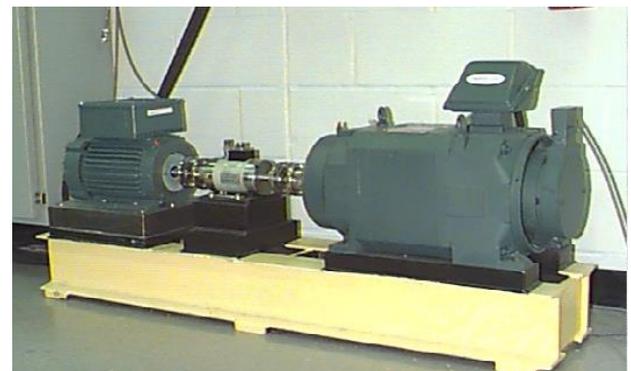


Figura 2 Plataforma experimental

Fuente: <http://csegroups.case.edu/bearingdatacenter/pages/apparatus-procedure>

Como se muestra en la figura 2, la plataforma experimental consiste de un motor de 2 HP (izquierda), un transductor/encoder (centro), un dinamómetro (derecha) y un control electrónico, el cual no se muestra en la figura. El transductor/encoder es usado para obtener la velocidad y la carga del motor la cual es controlada por el dinamómetro. Los rodamientos de prueba soportan el eje del motor en el lado impulsor. Las fallas fueron introducidas en los rodamientos utilizando el mecanizado por electroerosión con diámetros de falla de 0.1778 mm, 0.3556 mm y 0.5334 mm.

Los datos de vibración son obtenidos utilizando una frecuencia de muestreo de 12 kHz y en particular los datos ocupados en este trabajo corresponden al análisis del motor sin carga. Para este caso la velocidad de giro del motor es de 1797 rpm, es decir $f_r = 29.95 \text{ Hz}$.

Los rodamientos utilizados en la plataforma experimental son de la marca SKF, modelo 6205-2RS JEM, con ayuda de la expresión (1) se calcula la frecuencia de los defectos de pista interna, la cual es $f_{ir} = 162.18 \text{ Hz}$.

En los gráficos 1 a 4 se muestran las señales de vibración en el dominio del tiempo, y en los gráficos 5 a 8 se muestran sus espectros respectivos.

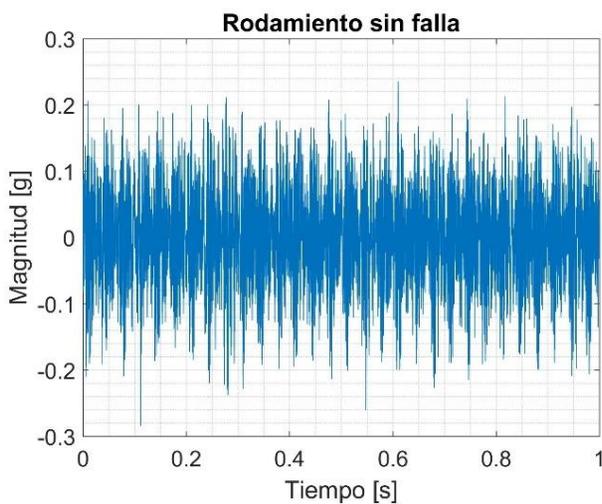


Gráfico 1 Serie de tiempo del rodamiento sin falla
Fuente: Elaboración Propia

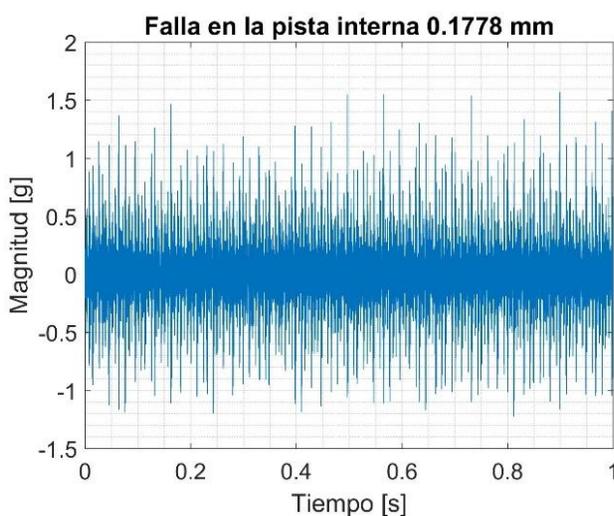


Gráfico 2 Serie de tiempo del rodamiento con falla en la pista interna de 0.1778 mm
Fuente: Elaboración Propia

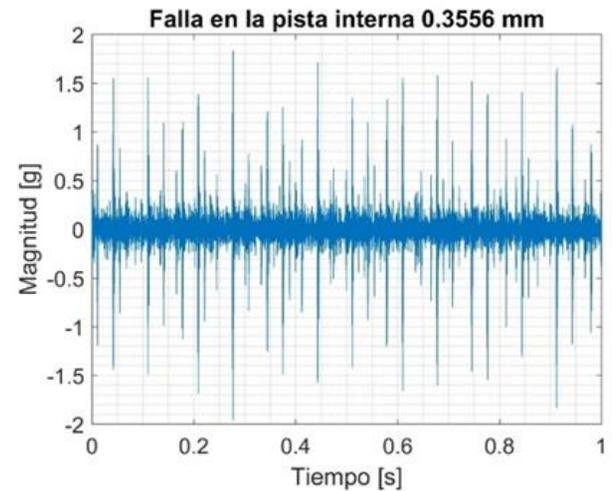


Gráfico 3 Serie de tiempo del rodamiento con falla en la pista interna de 0.3556 mm
Fuente: Elaboración Propia

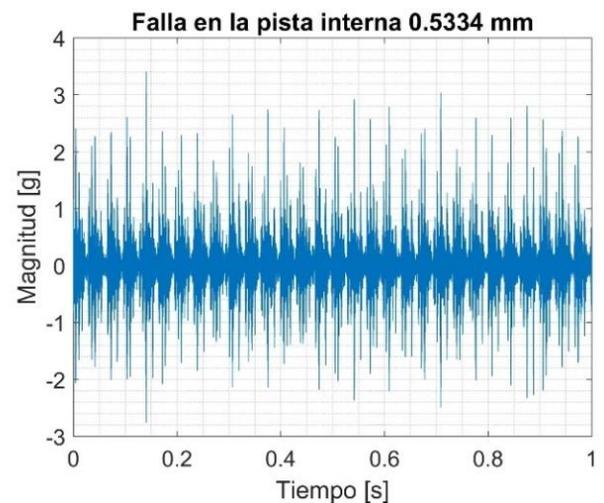


Gráfico 4 Serie de tiempo del rodamiento con falla en la pista interna de 0.5336 mm
Fuente: Elaboración Propia

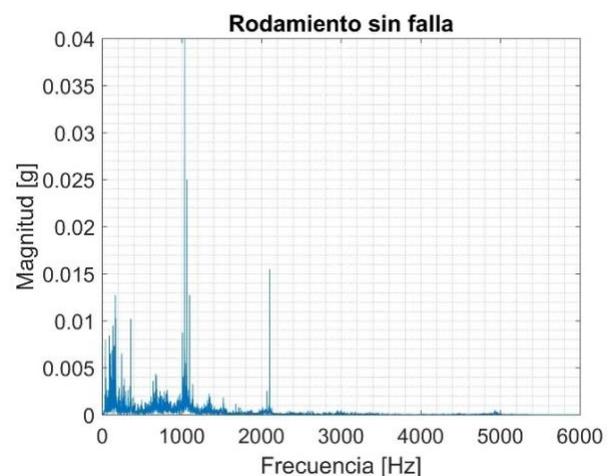


Gráfico 5 Espectro del rodamiento sin falla
Fuente: Elaboración Propia

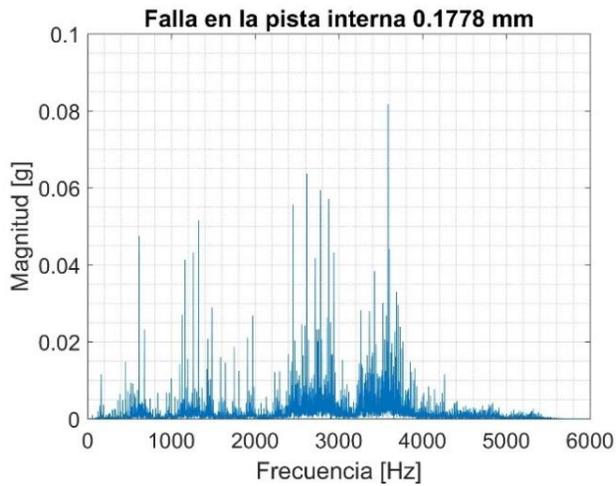


Gráfico 6 Espectro del rodamiento con falla en la pista interna de 0.1778 mm

Fuente: Elaboración Propia

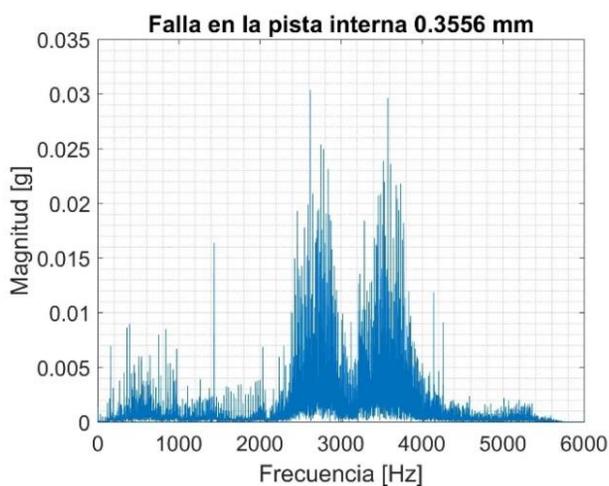


Gráfico 7 Espectro del rodamiento con falla en la pista interna de 0.3556 mm

Fuente: Elaboración Propia

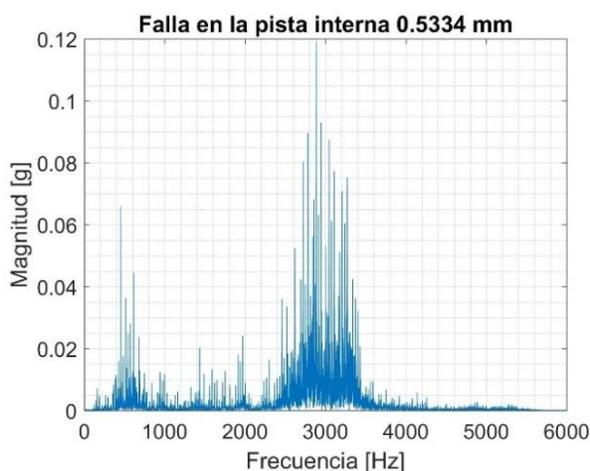


Gráfico 8 Espectro del rodamiento con falla en la pista interna de 0.5334 mm

Fuente: Elaboración Propia

4. Metodología

Como se puede observar en los gráficos anteriores, es posible identificar la falla a partir de las figuras, ya que es posible observar a simple vista como las amplitudes de la vibración y sus espectros correspondientes cambian, lo que no se puede decir, es el tipo de falla y la severidad de la falla. La metodología propuesta consiste en evaluar la condición de los rodamientos a partir del análisis del espectro de frecuencia cada uno de los IMF's, con el objetivo de localizar un cambio en las frecuencias características de los defectos.

En este estudio en particular nos concentramos en identificar los defectos de pista interna, es por eso que nuestra tarea se centra en buscar picos en el espectro de cada uno de los IMF's alrededor de la frecuencia de 162.18 Hz.

Como se describió en el párrafo anterior, hemos propuesto una forma de identificar la falla, por lo que ahora se propone la siguiente metodología para cuantificar la severidad de la falla. La propuesta en este trabajo consiste en calcular la energía de cada uno de los IMF's utilizando la siguiente expresión:

$$E_i = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i^2} \quad (3)$$

Una vez que se ha obtenido la energía individual, se calcula la energía total de la señal, sumando cada una de las energías individuales, esto es:

$$E = \sum_{i=1}^m E_i \quad (4)$$

Con los datos anteriores obtenemos el porcentaje de energía de cada uno de los IMF's, con ayuda de la siguiente expresión:

$$P_i = \frac{E_i}{E} \quad (5)$$

Al comparar la distribución de energía en cada IMF, podemos cuantificar la severidad de la falla, esto principalmente debido a que debido a las características frecuenciales de la falla en análisis implica que el contenido frecuencial de la señal se hará más rico en las frecuencias altas, y al aumentar la severidad del defecto ocasionará una mayor amplitud de vibración en frecuencias altas, haciendo que las energías de los primeros IMF's aumenten.

5. Resultados

En primer lugar, mostramos cada una de las descomposiciones de las señales ocupadas en este trabajo, cabe mencionar que una vez que se introduce la falla en el sistema, la dinámica no lineal se hace presente aumentando la complejidad del sistema, reflejándose en el aumento del número de modos cuando la severidad de la falla aumenta.

Como se puede observar en el gráfico 1 que corresponde a la descomposición del rodamiento sin defecto el número de modos obtenidos son 12, mientras que, para el mayor defecto, esto es, 0.5334 mm el número de IMF's ha aumentado a 13.

De la misma forma en los gráficos se puede observar como el ancho de banda va disminuyendo en cada IMF, esto significa que las frecuencias mayores se concentrarán en los primeros IMF's y las frecuencias más bajas estarán presentes en los últimos IMF's.

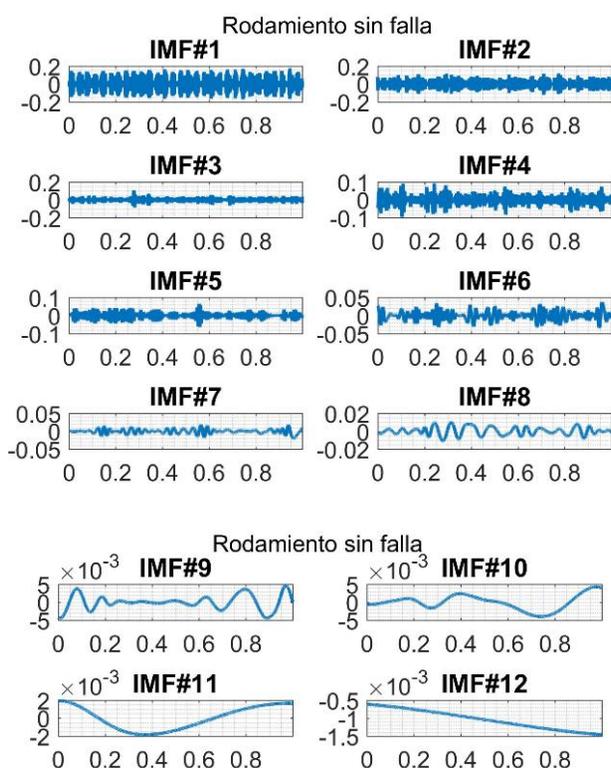


Gráfico 9 Descomposición de la señal de vibración del rodamiento sin falla
Fuente: Elaboración Propia

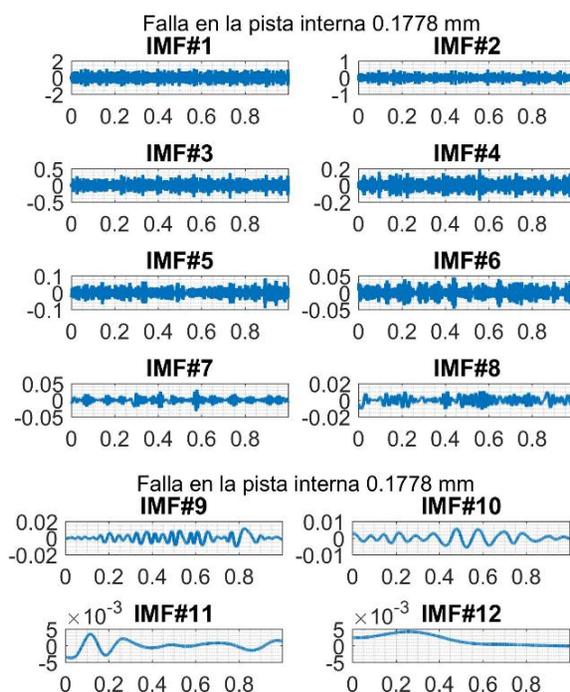


Gráfico 10 Descomposición de la señal de vibración del rodamiento con falla 0.1778 mm
Fuente: Elaboración Propia

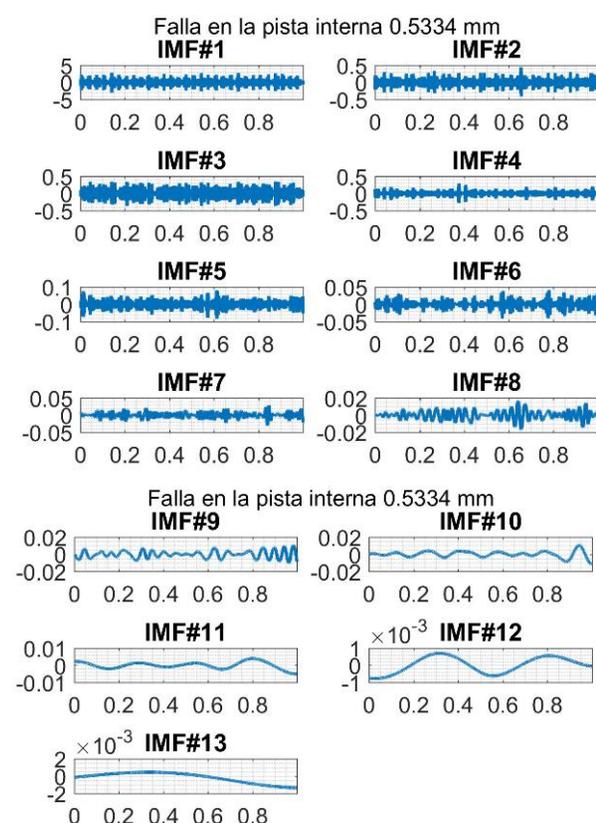


Gráfico 11 Descomposición de la señal de vibración del rodamiento con falla 0.5334 mm.
Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó anteriormente nos concentraremos en los espectros de los modos que contengan la frecuencia del defecto.

En el gráfico 12 se observa claramente un pico en la frecuencia de 161.9 Hz en el IMF 6 del rodamiento con falla de 0.01778 mm, de la misma manera en el gráfico 13 se observa el un pico en el IMF 6 del rodamiento con falla de 0.3556 mm a 161.9 Hz, dicha frecuencia corresponde con la frecuencia característica de la falla en análisis.

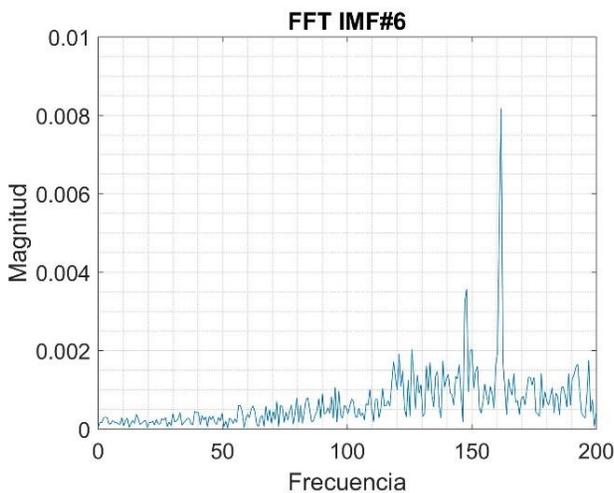


Gráfico 12 Pico en el espectro 161.9 Hz del IMF #6 del rodamiento con falla 0.1778 mm

Fuente: Elaboración Propia

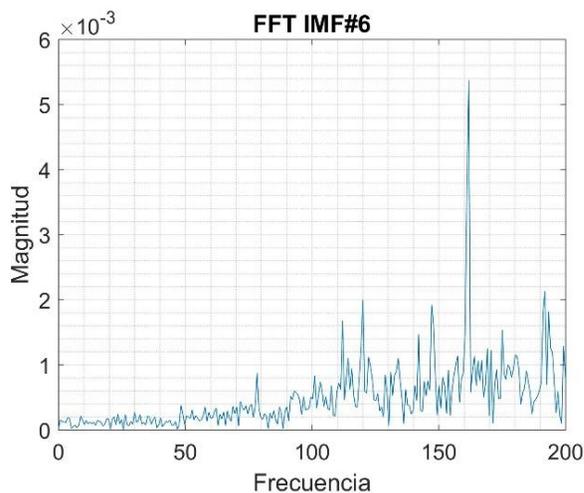


Gráfico 13 Pico en el espectro 161.9 Hz del IMF #6 del rodamiento con falla 0.3556 mm

Fuente: Elaboración Propia

Una vez que se ha identificado la falla ahora corresponde cuantificarla, en el gráfico 14 se puede observar la distribución energética de la señal en cada IMF. La línea azul corresponde a la distribución energética del rodamiento sin falla, en este caso la mayor concentración de energía se da en el primer modo con un 30%, conforme el defecto aumenta la distribución energética en el primer modo va aumentando, y este aumento es consistente con la severidad del defecto.

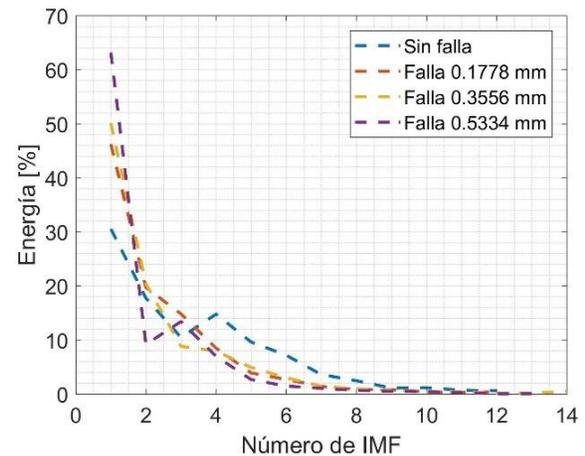


Gráfico 14 Porcentajes de energía para cada IMF

Fuente: Elaboración Propia

6. Conclusiones

Se presenta una herramienta alternativa en el procesamiento de señales, destacando como principal ventaja su adaptabilidad. Al analizar de manera individual cada uno de los IMF, es más fácil analizar las frecuencias características de los defectos en los rodamientos. Además, se presenta un criterio energético simple para cuantificar la severidad de la falla. Aun cuando la descomposición en modos empíricos resulta una herramienta robusta y adaptable, es importante mencionar que tiene ciertos inconvenientes, entre ellos algo que se conoce como la mezcla de modos, lo que pudiera ocasionar que no siempre la frecuencia de importancia aparezca en un solo IMF, por el contrario, esa frecuencia aparecería en más de un modo, dificultando la identificación de fallas.

7. Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro se pretende diseñar un sistema automatizado inteligente que disminuya en la medida de lo posible la interacción de un experto.

Referencias

Lotfi, S., Jaouher, B. A., Farhat, F. (2014). Bi-spectrum based-EMD applied to the non-stationary vibration signals for bearing faults diagnosis. *ISA Transactions*, 53(5), 1650-1660.

Boudiaf, A., Moussaoui, A., Dahane, A., Atoui, I. (2016). A comparative study of various methods of bearing fault diagnosis using the Case Western Reserve University data. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 16(2), 271-284.

HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo & FLORES-RAMIREZ, Oscar. Descomposición en modos empíricos y su aplicación en la detección de fallas en rodamientos. *Revista de Ingeniería Industrial*. 2018.

Santhana Raj, A., Murali, N. (2013). Early classification of bearing faults using morphological operators and fuzzy inference. *IEEE Transactions on industrial electronics*, 60(2), 567-574.

Aguirre-Echeverry, C. A., Mejia-Henao, J. D., Cardona-Morales, O., Castellanos-Dominguez, G. (2014). Identificación mejorada de componentes en baja frecuencia de turbinas eólicas empleando EEMD e integración en el tiempo. *Energetica*, 44, 85-91.

Amirat, Y., Benbouzid, M., Wang, T., Turri, S. (2014). Performance analysis of an EEMD-based Hilbert Huang transform as a bearing failure detector in wind turbines. *First International conference on green Energy*, 193-198.

Amirat, Y., Choqueuse, V., Benbouzid, M. E. H. (2010). Condition monitoring of wind turbines based on amplitude demodulation. *Proceedings of the 2010 IEEE ECCE*, 2417-2421.

Wu, Z. H., Huang, N. E. (2009). Ensemble empirical mode decomposition: A noise-assisted data analysis method. *Advances in Adaptive Data Analysis*, 1(1), 1-41.

Boudraa, A., Cexus, J. C. (2007). EMD-based signal filtering. *IEEE Trans. Instrumentation and Measurement*, 56(6), 2196-2202.

Lu, B., Li, Y., Wu, X., Yang, Z. (2009). A review of recent advances in wind turbine condition monitoring and fault diagnosis. *Proceedings of the 2009 IEEE PEMWA*, 1-7.

Caselitz, P., Giebhardt, M. M. J. (1997). Application of condition monitoring systems in wind energy converters. *Proceedings of the 1997 EWEC*, 579-582.

Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas

Impact of the TPM on the Operational Performance of the Industrial Companies of the South of Tamaulipas

CASTILLO-FLORES, Ángela Liliana†*, FERNÁNDEZ-GARCÍA, Luis Guillermo y ÁNGELES-RESENDIZ, Luis Alfredo

Tecnológico Nacional de México/I.T. de Altamira – Universidad Tecnológica de Altamira

ID 1^{er} Autor: *Ángela Liliana Castillo-Flores*

ID 1^{er} Coautor: *Luis Guillermo Fernández-García*

ID 2^{do} Coautor: *Luis Alfredo Ángeles-Reséndiz*

Recibido 25 de Abril, 2018; Aceptado 28 Junio, 2018

Resumen

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que permiten mejoras en la competitividad de la organización industrial o de servicios. El instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) define el TPM como un sistema orientado a lograr cero accidentes, cero defectos y cero pérdidas. Este equipo de trabajo ha realizado un exhaustivo análisis bibliográfico de información actual respecto de este tema, encontrándose una escasez en la literatura académica en las organizaciones industriales en el área del Mantenimiento Productivo Total, de la zona geográfica del sur de Tamaulipas y encontrándose abundantes publicaciones de estudios teóricos y empíricos correspondientes a trabajos internacionales, por está razón, los autores de este trabajo considerarán fundamental la realización de este estudio lo cual permitirá conocer si las empresas que aplican las prácticas fundamentales del TPM tienen un impacto directo en el Desempeño operativo del mantenimiento. Con los datos obtenidos de la muestra se determinó que las dimensiones de las prácticas del TPM planteadas tienen un impacto positivo en la variable dependiente Desempeño operativo.

TPM, Desempeño Operativo, mantenimiento

Abstract

Total Productive Maintenance (TPM) is a strategy composed of a series of ordered activities that allow improvements in the competitiveness of the industrial organization or services. The Japanese Institute of Plant Maintenance (JIPM) defines the TPM as a system aimed at achieving zero accidents, zero defects and zero losses. This team has carried out an exhaustive bibliographical analysis of current information regarding this topic, finding a shortage in the academic literature in the industrial organizations in the area of Total Productive Maintenance, of the geographic zone of the south of Tamaulipas and finding abundant publications of Theoretical and empirical studies corresponding to international work, for this reason, the authors of this work will consider the completion of this study essential, which will allow knowing if the companies that apply the fundamental practices of the TPM have a direct impact on the maintenance performance. With the data obtained from the sample, it was determined that the dimensions of the TPM practices presented have a positive impact on the dependent variable Operational performance.

TPM, Operational Performance, Maintenance

Citación: CASTILLO-FLORES, Ángela Liliana, FERNÁNDEZ-GARCÍA, Luis Guillermo y ÁNGELES-RESENDIZ, Luis Alfredo. Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas. Revista de Ingeniería Industrial. 2018. 2-4: 29-35.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

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

1. Introducción

Los desafíos de la dura competencia debido a la economía globalizada, obligan a las organizaciones a innovar y mejorar tanto sus procesos, productos y métodos, estos a su vez permita elevar su desempeño operativo para cumplir con los desafíos planteados por las demandas cambiantes del mercado (González, García, Caro & Romero, 2014).

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que permiten mejoras en la competitividad de la organización industrial o de servicios. El instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) define el TPM como un sistema orientado a lograr cero accidentes, cero defectos y cero pérdidas (Suzuki, 2017).

Este equipo de trabajo ha encontrado, una escasez en la literatura académica en las organizaciones industriales en el área del Mantenimiento Productivo Total, de la zona geográfica del sur de Tamaulipas y encontrándose abundantes publicaciones de estudios teóricos y empíricos correspondientes a trabajos internacionales, por está razón, los autores de este trabajo considerarán fundamental la realización de este estudio lo cual permitirá conocer el estado de aplicación de está filosofía y el impacto que tiene en el desempeño operativo de la empresa

2. Revisión Teórica

2.1 Mantenimiento Productivo Total

Susuki (2017) considera que el TPM es un enfoque de fabricación innovador diseñado principalmente para maximizar la efectividad total de los sistemas productivos a través de la eliminación de sus pérdidas en todo toda su vida a través de la participación y la motivación de toda la fuerza de trabajo, involucrando la participación de todos los empleados desde la alta dirección hasta los trabajadores operativos de la planta, promoviendo principalmente el mantenimiento autónomo de los operadores a través de actividades diarias que involucran a toda la organización, ha definido el TPM como una cultura o filosofía y nueva actitud hacia el mantenimiento.

En el TPM existe una asociación directa entre mantenimiento y las funciones de producción, está realción ayuda a la mejora de la calidad del producto, reducir el desperdicio, reducir el costo de fabricación, aumentar la disponibilidad del equipo. (Rivera, 2013)

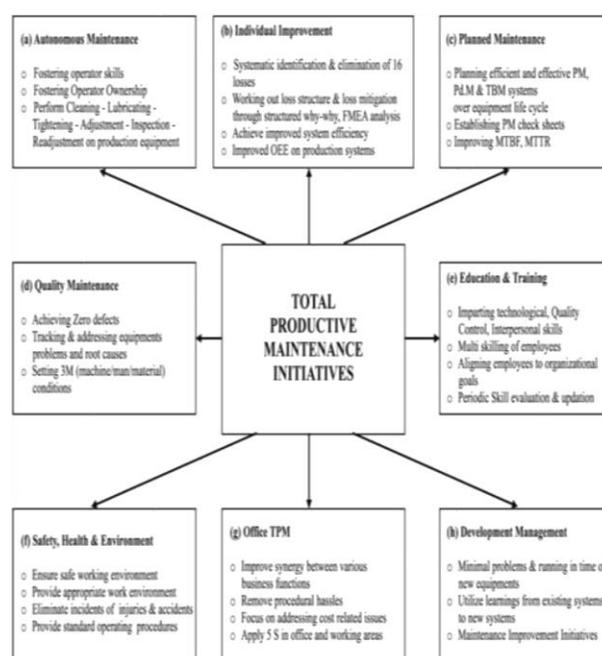


Figura 1 Pilares del TPM

Fuente: Ahuja & Khamba (2007)

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran las iniciativas de TPM, según lo definido por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM), éstas involucran un plan de implementación de ocho pilares que resulta en aumento sustancial en la productividad del trabajo a través del mantenimiento controlado, la reducción de los costos de mantenimiento y la reducción de paradas y tiempos de inactividad.

Por su parte Jain, Bhatti & Singh (2015) detalla los ocho pilares del mantenimiento productivo total de la siguiente manera:

- Mejora de equipos y procesos: enfocando en una clara manera la mejora deseada en los negocios.
- Mantenimiento autónomo: autogestión y control, Consiste en la conciencia de la filosofía TPM
- Mantenimiento planificado: planificación y control efectivos de mantenimiento, con planificación diaria y planificación de paradas.

- Relaciones personales que mejoran la educación y la capacitación, habilidades técnicas y de gestión de personas de mantenimiento y operadores.
- Manejo temprano de nuevo equipo: asistencia de personas de mantenimiento desde la concepción de nuevos proyectos o adquisiciones.
- Gestión de la calidad del proceso: establecimiento de un defecto cero programa.
- TPM en la oficina-eficiencia-participación de la administración en el programa TPM.

2.2 Elementos Teóricos del TPM y Desempeño operativo

Entre los elementos que se consideran para la dimensión TPM elementos o factores clave y necesarios para el éxito de las practicas relacionadas con esta filosofía.

2.2.1 Cultura integradora

La creación de una cultura corporativa es un principio que distingue al TPM orientada maximizar eficacia en el sistema de producción y en la gestión de los equipos productivos, impactando así en la eficacia global, ésta filosofía de mantenimiento tiene por objetivo eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos. Aunque tradicionalmente ha existido poca integración entre las áreas de mantenimiento y producción, en la filosofía de TPM se observa una asociación entre todas las funciones organizacionales destacándose así las áreas de mantenimiento y producción, impactando directamente en la mejora de la productividad y la disponibilidad de los equipos. (Blanco-Calvo, 2017; Nakajima, 1988; Cua, McKone, & Schroeder, 2001; Pinjala, Pintelon, & Vereecke, 2006).

Hay evidencia que demuestra que la falta de compromiso por los gerentes lleva a arruinar la estructura establecida del sistema TPM (Rodrigues & Hatakeyama, 2006).

2.2.2 Mantenimiento Autónomo y planificación

El mantenimiento autónomo son conjunto de actividades que se realizan de manera rutinaria por todos los trabajadores en los equipos que estos operan, éstas actividades incluyen inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambios de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. (Ramos & Alfredo, 2014).

Un programa de mantenimiento planificado tiene como objetivo crear un sistema efectivo de intervenciones de mantenimiento planificadas. Diseñado para garantizar un proceso de producción estable. Este mantenimiento se centra en las actividades destinadas a prevenir los fallos, éstas actividades incluyen inspecciones, controles, sustitución, diagnóstico, etc. Una ventaja por el mantenimiento planificado es un mayor flujo de producción, reducción de las consecuencias de las fallas y su

Impacto en la calidad y seguridad laboral, emergencia de equipos, Reducción significativa del costo de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipamiento. (Opocenska, & Hammer, 2015)

La planificación y el mantenimiento autónomo son elementos clave para esa estrategia integrativa den el TPM. (McKone, Schroeder & Cua, 1999; Nakajima, 1988; Swanson, 2001; Cua, McKone & Schroeder, 2001)

2.2.3 Tecnología

En este trabajo se considera el énfasis de la tecnología avanzada del equipo, como un componente de TPM ya que esto permite que las empresas puedan alcanzar una ventaja competitiva basada en la fabricación que incluyen, entre otros el desarrollo del equipo propio (Alcaráz, Pérez & González, 2015; Shen, 2015; Swanson, 2001)

2.2.4 Desempeño operativo

Desde la perspectiva estratégica el Desempeño en una empresa es una consecuencia de la ventaja competitiva de una organización y está relacionado con la creación de valor en la empresa (Hill y Jones, 2011; Amato, 2014, Porter y Kramer 2011). Este trabajo se centra en medir el desempeño operativo de las empresas, la confiabilidad, la disponibilidad y la calidad (Monge, 2014; Blanco-Calvo, 2017³; Hutchins, 2007; Cooper y Maskell, 2008; Mora, 2009)

3 Metodología

Este trabajo es un estudio exploratorio, a través de un cuestionario conformado de 26 preguntas, de las cuales 19 de ellas detallan las dimensiones del TPM las cuales son: Mantenimiento autónomo y planificación; Tecnología y la Cultura integradora; y 7 preguntas para determinar el desempeño operativo de las empresas, considerando los indicadores de confiabilidad, calidad y disponibilidad.

El medio para la recolección de los datos fue de la siguiente manera al rededor del 40 % contestaron el cuestionario vía electrónica, y el resto de la recolección de esta información fue de manera presencial, en este punto se llevo a cabo con la colaboración de estudiantes de nivel superior. El cuestionario se dirigió hacia a supervisores y/o jefes del área de mantenimiento y de producción en cada empresa

Las características de las empresas fueron empresas del sector industrial, de tamaño mediano, ubicados en la zona industrial del sur de Tamaulipas, los cuestionarios fueron aplicados a los encargados del área de los departamentos de mantenimiento de las empresas involucrados en el estudio. El tamaño de la muestra es pequeña con un número de 20 empresas, encuestadas.

La metodología utilizada está basada en la propuesta de Ramírez, Mariano, & Salazar (2014) el cual describen las fases: 1) Descripción del modelo; 2) Validez y fiabilidad del modelo de medida; y 3) Valoración del modelo estructural. En el siguiente gráfico se describen cada una de las fases. (ver

Figura).

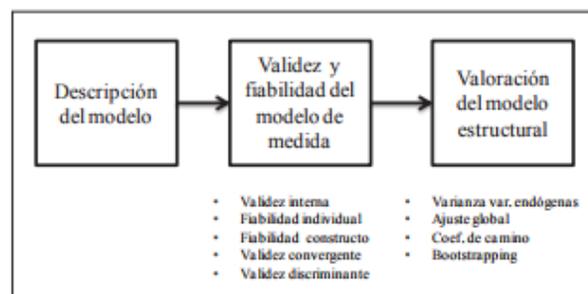


Figura 2 Etapas de la metodología

Fuente: Ramírez, Mariano & Salazar (2014)

En la siguiente sección se explicará el desarrollo de la metodología.

Resultados

Fase 1: Descripción del modelo:

La descripción del modelo causal propuesto es descrito gráficamente en la Figura en la cual se basa en las siguientes hipótesis:

- H1: El mantenimiento autónomo y la planificación del mantenimiento, es una dimensión del TPM el cual impacta positivamente con el desempeño operacional del área de mantenimiento (McKone, Schroeder, & Cua, 1999; Nakajima, 1988)
- H2: La Cultura integradora, como dimensión del TPM impacta positivamente con el desempeño operacional del área de mantenimiento (Pinjala, Pintelon, & Vereecke, 2006; Nakajima, 1988; Cua, McKone, & Schroeder, 2001)
- H3: La tecnología, como dimensión del TPM se relaciona positivamente con el desempeño operacional del área de mantenimiento. (Swanson, 2001; McKone, Schroeder, & Cua, 1999).
- H4: El TPM impacta positivamente en el desempeño operacional del área de mantenimiento.

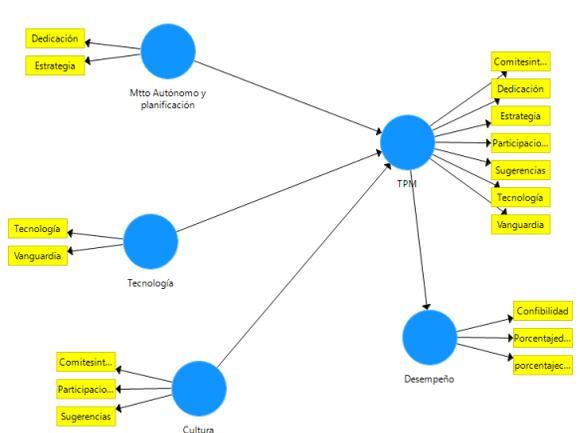


Figura 3 Modelo Estructural

Fase 2: Validez y fiabilidad del modelo de medida

En la Figura 4 se puede observar que todas las cargas/pesos de los indicadores de las variables latentes son mayores a 0,7, por lo que se acepta la fiabilidad individual.

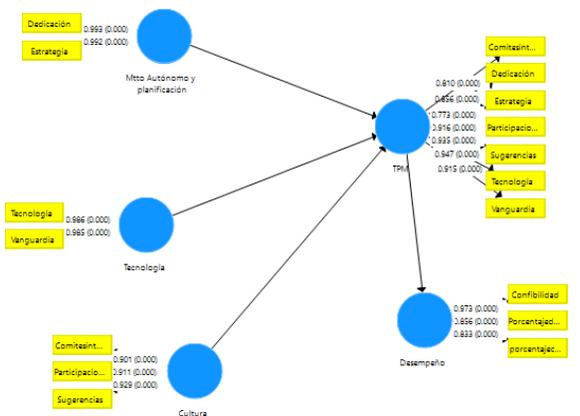


Figura 4 Cargas del modelo

En la

Tabla se presenta la matriz que justifica la validez discriminante del modelo. El criterio que se utiliza es el de Fornell y Lacker (1981), por lo tanto se observa que este cumple con dicho criterio, el cual recomienda que la varianza extraída sea mayor a las correlaciones que presentan un constructo con el resto de los constructos.

	Cultura	Desempeño	Mtto Autónom...	TPM	Tecnología
Cultura	0.914				
Desempeño	0.843	0.889			
Mtto Autónom...	0.700	0.733	0.992		
TPM	0.973	0.881	0.824	0.881	
Tecnología	0.941	0.842	0.624	0.944	0.985

Tabla 1 Validez del discriminante

Fase 3: Valoración del modelo estructural

La Tabla 2, presenta la varianza de las variables endógenas TPM y Desempeño Operativo, sus R2 son 1 y 0,776, lo cual indica un buen ajuste. Esto indica para el caso del TPM el 100% de la varianza de esta variable está explicada por el modelo propuesto, en el caso de la variable endógena, Desempeño está explicada por el modelo en un 0.77%

	R Square	R Square Adjust
Desempeño	0.776	0.747
TPM	1.000	1.000

Tabla 2 Varianza de las variables endógenas

En la

Figura se muestran los coeficientes de los parámetros de modelo, por otro lado en la Tabla, se muestran los intervalos de confianza de éstos parámetros.

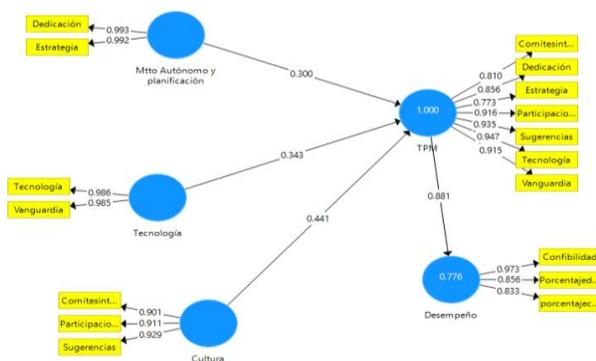


Figura 5 Coeficientes de parámetros

	Media de la muestra	Intervalo 2.5%	Intervalo 97.5%
Cultura-TPM	0.441	0.202	0.537
Mtto Autónomo y planificación - TPM	0.3	0.254	0.672
TPM-Desempeño	0.881	0.508	0.985
Tecnología TPM	0.343	0.109	0.416

Tabla 3 Intervalos de confianza

Los hallazgos encontrados en las hipótesis planteadas se observan en la Tabla 4, se observa que en las variables dependientes e independientes son soportadas en cada una de ellas.

Hipótesis	Variable independiente	Variable Dependiente	Resultado
H1	Mantenimiento Autónomo y planificación	TPM	Soprtada
H2	Tecnología	TPM	Soportada
H3	Cultura	TPM	Soportada
H4	TPM	Desempeño	Soportada

Tabla 4 Resumen de hallazgos

5. Conclusiones

En este trabajo se realizó un estudio, planteando un modelo que describe dimensiones del TPM, y analizando el impacto que tiene éste en el desempeño operativo del área de mantenimiento, los hallazgos encontrados es que el modelo soporta cada una de las hipótesis platedas.

6. Referencias

Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2007). An evaluation of TPM implementation initiatives in an Indian manufacturing enterprise. *Journal of quality in maintenance engineering*, 13(4), 338-352.

Blanco-Calvo, E. M. (2017). Implementación de pilares del TPM en la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda

Cooper, R., & Maskell, B. (2008). How to manage through worse-before-better. *MIT Sloan management review*, 49(4), 58.

Cua, K. O., McKone, K. E., & Schroeder, R. G. (2001). Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of operations management*, 19(6), 675-694

Fornell, C., & Larcker, D.F.(1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18, 39-50.

González Candía, J., García Coliñanco, L., Caro, C. L., & Romero Hernández, N. (2014). Estrategia y cultura de innovación, gestión de los recursos y generación de ideas: prácticas para gestionar la innovación en empresas. *Revista científica Pensamiento y Gestión*, 36.

Monge P. C. (2014). *Impacto de: la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental en plantas de manufactura en México* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

Hill, C. & Jones, G. (2005). *Administración estratégica: un enfoque integrado*. México: McGraw-Hill

Hill, C. & Jones, G. (2011). *Administración Estratégica. Un enfoque integrado* (9ª ed.). Bogotá: Cengage

Huang, S. H., Dismukes, J. P., Shi, J., & Su, Q. (2002). Manufacturing system modeling for productivity improvement. *Journal of Manufacturing Systems*, 21(4), 249

Hutchins, C. B. (2007). *Five "S" improvement system: An assessment of employee attitudes and productivity improvements* (Doctoral dissertation, Capella University).

Jain, A., Bhatti, R. S., & Singh, H. (2015). OEE enhancement in SMEs through mobile maintenance: a TPM concept. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(5), 503-516.

Opocenska, H. A. N. A., & Hammer, M. I. L. O. S. (2015). Contribution to maintenance issues in company practice. *MM Science Journal*, 12, 748-755.

McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (1999). Total productive maintenance: a contextual view. *Journal of operations management*, 17(2), 123-144

Mora, L. A. (2009). *MANTENIMIENTO-Planeación, ejecución y control*. Alfaomega Grupo Editor.

Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: Total Productive Maintenance (preventative maintenance series). *Hardcover. ISBN 0-91529-923-2*.

Pinjala, S. K., Pintelon, L., & Vereecke, A. (2006). An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies. *International journal of production economics*, 104(1), 214-229.

Porter, M. y Kramer, M. (2011), "Creating Shared Value. How to reinvent capitalism – and unleash a wave of innovation and growth" Harvard Business Review, enero-febrero, pp. 1-17

Ramírez, P. E., Mariano, A. M., & Salazar, E. A. (2014). Propuesta Metodológica para aplicar modelos de ecuaciones estructurales con PLS: El caso del uso de las bases de datos científicas en estudiantes universitarios. *Revista ADMpg Gestão Estratégica*, 7(2).

Ramos, B., & Alfredo, J. (2014). *Análisis de los procesos de mantenimiento con propuestas de mejoramiento mediante la aplicación de la técnica de mantenimiento total (TPM) en la empresa Proquimsa* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial).

Rivera Cadavid, L. (2013). Justificación conceptual de un modelo de implementación de Lean Manufacturing.

Rodrigues, M., & Hatakeyama, K. (2006). Analysis of the fall of TPM in companies. *Journal of Materials Processing Technology*, 179(1-3), 276-279.

Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. *International journal of production economics*, 70(3), 237-244

Suzuki, T. (2017). *TPM en industrias de proceso*. Routledge.

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 Ingeniería Industrial. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

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

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

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

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

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

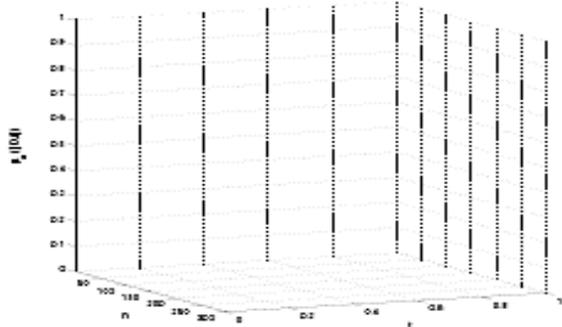


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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

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

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

Metodología a desarrollar

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

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

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

Conclusiones

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

Referencias

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

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

Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

Reserva a la Política Editorial

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

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

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

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

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

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Industrial 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 Perú 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-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Ingeniería Industrial, 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)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales:

Identificación de Citación e Índice H.

Administración del Formato de Originalidad y Autorización.

Testeo de Artículo con PLAGSCAN.

Evaluación de Artículo.

Emisión de Certificado de Arbitraje.

Edición de Artículo.

Maquetación Web.

Indización y Repositorio

Traducción.

Publicación de Obra.

Certificado de Obra.

Facturación por Servicio de Edición.

Política Editorial y Administración

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

ECORFAN®

Editora en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Redactor Principal

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Editor Ejecutivo

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

Editores Asociados

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Publicidad y Patrocinio

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

Licencias del Sitio

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

Oficinas de Gestión

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

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

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

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

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

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

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

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

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

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

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

Revista de Ingeniería Industrial

“Taller de drones, como una herramienta emergente del mantenimiento predictivo, caso desarrollado en la Universidad Tecnológica de Jalisco”

BARRÓN-BALDERAS, Juan José

Universidad Tecnológica de Jalisco

“Modelo ergonómico para eficientar los procesos de producción (FASE I)”

LEVARIO-TORRES, José Guadalupe, REYES-SÁNCHEZ, Luz Marcela, BETANCOURT-SÁNCHEZ, Ricardo Gabino y SANDOVAL-CORONA, Martín Alonso

Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro

“Descomposición en modos empíricos y su aplicación en la detección de fallas en rodamientos”

HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo & FLORES-RAMIREZ, Oscar

Universidad Politécnica de Amozoc

“Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas”

CASTILLO-FLORES, Ángela Liliana, FERNÁNDEZ-GARCÍA, Luis Guillermo y ÁNGELES-RESENDIZ, Luis Alfredo

Instituto Tecnológico de Altamira

Universidad Tecnológica de Altamira

