

ISSN 2523-6806

Volumen 2, Número 6 — Abril — Junio - 2018



Revista de
Operaciones
Tecnológicas

ECORFAN[®]

ECORFAN-Taiwán

Editora en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Redactor Principal

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Editor Ejecutivo

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Revista de Operaciones Tecnológicas,

Volumen 2, Número 6, de Abril a Junio - 2018,

es una revista editada trimestralmente por

ECORFAN- Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe

district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445.

WEB: www.ecorfan.org/taiwan,

revista@ecorfan.org. Editora en Jefe:

RAMOS-ESCAMILLA, María, Co-Editor:

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD. ISSN

2523-6806. 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

Centro Español de Ciencia y Tecnología.

Revista de Operaciones Tecnológicas

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 Electromagnetismo , Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales , Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas.

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 Operaciones Tecnológicas es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de Electromagnetismo , Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales , Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias de Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

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

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

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

TELOXA - REYES, Julio. PhD
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

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

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

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

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

LAGUNA, Manuel. PhD
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Nefthalí. PhD
University of Southampton

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

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD
Universidad Politécnica de Cataluña

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

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD
University of Amsterdam

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

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

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

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

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

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

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD
Universidad de Guanajuato

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

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

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD
Universidad de Guanajuato

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

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

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

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

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

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD
Intitut National Polytechnique Toulouse

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

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Comité Arbitral

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

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

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

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

GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD
Universidad de Guadalajara

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

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

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

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

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

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

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

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

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

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD
Universidad ETAC

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

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

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

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

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

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

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Cesión de Derechos

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

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

Declaración de Autoría

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

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

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

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

Detección de Plagio

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

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de América-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 Electromagnetismo , Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales , Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

En el primer artículo presentamos *Fibra natural de yute como reforzante de materiales compuestos*, por RAMÍREZ-PUENTE, José Manuel, MENDOZA-MIRANDA, Juan Manuel, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen, con adscripción en el Instituto Politécnico Nacional & Universidad de Guanajuato, como segundo artículo presentamos *Implementación del índice de Taguchi en contraste con los índices convencionales para los estudios de capacidad de procesos*, por RODRIGUEZ-BUCIO, Norma, PEREZ-CABRERA, Pascual Felipe, HERNANDEZ-PASTRANA, Veronica Petra y KIDO-MIRANDA, Juan Carlos, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Iguala, como tercer artículo presentamos *Estandarización de procesos, para la reducción de SCRAP en una empresa dedicada a la fabricación de tornillos para el sector automotriz*, por GUTIERREZ-CORTES, Martha Gabriela, CHACON-OLIVARES, Maria Del Carmen, RICO-CHAGOLLÁN, Mariana y CASTAÑEDA-CANALES, Mariana, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como cuarto artículo presentamos *Uso de ingredientes funcionales no cárnicos en la elaboración de jamón cocido artesanal*, por ZAMORA-CASTRO, Jorge Eduardo, ILLESCAS-CHÁVEZ, Edgar, HERNÁNDEZ-ZÁRATE, Galdy y LUNA-DIMAS, Mayra, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Huejotzingo & Colegio de Postgraduados.

Contenido

Artículo	Página
Fibra natural de yute como reforzante de materiales compuestos RAMÍREZ-PUENTE, José Manuel, MENDOZA-MIRANDA, Juan Manuel, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen <i>Instituto Politécnico Nacional</i> <i>Universidad de Guanajuato</i>	1-5
Implementación del índice de Taguchi en contraste con los índices convencionales para los estudios de capacidad de procesos RODRIGUEZ-BUCIO, Norma, PEREZ-CABRERA, Pascual Felipe, HERNANDEZ-PASTRANA, Veronica Petra y KIDO-MIRANDA, Juan Carlos <i>Instituto Tecnológico de Iguala</i>	6-15
Estandarización de procesos, para la reducción de SCRAP en una empresa dedicada a la fabricación de tornillos para el sector automotriz GUTIERREZ-CORTES, Martha Gabriela, CHACON-OLIVARES, Maria Del Carmen, RICO-CHAGOLLÁN, Mariana y CASTAÑEDA-CANALES, Mariana <i>Instituto Tecnológico Superior de Irapuato</i>	16-23
Uso de ingredientes funcionales no cárnicos en la elaboración de jamón cocido artesanal ZAMORA-CASTRO, Jorge Eduardo, ILLESCAS-CHÁVEZ, Edgar, HERNÁNDEZ-ZÁRATE, Galdy y LUNA-DIMAS, Mayra <i>Universidad Tecnológica de Huejotzingo</i> <i>Colegio de Postgraduados</i>	24-30

Fibra natural de yute como reforzante de materiales compuestos

Natural fiber of jute as a reinforcer of composite materials

RAMÍREZ-PUENTE, José Manuel¹, MENDOZA-MIRANDA, Juan Manuel¹, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes^{2*}, y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen^{1†}

¹ Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato, Av. Mineral de Valenciana No. 200 Col. Fracc. Industrial Puerto Interior, C.P.36275 Silao de la Victoria, Guanajuato, México.

² Universidad de Guanajuato. Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, Ex Hacienda de San Matías S/N Colonia San Javier, C.P.36020 Guanajuato, Gto, México

ID 1^{er} Autor: José Manuel, Ramírez-Puente

ID 1^{er} Coautor: Juan Manuel, Mendoza-Miranda

ID 2^{do} Coautor: Mercedes, Salazar-Hernández

ID 3^{er} Coautor: Carmen, Salazar-Hernández

Recibido 23 de Marzo, 2018; Aceptado 12 de Mayo, 2018

Resumen

Los materiales compuestos resina / reforzante han remplazado el uso de distintos materiales, por ejemplo los metales. En el presente trabajo se realizó la caracterización mecánica de una familia de materiales compuestos reforzados con fibra de yute (MC-RY). El material reforzante se probó en diferentes combinaciones de capas y de orientación de la fibra (0°, 30° y 60°). La caracterización del material compuesto, se realizó por medio de pruebas mecánicas; tales como: resistencia a la tensión, prueba de impacto y dureza Leeb. De acuerdo con las propiedades mecánicas medidas en los diferentes materiales se obtuvieron funciones matemáticas que relacionan la propiedad mecánica con la orientación de la fibra y el número de capas.

Material compuesto, Fibra yute, Caracterización mecánica, Simulación solid work

Abstract

Composite resin / reinforcing materials have replaced the use of different materials, for example metals. In the present work, the mechanical characterization of a family of jute fiber reinforced composite materials (MC-RY) was performed. The reinforcing material was tested in different combinations of layers and orientation of the fiber (0°, 30° and 60°). The characterization of the composite material was carried out by means of mechanical tests; such as: tensile strength, impact test and Leeb hardness. According to the mechanical properties measured in the different materials, mathematical functions were obtained that relate the mechanical property to the orientation of the fiber and the number of layers.

Composite material, Yute fiber reinforced, Mechanical characterization

Citación: RAMÍREZ-PUENTE, José Manuel, MENDOZA-MIRANDA, Juan Manuel, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes, y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen. Fibra natural de yute como reforzante de materiales compuestos. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-6: 1-5

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: msalazarh@ipn.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Un material compuesto (MC) se obtiene a través de la mezcla física de dos o más tipos diferentes de materiales, con el único propósito de combinar propiedades no presentes en los materiales originales. Por lo tanto, se crean nuevos materiales con propiedades inusuales, tales como alta rigidez, conductividad, dureza y termofluencia, tracción y resistencia a la corrosión [1,2]. Los MC están constituidos por una matriz o fase continua que podría ser un material metálico, polimérico o cerámico. El otro constituyente de un compuesto es una fase dispersa o refuerzo, y su función principal radica en mejorar las propiedades de la matriz (véase Figura 1).

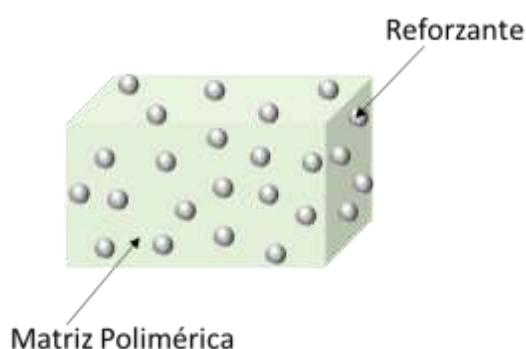


Figura 1 Componentes de un Material Compuesto

Debido a sus principales características de ligereza y alta resistencia mecánica, los MC han sido empleados en diferentes industrias, tales como automotriz, aeronáutica y la de construcción [3-5]. Por ejemplo se puede mencionar el techo del BMW M6, que actualmente es fabricado con material sintético reforzado con fibra de carbono [6].

En la actualidad el uso de matrices poliméricas reforzadas con fibras sintéticas como: polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP) y polímero reforzado con fibra de vidrio (GFRP) se ha utilizado en materiales estructurales primarios de aviones, vigas de piso y en el fuselaje [7]. En los automóviles, estos materiales se han empleado en el sistema de suspensión del automóvil [8], techo del coche [9], entre otros componentes.

Sin embargo, el proceso de degradación de estos materiales es muy lento y ocasiona una alta acumulación de residuos, lo cual se ha ido reflejando con una problemática ambiental.

En esta propuesta de investigación se comprobará la viabilidad de la aplicación de fibras naturales Yute (YFRP; Polímero Reforzado con Fibra de Yute) para la fabricación de materiales compuestos que puedan ser empleados en la construcción de partes del vehículo como lo es la defensa automotriz.

Los YFRP se caracterizan mecánicamente con diferentes ensayos determinando el efecto de la orientación de la fibra en las propiedades del material.

Metodología

Fabricación de YFRP

El material compuesto se integró en un laminado, conformado por una matriz de resina poliéster PP-70X60 (grado industrial, Poliformas) adicionando el 5% en peso de catalizador K-2000 (grado industrial, Poliformas). Los laminados se obtuvieron con 1 a 3 capas de fibra de yute y se dejaron curar por 24 horas. La Tabla 1 indica las diferentes configuraciones que fueron estudiadas en este proyecto.

RP	Número de Capas	Orientación de Capa (grados)
	Resina Poliéster sin Reforzante	
YFRP-1a	1 capa de Fibra	0
YFRP-1b	1 capa de Fibra	30
YFRP-1c	1 capa de Fibra	60
YFRP-2a	2 capa de Fibra	0
YFRP-2b	2 capa de Fibra	30
YFRP-2c	2 capa de Fibra	60
YFRP-3a	3 capa de Fibra	0
YFRP-3b	3 capa de Fibra	30
YFRP-3c	3 capa de Fibra	60

Tabla 1 Laminados de YFRP fabricados para la caracterización mecánica

Caracterización Mecánica de YFRP

La manufacturación de las probetas se realizó acorde con las normas ASTM de cada ensayo mecánico. Cada prueba mecánica fue realizada con un promedio de 10 probetas normalizadas.

Ensayo de Tensión

Se realizó de acuerdo con la norma ASTM D3039/D3039M [10], empleando una maquina universal shimadzu AGX-300KN con velocidad de desplazamiento de 5 mm/min y una probeta plana normalizada con concentrador de esfuerzos.

RAMÍREZ-PUENTE, José Manuel, MENDOZA-MIRANDA, Juan Manuel, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes, y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen. Fibra natural de yute como reforzante de materiales compuestos. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Ensayo de Dureza Leeb

Este ensayo se realizó considerando las especificaciones de la norma ASTM A956/A956M [11]; empleando un medidor portátil INSPEX-312, midiendo en escala Leeb (HL) con orientación vertical de la fuerza y como material de referencia se seleccionó bronce.

Prueba de Impacto

La norma empleada fue la D7136/D7136M [12]; el ensayo se llevó a cabo en un péndulo de Charpy DIT-PC410 con fuerza de impacto de 150 Nm.

Resultados

Caracterización Mecánica

La Figura 2 muestra las curvas esfuerzo-deformación correspondientes a los MC reforzados con una capa de fibra de yute a diferentes orientaciones; la resina polimérica mostró una zona de fluencia entre 0.28 a 1.18 % ϵ . Al ser adicionada la capa de fibra de yute esta zona desaparece para volver a observarse en los materiales con una orientación de la fibra de 30° y 60°.

La Tabla 2 indica las principales propiedades obtenidas del ensayo de tracción; al adicionar la fibra de yute se obtiene un material con mayor plasticidad, se incrementó el porcentaje de elongación entre el 21.7% y 28 % de acuerdo con la orientación de la Fibra. Sin embargo, cuando la fibra de Yute se mantiene sin rotar se observó una disminución del 15.5 % en la tracción (σ_u) y el 25.25% en el módulo elástico; lo que confirma la formación de un material más elástico.

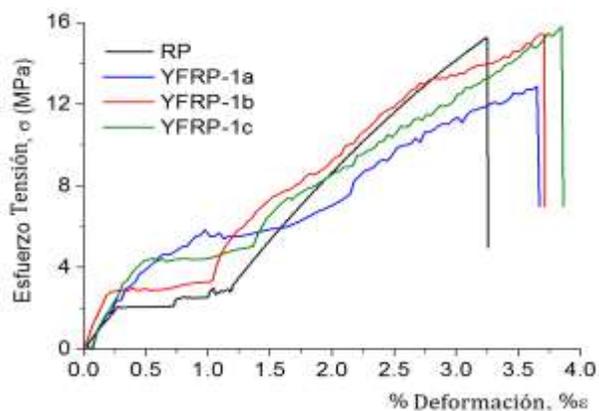


Figura 2 Efecto de la orientación de la fibra en las propiedades mecánicas de YFRP

La Tabla 3 resume las resistencias a la tracción determinadas y los porcentajes de incrementos generados en cada configuración al incrementar las capas de fibra de yute. El mayor incremento se obtuvo cuando la fibra se orienta a 30°.

	σ_u (MPa)	% σ_u en la fractura	E (GPa)
RP	15.20	3.0	2.0
YFRP-1a	12.84 (-15.5)	3.65 (+21.7)	1.49 (-25.25)
YFRP-1b	15.41 (+1.38)	3.68 (+22.7)	4.88 (+144.1)
YFRP-1c	15.72 (+3.42)	3.84 (+28.0)	3.73 (+86.65)

Tabla 2 Propiedades de tracción para la matriz polimérica y los YFRP

En paréntesis se muestran los porcentajes de modificación; (+) indica incremento (-) indica reducción

Al rotar la fibra de Yute en 30° y 60° se identificaron incrementos en el σ_u entre el 1 y 3.42%, formando materiales más rígidos con módulos elástico de 4.88 GPa y 3.723 GPa al rotar de 30° a 60° respectivamente. Sin embargo, la rotación de la fibra no modifica la ductilidad del material ya que el % ϵ se mantiene con un incremento superior al 20%.

La Figura 3 muestra el efecto del número de capas con la orientación de la fibra; en todos los casos a mayor número de capas se tiene mayor resistencia a la tracción; alcanzando un máximo de 21.72 MPa para el YFR-3b (3 capas de yute orientadas a 30°).

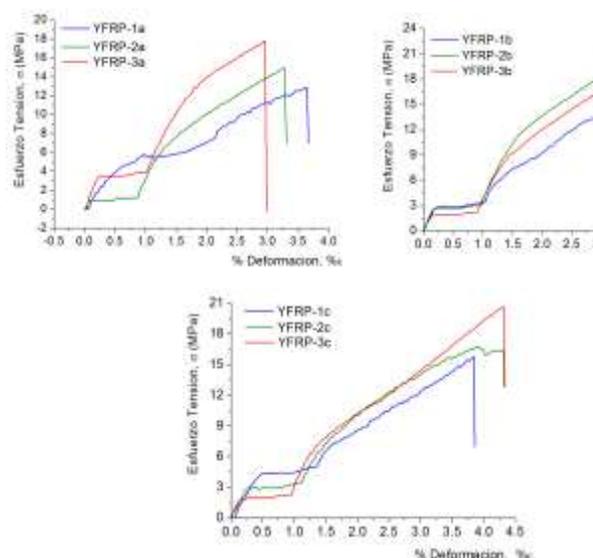


Figura 3 Curvas Esfuerzo-Deformación para YFRP con diferentes capas de fibra y orientación (a) orientación 0° (b) orientación 30° (c) orientación 60°

Resistencia a la Tracción, σ_u (MPa)			
	Orientación 0°	Orientación 30°	Orientación 60°
YFRP-1	12.87	15.41	15.72
YFRP-2	14.92 (+15.93)	20.23 (+31.28)	16.44 (+4.58)
YFRP-3	17.85 (+38.69)	21.72 (+40.95)	20.60 (+31.04)

En paréntesis se muestran los porcentajes de modificación; (+) indica incremento (-) indica reducción

Tabla 3 Resistencia a la tracción de YFRP con diferentes capas y orientación de capa.

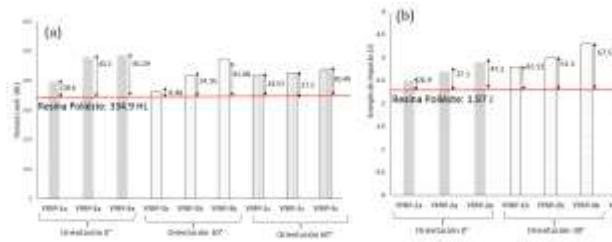


Figura 3 Efecto del número de capas y orientación de las fibras en (a) Dureza Leeb (b) Energía absorbida en el impacto

La Figura 3a resume los resultados obtenidos para los ensayos de dureza Leeb; a mayor número de capas se tiene un incremento en la dureza. Sin embargo, un mayor incremento entre capas fue observado con la configuración de orientación en 0° y 30°; por ejemplo para el material con una capa orientado a 30° (YFRP-1b) se incrementó la dureza en un 8.48%, mientras que para la misma orientación pero con tres capas (YFRP-3b) se tiene un incremento del 41.08%. Por su parte, la configuración con orientación de la fibra en 60° generó un incremento en la HL casi constante entre los 24.5% y el 30%.

Propiedad Mecánica	Ecuación General
1 Capa de Fibra de Yute	
Dureza (HL)	$0.0487x^2 - 2.59x + 397.2$
E. Impacto (N·m)	$0.015x + 2.45$
σ_u (MPa)	$-0.0014x^2 + 0.1276x + 12.87$
E (GPa)	$-0.0025x^2 + 0.1887x + 1.49$
2 Capa de Fibra de Yute	
Dureza (HL)	$0.0412x^2 - 3.365x + 497.7$
E. Impacto (N·m)	$0.015x + 2.65$
σ_u (MPa)	$-0.0051x^2 + 0.3287x + 14.92$
E (GPa)	$-0.0022x^2 + 0.1463x + 2.79$
3 Capa de Fibra de Yute	
Dureza (HL)	$-0.0119x^2 - 0.1133x + 486.6$
E. Impacto (N·m)	$0.015x + 2.88$
σ_u (MPa)	$-0.0028x^2 + 0.2122x + 17.85$
E (GPa)	$-0.0008x^2 + 0.0315x + 4.94$

Los resultados del ensayo de impacto indicaron que la orientación de la fibra incrementa considerablemente la capacidad de absorción de energía de impacto. La orientación de 0° incremento del 26.9% a 47.2% de acuerdo con el número de capas en los YFRP; mientras que a 30° se tiene un incremento de 42.13% al 67.5% y para la configuración a 60°, la E_j aumento en un 72.6% con una capa de fibra y un 92.9% con las tres capas.

Correlación entre la Propiedades Mecánicas de YFRP y el Ángulo de Inclinación de la Fibra

Los resultados de la caracterización mecánica se ajustaron a modelos matemáticos polinomiales que permiten predecir el comportamiento de los YFRP de acuerdo con el número de capas y la inclinación de la fibra (véase Figura 4). Las ecuaciones generales para los YFRP a partir de los modelos de correlación se indican en la Tabla 4. Correlación entre propiedades mecánicas de YFRP con el ángulo de inclinación

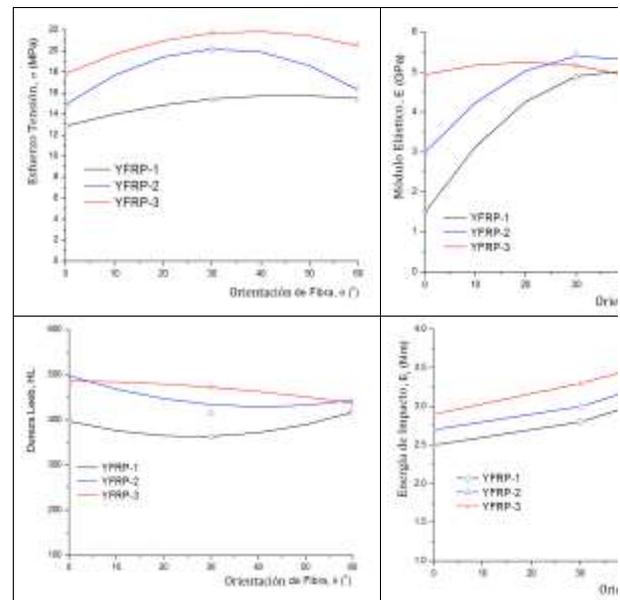


Figura 4 Correlaciones entre propiedades mecánicas de YFRP y la inclinación de la Fibra

Conclusiones

Los resultados obtenidos indicaron que el Yute puede ser empleado como reforzante de la resina poliéster. Observando una función cuadrática entre el valor de la propiedad mecánica contra el ángulo de inclinación de la fibra reforzante. Estos modelos matemáticos se pueden emplear para la predicción y simulación de propiedades de MC-RY con una estructura prediseñada.

RAMÍREZ-PUENTE, José Manuel, MENDOZA-MIRANDA, Juan Manuel, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes, y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen. Fibra natural de yute como reforzante de materiales compuestos. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Politécnico Nacional a través de la Sección de Investigación y Posgrado por el apoyo económico brindado a través del proyecto SIP-20150002, SIP-20170091

Referencias

Karthigeyan P., Senthil Raja M., Hariharan R., Karthikeyan R., Prakash S (2017) Performance evaluation of composite material for aircraft industries, *Materials Today Proceedings*, 4, 3263–3269

Gibson R.F. (2010) A review of recent research on mechanics of multifunctional composite materials and structure, *Composite Structures* 92, 2793-2810

LeBaron P.C, Wang Z, Pinnavaia TJ (1999) Polymer layered silicate nanopomposites: an overview, *Applied Clay Science*, 15, 11-29

Arasu P.M., Krishnaraj V., Rambabu B. (2014) Investigation of material and manufacturing process to develop high pedestrian safety composite bonnet, *Applied Mechanics and Materials* 592-594, 2518-2523

Menna C, Asprone D, Durante M, Zinno A, Balsamo A, Prota A (2015) Structural behaviour of masonry panels strengthened with an innovative hemp fiber composite grid, *Construction Building Materials*, 100, 111–121

Alen J., Nidhi M.B. (2014). Modelling and analysis of an automotive bumper used for a low passenger vehicle, *International Journal of Engineering Trends and Technology* 15 (7), 334-353

Nayak N.V (2014) Composite Materials in Aerospace Applications, *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(9), 238-247

Morris C.J. (1986) Composite integrated rear suspension, *Composite Structures*, 5, 233-242

Sapuan S.M (2017) Composite Materials, in: *Composite Materials Concurrent Engineering Approach*, Elsevier Ed, United Kingdom, p.p. 57-93.

Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. ASTM D3039/D3039M-17

Standard Test Method for Leeb Hardness Testing of Steel Products. ASTM-A956-06
Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics. ASTM D110-10

Implementación del índice de Taguchi en contraste con los índices convencionales para los estudios de capacidad de procesos

Implementation of the Taguchi index in contrast to conventional indices for process capacity studies

RODRIGUEZ-BUCIO, Norma*†, PEREZ-CABRERA, Pascual Felipe, HERNANDEZ-PASTRANA, Veronica Petra y KIDO-MIRANDA, Juan Carlos

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguala, Carretera Nacional Iguala-Taxco esq. Periférico Norte Colonia Adolfo López Mateos, Infonavit, C.P. 40030, Iguala, Gro

ID 1^{er} Autor: Norma, Rodriguez-Bucio / ORC ID: 0000-0001-5287-0946, Researcher ID Thomson: X-3895-2018, CVU CONACYT ID: 550895

ID 1^{er} Coautor: Pascual Felipe, Perez-Cabrera / ORC ID: 0000-0002-5432-6730, Researcher ID Thomson: X-3905-2018, CVU CONACYT ID: 953461

ID 2^{do} Coautor: Veronica Petra, Hernandez-Pastrana / ORC ID: 0000-0002-1768-0220, Researcher ID Thomson: X-3865-2018

ID 3^{er} Coautor: Juan Carlos, Kido-Miranda / ORC ID: 0000-003-3375-627X, Researcher ID Thomson: X-3895-2018, CVU CONACYT ID: 370488

Recibido 23 de Marzo, 2018; Aceptado 12 de Mayo, 2018

Resumen

En el presente trabajo se describe la implementación del Índice de Capacidad de Taguchi (Cpm) en el Centro de Llenado "Ideal del Agua Pura" como alternativa a los índices de capacidad de procesos de primera generación del Estudio de Capacidad de Procesos, basados en La Filosofía Clásica de la Calidad como Cp, Cpk y Cr, donde aseveran la Calidad solo es cumplir especificaciones. En contraparte se demuestra que los índices de capacidad de procesos de segunda generación (de Taguchi) basados en la "Función de Pérdida" y la "Función de Promedio" miden mejor el centrado del Proceso y la Variabilidad, puesto que conciben la Calidad no solo en cumplir especificaciones, sino también, en reducir la varianza con respecto a un valor objetivo,. Todo esto representando un enfoque diferente a la Cultura de la Mejora de la Calidad en donde el Dr. Genichi Taguchi revolucionó procesos con su metodología denominada "Ingeniería de la Calidad".

Índice Cpm, Centrado de proceso, Variabilidad

Abstract

In this paper we describe the implementation of the Taguchi Capacity Index (Cpm) in the "Ideal of Pure Water" Filling Center as an alternative to the capacity indices of the first generation processes of the Process Capacity Study, based on the Classical Philosophy of Quality as Cp, Cpk and Cr, where they assert Quality is only to meet specifications. On the other hand, it is shown that second-generation process capacity indexes (from Taguchi) based on the "Loss Function" and the "Average Function" better measure the focus of the Process and the Variability, since they conceive the Quality not only in meeting specifications, but also in reducing the variance with respect to a target value. All this representing a different approach to the Culture of Quality Improvement where Dr. Genichi Taguchi revolutionized processes with his methodology called "Quality Engineering".

Cpm Index, Process Centering, Variability

Citación: RODRIGUEZ-BUCIO, Norma, PEREZ-CABRERA, Pascual Felipe, HERNANDEZ-PASTRANA, Veronica Petra y KIDO-MIRANDA, Juan Carlos. Implementación del índice de Taguchi en contraste con los índices convencionales para los estudios de capacidad de procesos. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-6: 6-15

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: norma.rodriguez@itiguala.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Genichi Taguchi (Japón, 1924 - 2012), considerado uno de los gurúes de la calidad, realizó importantes contribuciones al Control Estadístico de la Calidad. Supo aplicar a las industrias métodos estadísticos poco difundidos en su momento, logrando la reducción de los costos y la mejora de la calidad en el diseño de productos y los procesos de fabricación.

La filosofía de calidad de Taguchi se basa en la minimización de la variación alrededor del valor objetivo. Los elementos clave de la filosofía de Taguchi son la Función Pérdida de Calidad, la incorporación de los Arreglos Ortogonales al Diseño de Experimentos, el índice de Señal Ruido y el índice de Capacidad de Procesos C_{pm}. (WU & WU, 1997) (1),

La calidad de productos y servicios es en la actualidad un factor de interés en la mayor parte de las organizaciones. Para lograr la calidad deseada en un producto o servicio no basta con realizar inspecciones o pruebas finales; por el contrario, se debe actuar apropiadamente desde el diseño y a lo largo de los procesos de producción o de prestación, de manera tal que los resultados resulten de acuerdo con lo esperado.

Pero en la realidad todo proceso es afectado por factores que no pueden ser controlados, generando así un producto o servicio de calidad variable. Es por ello que controlar la calidad en un producto o servicio es, en realidad, controlar la variabilidad del proceso que lo origina.

Las organizaciones deben valerse de técnicas y herramientas que les permitan identificar, medir, controlar y reducir la variación en los procesos, para concretar así las acciones de mejora de la calidad apropiadas. (PANDE, NEUMAN, & CAVANAGH, 2004) (2). La filosofía de calidad de Taguchi se basa en tres conceptos fundamentales. En primer lugar, considera que el diseño en la fase inicial del producto es fundamental para lograr la calidad en el resultado final. Por otra parte, sostiene que la calidad de los productos mejora cuando se minimiza la variabilidad en torno al valor nominal u objetivo.

Por último entiende a los costos de la no calidad como resultado del accionar de toda la organización en su conjunto y, en particular, como función de la variabilidad en los procesos.

La visión de Taguchi se manifiesta en sus contribuciones más reconocidas a la mejora de la calidad, y en este trabajo se centra en el Índice de Capacidad de Procesos C_{pm}, que constituye una herramienta valiosa del Control Estadístico de la Calidad para la identificación, medición, control y reducción de la variación de los procesos. (WU & WU, 1997) (3)

¿Por qué hacer un Estudio de Capacidad?

El estudio de Capacidad de los Procesos es de gran importancia porque actualmente uno de los mayores retos de los fabricantes es el de competir ofreciendo productos y servicios de alta calidad a bajo costo. El Estudio de Capacidad de Proceso nos va a ser útil para:

1. Medir que tan bueno es nuestro proceso para producir productos que estén dentro de las especificaciones.
2. Ayudar a los diseñadores o realizadores del producto a seleccionar o modificar un proceso.
3. Reduce la variabilidad en un proceso de Manufactura.
4. Ayuda a establecer un intervalo entre muestreo y controles de proceso.
5. Especificar los requisitos para el funcionamiento de nuevos equipo.
6. Elegir entre diferentes proveedores.
7. Planear la sucesión de procesos de producción cuando existe un efecto interactivo de los procesos sobre las tolerancias.

De esta manera podemos darnos cuenta que el análisis de capacidad de proceso es una técnica que tiene aplicaciones en muchas partes del proceso, que incluyen el diseño del producto y del proceso, la búsqueda de proveedores, la planeación de la producción o fabricación y la manufactura en sí misma.

Sin embargo, de los puntos anteriores se tomará como el más importante al primero de ellos para fines de esta investigación.

El enfoque será dirigido a analizar cómo medir que tan bueno es un proceso en términos de que este sea capaz o incapaz de producir dentro de los márgenes establecidos. Cuando un proceso es catalogado como incapaz los procedimientos de muestreo de aceptación deben mantenerse como parte del proceso. (MONTGOMERY, 1991) (4).

Definición de un Proceso Capaz o Incapaz

Un proceso que es incapaz es aquel que se sale de los límites de especificaciones. La incapacidad de un proceso puede presentarse cuando la variación en este es muy grande y no cabe dentro de los límites (fig. 1).

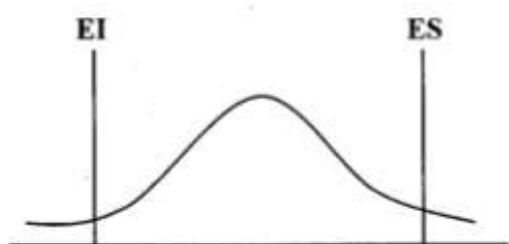


Figura 1 Proceso Incapaz

Por otro lado podemos tener procesos que en un inicio este dentro de los límites especificados y que con el paso del tiempo su variación crece y se sale de estos (fig. 2).

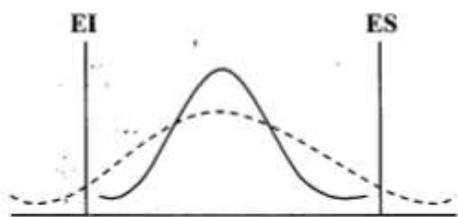


Figura 2 Proceso en el que cambió la variación

O podemos tener otro proceso en el cual se cumpla con los límites aunque su variación no aumente (fig. 3).

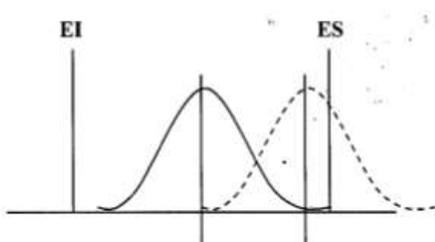


Figura 3 Proceso con promedio móvil

Es importante que para la realización de un Estudio de Capacidad se cuente con las condiciones normales de operación, lo cual se refiere a que un proceso de manufactura esté operando bajo instrucciones aprobadas, es decir, que use las materias primas o materiales que han sido especificados en la planeación, operadores con experiencia y entrenados, máquinas bien preparadas, equipo de medición verificado y calibrado, además de contar con un medio ambiente apropiado. (MONTGOMERY, 1991) (5).

Propósito Principal del Estudio de Capacidad

El propósito principal del Estudio de la Capacidad de un Proceso es evaluar si dicho proceso cumple con las especificaciones establecidas en la etapa de diseño para todas aquellas características de calidad críticas del proceso.

Índice de Capacidad de Procesos C_{pm}

La calidad final de un producto comienza desde el momento mismo en que es diseñado y prosigue con la implementación y control del proceso que lo lleva a cabo.

Cuando la variabilidad de los procesos sólo está afectada por causas aleatorias, es decir, el proceso está bajo control estadístico, tiene sentido medir su capacidad para producir unidades dentro de las especificaciones, (MONTGOMERY, 1991) (6).

Los índices más convencionales para cuantificar la capacidad de un proceso son los índices C_p y C_{pk} , que calculan la capacidad como el cociente entre las especificaciones de diseño y la variación natural del proceso. La aplicación de estos índices presupone que los procesos a los cuales se aplican tienen característica de calidad con distribución de probabilidad normal.

Para una característica de calidad con especificaciones bilaterales, la capacidad de un proceso centrado en el valor nominal y que opera bajo control estadístico, se mide por medio del índice C_p como:

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma} \quad (1)$$

Donde LES es el Límite de Especificación Superior, LEI es Límite de Especificación Inferior y σ es la desviación estándar del proceso. Si el proceso se desplaza de su centro se recurre al índice C_{pk} que tiene en cuenta, además de la variabilidad, la media del proceso:

$$C_{pk} = \min\left\{\frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\mu}\right\} \quad (2)$$

A mayor valor de C_p ó C_{pk} , menos porcentaje de la producción estará fuera de especificación. En la práctica, se suele considerar que el valor mínimo aceptable para los índices de capacidad es 1.33, lo que equivale a 6.3 artículos fuera de especificación cada 100000.

Los índices C_p y C_{pk} son considerados índices de capacidad de primera generación, pues se basan en la filosofía clásica del control estadístico de procesos.

De acuerdo con ella, todas las medidas resultantes en el intervalo de tolerancia son consideradas “buenas”, sin tener en cuenta su proximidad a los límites de especificación.

Taguchi, a partir de la función pérdida y de la pérdida promedio, desarrolla una alternativa a los índices de capacidad de procesos de primera generación: el índice C_{pm} , que mide mejor que el C_{pk} el centrado del proceso y la variabilidad. Se define como:

$$C_{pm} = \frac{LES - LEI}{6r}$$

dónde $r = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$ (3)

El índice C_{pm} considera las desviaciones del valor objetivo a manera de pérdida cuadrática. Su definición tiene en cuenta la variación total del proceso alrededor del valor nominal a través de, considerando tanto la variabilidad σ^2 del proceso como su centrado $(\mu - N)^2$. Es decir, pena tanto la dispersión del proceso como su alejamiento del valor nominal. Para el índice C_{pm} también acepta como valor razonable 1.33 (BOYLES, 1991) (7).

El índice C_{pm} se considera de segunda generación dado que es una ampliación del índice C_p y representa el enfoque de Taguchi acerca de la mejora de la calidad.

Es decir, las medidas no solo deben de ser “buenas” por estar dentro del intervalo de especificación sino que también se debe saber qué tan buenas son por su proximidad al valor nominal. C_p y C_{pk} refieren al porcentaje de elementos fuera de especificación, mientras que C_{pm} refiere a la calidad global de los mismos.

La elección del índice a emplear es, en definitiva, una decisión estratégica, ya que ella exhibe el concepto de calidad para la empresa.

Taguchi se enfoca en la reducción de la variación en relación con un valor objetivo y no en la reducción de la variabilidad sólo para cumplir con las especificaciones, por lo cual el índice C_{pm} resulta apropiado para medir la calidad de un proceso. (MONTGOMERY, DISEÑO Y ANALISIS DE EXPERIMENTOS, 1991) (8).

Estudio previo de simulación contrastando como mejor índice a C_{pm} versus C_{pk}

Un estudio de simulación realizado por (HERNANDEZ, DE LA PAZ, GARCIA, & al, 2015) (9), se hizo la corrida de simulación para demostrar que C_{pm} tiene mejor performance para detectar procesos no capaces que el índice C_{pk} .

Para Procesos Normales

Se simularon procesos normales con diferentes corrimientos de su media μ respecto al valor nominal y distintos desvíos estándar σ . Se fijó el valor nominal a 0 y los límites de especificación +3, -3. Se seleccionaron aleatoriamente 25 muestras de tamaño 4 para cada población normal generada a partir de diversos valores de parámetros μ y σ y luego se calcularon los índices C_{pk} y C_{pm} estimados.

Cada proceso se simuló 10000 veces y se contabilizó el número de veces en que cada índice fue menor que 1.33, considerando que estos casos corresponden a procesos no capaces. Los resultados se presentan a continuación (fig. 4):

Media	Desvío	C_{pm} real	C_{pk} Real	Número de $C_{pm} < 1.33$	Número de $C_{pk} < 1.33$
0	0.5	2	2	0	0
	0.25	4	4	0	0
	0.125	8	8	0	0
1	0.5	0.89	1.33	9909	0
	0.25	0.97	2.66	8740	0
	0.125	0.99	5.33	6706	0
1.5	0.5	0.63	1	10000	23
	0.25	0.65	2	10000	0
	0.125	0.66	4	10000	0
2	0.5	0.485	0.667	10000	4792
	0.25	0.496	1.333	10000	0
	0.125	0.499	2.667	10000	0
2.5	0.5	0.392	0.33	10000	9962
	0.25	0.398	0.66	10000	0
	0.125	0.399	2.667	10000	0

Figura 4 Comparación de la Performance de los Índices C_{pm} y C_{pk} en procesos normales

Por ejemplo para un proceso con media $\mu = 1$ y $\sigma = 0.5$, los índices reales son $C_{pm} = 0.89$ (que señala un proceso no capaz) y $C_{pk} = 1.33$ (que indica un proceso capaz). De las 10000 simulaciones para esos valores de los parámetros, en 9909 C_{pm} resultó menor que 1.33, es decir, en 9909 casos detectó la falta de capacidad del proceso, mientras que C_{pk} siempre indicó un proceso capaz, es decir, C_{pk} nunca pudo detectar un corrimiento de la media en dos desvíos estándar respecto del valor nominal.

Como es de esperar, cuando el proceso está centrado ambos índices tienen igual performance. Cuanto mayor es el desplazamiento de la media respecto al valor nominal, mayor diferencia se observa en la performance de los índices para detectar procesos no capaces. C_{pm} pena no solamente la variabilidad sino también el desplazamiento de la media del proceso, y aunque disminuya el desvío estándar, el valor del índice no mejora considerablemente. Esto no ocurre con C_{pk} , que aumenta su valor al disminuir el desvío.

En los casos en que los desvíos son pequeños, se puede observar que los índices C_{pk} estimados a partir de las simulaciones determinan que los procesos son capaces, sin tener en cuenta el desplazamiento de la media del proceso. Incluso, cuando la media se desplaza más de dos unidades respecto al valor nominal y estando a sólo una unidad del límite superior de especificación, se puede concluir del valor de C_{pk} que se estaría en presencia de un proceso capaz (para $\sigma = 0.25$) o de capacidad Seis Sigma (para $\sigma = 0.125$).

En cambio, para la totalidad de las simulaciones, en estos casos C_{pm} exhibe correctamente la realidad de los procesos.

Pasos a seguir para un Estudio de Capacidad

Para realizar un estudio de capacidad se deben realizar los siguientes seis pasos:

1. Seleccionar las características críticas de la calidad (deben de ser factores que puedan ser medidos numéricamente). Los criterios para decidir qué características de calidad son críticas tienen que ver con funcionalidad, calidad y costos.
2. Recolección de Datos. Se debe de tener un sistema para recolectar datos de manera que se tengan al menos 100 datos para el factor o característica que se quiera controlar.
3. Establecer control sobre el proceso. Es requisito mantener un proceso dentro de control para determinar su capacidad.
4. Analizar los datos del proceso. Se determina la capacidad calculando los índices de capacidad del proceso, calculando la media y la desviación estándar con los datos obtenidos del proceso.
5. Analizar las fuentes de variación. Identificar qué factores están afectando la variación natural del proceso.
6. Establecer sistemas de monitoreo del proceso. Una vez que los estudios de capacidad nos indican si es capaz o no el proceso se establece un sistema de control estadístico y verificar que el proceso se mantenga dentro de las especificaciones de calidad a través del tiempo. (J. M. JURAN, 1995).

Implementación del C_{pm} en el Centro de Llenado “Ideal del Agua Ligera”

Para poder contrastar los conceptos y metodologías antiguas de la calidad con los índices C_{pk} , C_p y C_r dentro del marco de un Estudio de Capacidad de Proceso con el índice de capacidad de proceso de Taguchi, el C_{pm} .

Se implementó este estudio en una purificadora de agua llamada “Ideal de Agua Ligera” con dirección en Avenida Sur No.1, Colonia Insurgentes, Iguala de la Independencia, Guerrero, Mexico.

RODRIGUEZ-BUCIO, Norma, PEREZ-CABRERA, Pascual Felipe, HERNANDEZ-PASTRANA, Veronica Petra y KIDO-MIRANDA, Juan Carlos. Implementación del índice de Taguchi en contraste con los índices convencionales para los estudios de capacidad de procesos. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Objetivo

- Demostrar que el Índice C_{pm} es mejor para medir la variabilidad de los procesos.

Parámetros

El parámetro de la característica de calidad a evaluar fue la altura a la que se llena un garrafón de agua estándar con altura de 50 cm (500 mm), tomando como base de altura desde el piso hasta la tapa, como se muestra en la Figura 5, con Límite de Especificación Superior a 48 cm (480 mm) y Límite de Especificación Inferior a 42 cm (420 mm), midiendo de esta manera la variabilidad del proceso de llenado, como lo muestra la Figura 5.



Figura 5 Característica de Calidad evaluada del garrafón (altura de llenado)

Recolección de datos

Los datos de la siguiente tabla representan los datos obtenidos en el proceso de llenado de garrafones en la purificadora “Ideal del Agua Ligera” con su respectiva media y desviación estándar. Como se aprecia el tamaño del subgrupo es de $n = 10$ y se tiene un total de 20 subgrupos. Los datos están dados en Milímetros. (La \bar{x} y σ se obtuvieron con Excel).

Sub-grupo	Mediciones										Media	Desviación Estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	46	44	45	43	42	44	43	43	48	43	446.2	18.5100573
2	42	43	49	43	41	48	46	45	43	48	452.2	27.6196387
3	43	45	45	45	48	46	43	43	45	43	451.7	14.5223965
4	45	43	46	49	48	43	44	45	44	44	455.1	18.9411369
5	45	43	43	47	44	47	46	45	44	46	455.2	14.2111068
6	45	44	46	46	46	44	47	47	47	48	466	12.7975692
7	46	46	48	48	45	43	42	49	44	44	459.3	22.7207688
8	46	44	46	48	46	42	43	44	45	46	454.2	16.8047612
9	45	48	43	42	48	45	46	47	45	46	460.5	19.5291804
10	46	43	46	46	47	48	42	47	47	47	465	20.5101601
11	47	47	46	44	45	44	46	43	42	49	457.9	20.2509259
12	43	45	45	46	42	42	44	43	47	46	446.1	18.3269686
13	46	46	47	46	45	41	44	47	44	48	458.2	20.3404359
14	45	44	44	47	43	45	45	44	48	45	455.7	14.1110674
15	47	45	46	44	42	45	48	42	42	47	452.2	22.4687437
16	44	45	43	45	42	46	46	44	46	46	452	14.1656862
17	44	49	45	43	47	47	47	46	42	46	462.1	21.789141
18	44	45	49	41	44	45	44	49	48	45	458.2	25.7457656
19	45	42	46	43	46	48	45	48	47	43	458.1	22.5262809
20	43	48	45	47	43	46	48	42	43	47	457.1	23.1057953
Media de Medias											456.2	
Media de Desviación Estándar											19.4498793	

Tabla 1 Resultados obtenidos del proceso de llenado de garrafones

Cálculo de los límites de control para las Cartas $\bar{X} - S$

Usando el programa Minitab 17 se obtuvieron los siguientes resultados como lo muestra la Figura 6. Donde obtuvimos unos resultados para la Media de la muestra de $\bar{x} = 456.15$ mm, que es igual al Límite de Control Central, para el Límite de Control Superior = 475.12 mm y el Límite de Control Inferior = 437.18 mm.

Y para la Desviación Estándar de la Media de $\sigma = 19.45$ mm, que es igual al Límite de Control Central, para el Límite de Control Superior = 33.38 mm y el Límite de Control Inferior = 5.52 mm.

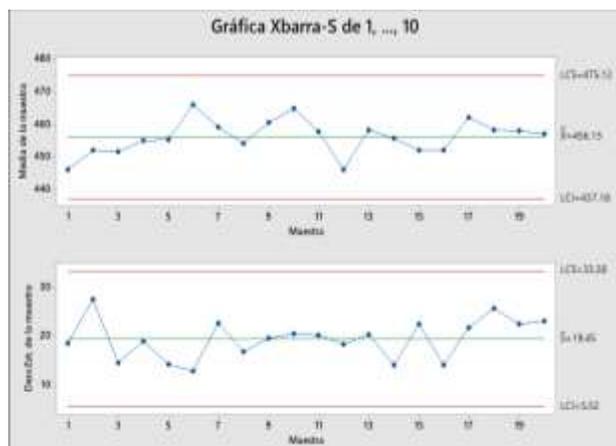


Figura 6 Límites de Control para las Cartas $\bar{X} - S$

Entonces, para continuar con nuestro estudio y aplicar los índices de capacidad, nuestro proceso debe de estar bajo control y precisamente si podemos concluir que el proceso evaluado si está bajo control estadísticamente hablando porque no presenta ningún punto fuera de las líneas de los límites de control, con corridas normales (que no presenta seis puntos consecutivos debajo o por encima de la línea central), tampoco existen tendencias (siete puntos consecutivos en forma ascendente o descendente), y no tiene ciclos ni agrupamientos (cuando el movimiento de los puntos se encuentran alrededor de la línea central).

Estudio de Capacidad

Los datos de la siguiente tabla representan Una vez establecidos todos los parámetros anteriores, junto con la recolección de datos y el análisis para comprobar que nuestro proceso a evaluar si este bajo control estadístico, se procede a realizar el Estudio de Capacidad donde implementaremos los Índices Convencionales contrastándolos con el Índice de Taguchi. Para ello contamos con un Límite de Especificación Superior (LES) = 48 cm (480 mm) y un y Limite de Especificación Inferior (LEI) = 42 cm (420 mm).

Estimación de la Desviación Estándar del Proceso

La fórmula para estimar la Desviación Estándar del Proceso está dada como lo muestra la Figura 7.

$$\sigma = s = \frac{\bar{R}}{d_2}, \tag{1}$$

Figura 7 Desviación Estándar del Proceso

Pero antes de calcular la σ , se calcularon las Cartas de $\bar{X} - R$ con Minitab 17 justo como lo muestra la Figura 8. Donde obtuvimos unos resultados para la Media de la muestra de $\bar{x} = 456.15$ mm, que es igual al Límite de Control Central, para el Limite de Control Superior = 474.52 mm y el Limite de Control Inferior = 437.78 mm.

Y para la Desviación Estándar de la Media de $s = 19.45$ mm, que es igual al Límite de Control Central, para el Limite de Control Superior =

105.9 mm y el Limite de Control Inferior = 13.3 mm.

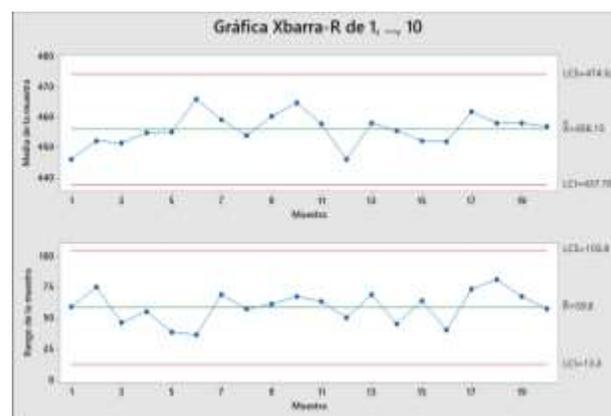


Figura 8 Límites de Control para las Cartas $\bar{X} - R$

Y sustituyendo esos valores en la formula obtenemos $\sigma = S = \frac{59.6}{3.078} = 19.3632229$ mm. Donde d2 se obtuvo a partir de la tabla que muestra la Figura 9.

Observaciones en la muestra n	Gráficas para medias			Gráficas para desviación estándar						Gráficas de rangos						
	Factores para los límites de control			Factores para la línea central			Factores para los límites de control			Factores para la línea central			Factores para los límites de control			
	A	AL	AL	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	
2	1.103	1.688	2.983	0.707	1.213	0	1.267	0	2.000	1.258	0.800	0.813	0	1.688	0	3.267
3	1.732	1.433	2.954	0.8862	1.1138	0	2.188	0	2.270	1.693	0.9817	0.888	0	4.318	0	2.334
4	1.580	1.732	2.838	0.9332	1.0668	0	2.286	0	2.388	1.819	0.9817	0.888	0	4.658	0	2.282
5	1.342	1.777	2.427	0.9488	1.0512	0	2.389	0	2.476	2.028	0.9298	0.844	0	4.933	0	2.214
6	1.221	1.463	2.281	0.9515	1.0485	0.000	2.479	0.029	2.576	2.194	0.9446	0.846	0	5.175	0	2.164
7	1.224	1.419	1.882	0.9504	1.0492	0.100	2.562	0.113	2.666	2.354	0.9389	0.813	0.234	5.334	0.070	1.924
8	1.041	1.573	1.993	0.9488	1.0512	0.181	2.635	0.176	2.752	2.507	0.9312	0.828	0.388	5.508	0.130	1.804
9	1.000	1.617	1.932	0.9489	1.0511	0.258	2.706	0.232	2.837	2.659	0.9247	0.838	0.547	5.691	0.184	1.688
10	0.949	1.658	1.875	0.9487	1.0513	0.334	2.776	0.289	2.969	2.810	0.9189	0.787	0.687	5.881	0.233	1.577
11	0.900	1.697	1.821	0.9484	1.0516	0.410	2.846	0.345	3.101	2.961	0.9132	0.787	0.833	6.076	0.280	1.464
12	0.850	1.736	1.766	0.9479	1.0520	0.486	2.916	0.394	3.232	3.112	0.9075	0.778	0.982	6.274	0.327	1.351

Figura 9 Tabla de Valores para las Gráficas de Rangos con n Observaciones en la muestra

Cálculo de los Índices de Capacidad

Ahora procedemos a calcular los índices de capacidad para lo cual nos basaremos en las formulas de la Figura 10.

Concepto	Capacidad de corto plazo
Proceso con doble especificación	
Índice de capacidad potencial del proceso.	$C_p = \frac{\text{Rango de especificación}}{\text{Habilidad del proceso}} = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$
Razón de capacidad potencial.	$C_r = \frac{6\sigma}{LES - LEI}$
Índice de capacidad real de un proceso.	$C_{pk} = \min\left\{\frac{\mu - LEI}{3\sigma}, \frac{LES - \mu}{3\sigma}\right\}$
Índice de taguchi	Donde: $\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$

Figura 10 Fórmulas de los Índices de Capacidad

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.

Índice de Capacidad Potencial del Proceso (C_p)	=	0.51644295
Razón de Capacidad Potencial (C_r)	=	1.93632229
Índice de Capacidad Real de un Proceso (C_{pk})	=	0.41057215
Índice del Proceso de Centrado (C_{pm})	=	0.03895124

Tabla 2 Resultados obtenidos de los Índices de Capacidad de Proceso

Resultados

Los resultados obtenidos de los índices de capacidad se ven reflejados en el siguiente histograma de frecuencias (Figura 11) hecho con Minitab 17 en las que se observa que existen muchos datos fuera los límites de especificaciones.

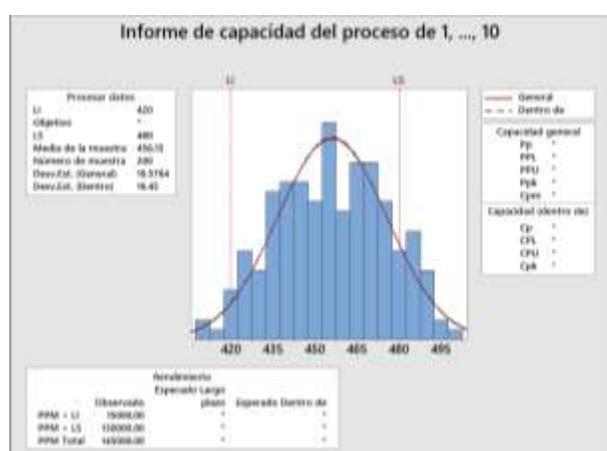


Figura 11 Histograma de Frecuencias

En la Figura anterior se observa que precisamente es un proceso de pesado, clasificación o retrabajo, lo cual indica que existen muchos datos saliéndose de los Límites de Especificación establecidos. Con un $C_p = 0.51$, un $C_r = 1.93$, un $C_{pk} = 0.41$ y un $C_{pm} = 0.03$.

Ahora bien, de acuerdo a su interpretación y su contraste de acuerdo al objetivo de este trabajo encontramos lo siguiente tomando en cuenta el 1.33 como el 100% de los datos (200):

1. El $C_p = 0.51644295$, esto nos evidencia que el proceso no cumple con las especificaciones pues se espera siempre un $C_p > 1$, siendo que el valor perfecto sería un valor mayor a 1.33 o mayor a 1.50.
2. El $C_r = 1.93632229$, nos indica que la variación del proceso abarca o cubre un 193% de la banda de especificaciones por lo que su capacidad potencial es inadecuada.
3. El $C_{pk} = 0.41057215$ que nos indica una capacidad no satisfactoria, aquí el valor perfecto sería un $C_{pk} > 1.25$ para un proceso ya existente, como lo es el llenado de garrafones.
4. El $C_{pm} = 0.03895124$ que nos indica de la misma forma que el proceso no cumple con las especificaciones satisfactoriamente, siendo el valor ideal $C_{pm} > 1.33$, lo cual indicaría que el proceso está dentro de una quinta parte central del rango de especificaciones.

Análisis de Resultados

Puesto que hemos contrastado los índices de capacidad del proceso anteriores, nos damos cuenta que efectivamente todos marcan que el proceso de sale de los Límites de Especificación, puesto que todos deberían ser mayor a 1, y en procesos ideales mayor a 1.33.

Así vemos que el Índice de Capacidad de Taguchi mide mejor esta variabilidad puesto que su índice fue el único que marcó alto grado de variabilidad; el C_p mostró que le hacía falta al proceso un 0.8135 para alcanzar el 1.33, el C_{pk} un 0.8394 para alcanzar un 1.25 y el C_{pm} un 1.29104 para alcanzar el 1.33.

Entonces bien, de todos los índices anteriores el C_{pm} fue el que concluyó que existía más variabilidad en el proceso. Ahora bien contabilizando manualmente los garrafones que se salían de las especificaciones encontramos que fueron 27 garrafones y sustituyendo en una simple regla de 3 para 1.33 encontramos lo siguiente:

$$\text{Total de Garrafones} = 200$$

Total de Garrafones Fuera de Especificaciones = 27

Si 1.33 = 200 Garrafones Dentro de las Especificaciones, entonces $200 - 27 = 173$ Garrafones que queremos encontrar su valor con respecto a 1.33

Luego entonces aplicamos la regla de 3:

$$\begin{aligned} 1.33 &= 200 \\ X &= 173 \\ X &= 1.1504 \end{aligned}$$

Ahora bien 1.33 – 1.1504 (Garrafones buenos) = 0.17955 que es el valor para los garrafones Malos (Fuera de las Especificaciones).

Así pues vemos que C_p midió 0.51644295, con una diferencia de **0.33689295** y C_{pm} midió 0.03895124 con una diferencia de **0.14059876**.

Ahora sustituyendo en una simple regla de 3 para 1.25 encontramos lo siguiente:

$$\text{Total de Garrafones} = 200$$

Total de Garrafones Fuera de Especificaciones = 27

Si 1.25 = 200 Garrafones Dentro de las Especificaciones, entonces $200 - 27 = 173$ Garrafones que queremos encontrar su valor con respecto a 1.25.

Luego entonces aplicamos la regla de 3:

$$\begin{aligned} 1.25 &= 200 \\ X &= 173 \\ X &= 1.08125 \end{aligned}$$

Ahora bien 1.25 – 1.08125 (Garrafones buenos) = 0.16875 que es el valor para los garrafones Malos (Fuera de las Especificaciones).

Así pues vemos que C_{pk} midió 0.41057215, con una diferencia de **0.24182215**.

Conclusiones

Dado que C_{pm} es un mejor indicador midiendo que tan malo es el proceso de acuerdo a los valores reales de 1.33 para C_p y C_{pm} y un valor real de 1.25 para C_{pk} Observamos las siguientes diferencia:

$$\begin{aligned} C_{pm} &= \mathbf{0.14059876} \\ C_p &= \mathbf{0.33689295} \\ C_{pk} &= \mathbf{0.24182215} \end{aligned}$$

Concluimos pues que el mejor de los tres indicadores anteriores fue C_{pm} puesto que fue el valor que más se acercó a 0, lo cual indica una menor diferencia con el valor teórico de los 27 garrafones fuera de las especificaciones que se traduce como una mejor medición.

Referencias

- (7) BOYLES, R. (1991). *THE TAGUCHI CAPABILITY INDEX*. Journal of Quality Technology. Vol 23, 17-26.
- (9) HERNANDEZ, A., DE LA PAZ, G., GARCIA, L., & al, (2015). INVESTIGACION OPERATIVA. LA METODOLOGIA DE TAGUCHI EN EL CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD (pág. 64 a 83). Facultad Regional Bahía Blanca: Centro de Estudios de Calidad Total.
- (10) J. M. JURAN, F. M. (1995). *ANALISIS Y PLANEACION DE LA CAPACIDAD*. México: Mc Graw Hill.
- (4), (5), (6) MONTGOMERY, D. (1991). *CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD*. México: Grupo Editorial Iberoamericana. ISBN 968-7270-79-9.
- (8) MONTGOMERY, D. (1991). *DISEÑO Y ANALISIS DE EXPERIMENTOS*. México: Grupo Editorial Iberoamericana. ISBN: 968-7270-79-9.

(2) PANDE, P., NEUMAN, R., & CAVANAGH, R. (2004). *LAS CLAVES PRACTICAS DE SEIS SIGMA. UNA GUIA DIRIGIDA A LOS EQUIPOS DE MEJORA DE*

PROCESO. Madrid: McGraw Hill, ISBN: 84-481-4037-0.

(1), (3), WU, Y., & WU, A. (1997). *DISEÑO ROBUSTO UTILIZANDO LOS METODOS DE TAGUCHI*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos. ISBN: 84-7978-305-2.

Estandarización de procesos, para la reducción de SCRAP en una empresa dedicada a la fabricación de tornillos para el sector automotriz

Standardization of processes, for the reduction of SCRAP in a company dedicated to the manufacture of screws for the automotive sector

GUTIERREZ-CORTES, Martha Gabriela*†, CHACON-OLIVARES, Maria Del Carmen, RICO-CHAGOLLÁN, Mariana y CASTAÑEDA-CANALES, Mariana

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carretera Irapuato-Silao Km. 12.5 C.P. 36821

ID 1^{er} Autor: *Martha Gabriela, Gutierrez-Cortes*

ID 1^{er} Coautor: *Maria Del Carmen, Chacon-Olivares*

ID 2^{do} Coautor: *Mariana, Rico-Chagollán*

ID 3^{er} Coautor: *Mariana, Castañeda-Canales*

Recibido 23 de Marzo, 2018; Aceptado 12 de Mayo, 2018

Resumen

Se planteó como objetivo el reducir el Scrap en un 10% del tornillo originado de los procesos de la máquina de inyección y máquina en donde se realiza el recubrimiento de adhesivo en las cuerdas. Verificando y mejorando el método de preparación del recubrimiento del adhesivo.

Y estandarizando los procesos, aplicando herramientas de calidad. Se realizó la recolección de la información, utilizando técnicas exploratorias y descriptivas en los procesos involucrados, de esta manera se detectó en que maquina se realizaría las pruebas. Se llevó a cabo la revisión comprobando que se siguieran las actividades del checklist en específico del arranque de la máquina involucrada en la elaboración del tornillo, detectando las condiciones y los parámetros, Se realizaron pruebas con procedimientos de calentamiento de moldes, inyecciones en vacío y con piezas. Es de suma importancia mejorar los niveles de productividad aprovechando al máximo la materia prima, además, respetando y siguiendo los manuales de trabajo, por medio de la estandarización del proceso. Y es así como se verá reflejado en una reducción de costos, que al final, es nuestro punto de atención. Así como el cumplimiento del compromiso de calidad adquirido con nuestros clientes.

Estandarización, Uniformidad, Scrap, Procesos

Abstract

The objective was to reduce the Scrap by 10% of the screw originated from the processes of the injection machine and adhesive coating machine. Checking and improving the method of preparing the coating of the adhesive. Standardizing processes, applying quality tools. The collection of information were obtained through observation techniques in the processes involved, in this way it was detected in which machine the tests would be carried out. The review were carried out verifying that the checklist activities were followed in specific to the starting of the machine involved in the elaboration of the screw, detecting the conditions and the parameters, tests were carried out with procedures of Heating of moulds, injections in vacuum and with parts. It is of paramount importance to improve the levels of productivity taking advantage of the raw material, in addition, respecting and following the manuals of work, by means of the standardization of the process. In addition, this is how it will appear reflected in a cost reduction, which in the end, is our point of care. As well as the fulfilment of the commitment of quality acquired with our clients.

Standardization, Uniformity, Scrap, Processes

Citación: GUTIERREZ-CORTES, Martha Gabriela, CHACON-OLIVARES, Maria Del Carmen, RICO-CHAGOLLÁN, Mariana y CASTAÑEDA-CANALES, Mariana. Estandarización de procesos, para la reducción de SCRAP en una empresa dedicada a la fabricación de tornillos para el sector automotriz. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-6: 16-23

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: martha.gutierrez@itesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La estandarización es vital para el crecimiento de la empresa. Se deberá tener conciencia de la importancia de llevarla y adecuarla a las necesidades de las pequeñas empresas. Un proceso que mantiene las mismas condiciones produce los mismos resultados. Por tanto, si se desea obtener los resultados esperados consistentemente, es necesario estandarizar las condiciones, incluyendo los materiales, maquinaria y equipo, métodos, procedimientos y el conocimiento y habilidad de la gente.

Si se quiere lograr una estandarización efectiva, es necesario que todos los miembros del proceso participen en la selección y documentación de un método, así como también que reciban la capacitación necesaria.” (Mauricio Rodríguez Martínez, 2005)

Esta investigación se llevó a cabo en una empresa dedicada al sector automotriz, dedicada a la fabricación de tornillos, teniendo una amplia variedad de ellos en su producción. La empresa cuenta con un producto estrella, que se utiliza en las puertas de los carros de una importante empresa automotriz, y que además es su principal cliente. Este tornillo es especial para la empresa, ya que es el que maneja mayor margen de utilidad.

Hoy en día la competencia obliga a las empresas a ser más eficientes para poder competir, al generar productos con un valor agregado, esto se vuelve esencial en este mundo competitivo en el que vivimos. La mejora continua dentro de las organizaciones cada vez toma mayor importancia, así como la reducción de desperdicios o “Scrap”. En una empresa dedicada a la fabricación de productos, se convierte un tema crítico ya que son de los temas que se necesitan atacar para tratar de disminuir los índices de desperdicios y aprovechar al máximo los recursos.

Justificación

La mejora continua dentro de las organizaciones es de carácter indispensable para logra el objetivo de satisfacer a las expectativas de los clientes ofreciendo calidad y lograr la lealtad en ellos. La reducción de Scrap o reducción de desperdicios es una buena práctica para ahorrar en el proceso productivo y así aumentar la productividad de los recursos, hablese de maquinaria.

Como sabemos todos los procesos son esenciales para poder fabricar en este caso el tornillo, y cada uno de ellos agrega un valor importante al resultado final. Por ello, es de suma importancia mejorar los niveles de productividad aprovechando al máximo la materia prima, además, respetando y siguiendo los manuales de trabajo previamente determinados y autorizados, por medio de la estandarización del proceso.

Y es así como se verá reflejado en una reducción de costos, que al final, es nuestro punto de atención. Añadiendo a eso el cumplimiento del compromiso de calidad adquirido con nuestros clientes.

Problema

Se detectó la necesidad validar las piezas de Scrap rechazado en máquina de inyección y recubrimiento de adhesivo. Establecer procedimientos y/o actualizar información. Estandarización de los procesos productivos.

Antecedentes

Es una empresa transnacional ubicada en la región, dedicada a la fabricación de tornillos, que ha realizado diferentes contribuciones en el desarrollo de una amplia variedad de industrias, incluida la automotriz, mediante la creación y fabricación de tornillos y pernos de alta calidad y alta tecnología.

Los productos que ha desarrollado son ampliamente utilizados para diversos fines. Para suministrar productos de alta calidad, a nivel mundial, han establecido filiales en el extranjero para dar servicio a los mercados locales.

Hoy en día, el negocio de fabricación se ha vuelto muy competitivo, debido a la globalización, la mejora sustancial de las capacidades técnicas de los países avanzados y la competencia de bajo costo. En este entorno empresarial actual, la empresa continúa valorando la mentalidad de "cliente primero", trabaja para satisfacer las necesidades de los clientes y continúa esforzándose para "convertirse en una compañía de sujetadores esencial para la sociedad".

El departamento de Producción es el encargado de la fabricación o de la transformación de la materia prima a producto terminado, es quien determina como se obtendrán las piezas requeridas a producir por medio de operaciones y procedimientos que deben realizar los trabajadores, y al final, todas las actividades nos llevarán al producto terminado por medio de un proceso que se debe de cumplir y unificar para tener una mejor eficiencia en los productos.

Marco Teórico

Calidad: Para Edward Deming considerado como el “padre de la calidad total”, definió la calidad de los productos como un grado predecible de uniformidad que proporciona fiabilidad a bajo costo en el mercado, lo que resumió en la frase: “Hacer las cosas bien, a la primera y siempre”. (Naba Carbellido, 2005).

Cliente Es la variable principal en un proceso de ventas, es la persona que adquiere un bien o un servicio para uso propio o ajeno a cambio de un precio determinado por la empresa y aceptado socialmente. Constituye el elemento fundamental por y para el cual se crean productos en las empresas. (Bastos Boubeta, 2006)

Costos. Los costos son aquellos se calculan antes de la elaboración del producto y en ocasiones durante la producción del mismo. Tienen por finalidad pronosticar el material, la mano de obra y los gastos indirectos a invertirse en un artículo determinado. (E. Reyes Pérez, 2005).

Predecible de uniformidad. que proporciona fiabilidad a bajo costo en el mercado, lo que resumió en la frase: “Hacer las cosas bien, a la primera y siempre”. (Naba Carbellido, 2005).

Defecto. Idea de que los productos han de hacerse siempre correctamente y que quien hace los productos es el responsable de su calidad, es la base del plan cero defectos. (R. C. Vaughn, 1988)

Desperdicio. Es considerado una señal de una producción ineficiente- un signo no solo de generación de desechos, pérdida de materiales, recursos naturales no renovables y energía, sino también de desperdicio del producto. (María Elena Fournier, 2001)

Estandarización. Es la manera que tenemos para registrar todo lo concerniente a nuestro trabajo, en los estándares escribimos como se hace un trabajo, como se lleva a cabo un ajuste, o una inspección, en fin, todo aquello que hacemos todos los días. Podemos decir que es la brújula que nos orienta como se hace el trabajo para realizarlo bien todos los días mientras no se nos ocurra una mejor forma de hacerlo. (Sosa Pulido, 2003).

Proceso. “Secuencias de pasos, tareas o actividades que conducen a un cierto producto, el cual es el objetivo de dicho proceso”.

Sin embargo, la definición de proceso desde la calidad es: “Secuencia de actividades cuyo producto crea un valor para el usuario o cliente”. (Roldán González de las Cuevas, 2006).

Scotch. Los adhesivos de sujeción son micro encapsulados, adhesivos de curado a temperatura ambiente que mejoran el anclaje de sujetadores roscados. Los adhesivos están diseñados para ser recubiertos los sujetadores y secado. Permanecen inactivos hasta la acción de corte de enganchar el sujetador en una tuerca o en una cavidad roscada rompe las cápsulas y permite que el adhesivo se cure. (3M Company, 2016).

Scrap. Es una palabra inglesa que se traduce como chatarra o residuo. En el contexto industrial, Scrap refiere a todos los desechos y/o residuos derivados del proceso industrial. (James W. Sawyer, 2016).

Metodología

Se llevó a cabo una investigación, exploratoria, descriptiva y explicativa. Familiarizándose con el procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

Se revisó que se siguieran las actividades de Checklist de arranque de máquina (condiciones y parámetros)

Verificar que los operadores al inicio de turno llenen los formatos llamados Checklist de las máquinas de inyección, recubrimiento de adhesivo y sorteadora, esto con el fin de que ellos se cercioren que las máquinas están en las mejores condiciones para comenzar sus operaciones.

Los operadores deben ir llenando y revisando visualmente en las maquinas los parámetros establecidos en el Checklist, poniendo la fecha y el turno en que comenzó la producción.

Establecer procedimiento de calentamiento de moldes (inyecciones en vacío y con piezas)

Para esta actividad se comenzó haciendo pruebas, de las cuales se llevaron a cabo desde el mes de diciembre. Se estandarizó el proceso de calentamiento de los moldes y se actualizó el manual de operación para que los operadores realicen el procedimiento del calentamiento al arranque de la máquina de inyección. Estas pruebas consisten en realizar shots (disparos) de inyección de nylon en molde 1 y molde 2 sin material (en vacío) e inyecciones al tornillo en cada molde. Estas pruebas se corrieron con diferentes números de disparos e inyecciones.

Prueba 1.- Calentamiento de moldes con 5 vaciadas en vacío y 5 con tornillo. Verificar primeras piezas,

Prueba 2.-Calentamiento de moldes con 3 vaciadas en vacío y 3 con tronillo. Verificar primeras piezas

Prueba 3.-Calentamiento de moldes con 4 vaciadas en vacío y 4 con tornillo. Verificar primeras piezas.

A continuación, se presenta un diagrama en el cual se muestra el proceso de fabricación del tornillo.

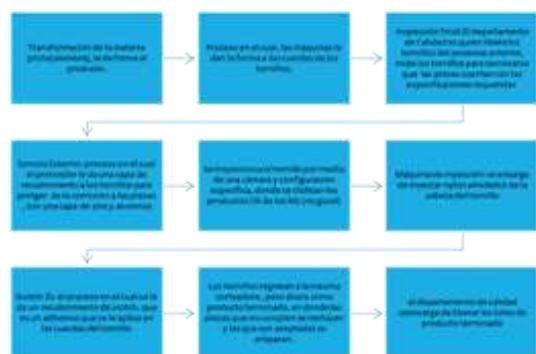


Gráfico 1 Proceso de fabricación del tornillo. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los datos obtenidos en la empresa



Figura 1 Tornillo con apariencia de grumo

En la siguiente tabla, se especifican las pruebas, fechas y resultados obtenidos de cada una de ellas.

Prueba	Inicio	Término	Molde 1	Molde 2
1	14/12/2017	19/12/2017	Apariencia de marca en la inyección	Marcas y burbujas dentro del nylon inyectado
2	20/12/2017	09/01/2018	Apariencia de marca en la inyección, pero sólo en los tornillos que se encuentran en el exterior del ramal, mientras las piezas faltantes se encuentran bien.	
3	10/01/2018	10/03/2018	En esta prueba se definió que este sería el proceso de calentamiento de moldes, ya que las primeras piezas de arranque no presentaban algún defecto	

Tabla 1 Resultado de las pruebas realizadas. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los datos obtenidos en la empresa

Resultados

De acuerdo a los resultados de las pruebas realizadas, se estableció que el procedimiento de calentamiento es de 4 inyecciones en vacío y 4 con tornillo para cada molde, esas piezas se utilizan como piezas de arranque y de ajuste de máquina. Esta actividad se realiza cada inicio de turno.

Se actualizó y se modificó la instrucción de trabajo del área de inyección donde se dan las especificaciones al inicio de turno y como realizar el procedimiento paso a paso de las piezas de arranque y ajuste de máquina, por medio de fotos que sirven como ayuda visual para que el operador pueda hacer las actividades que le competen y así poder iniciar la producción.

Para finales del año del 2017, la máquina de inyección tuvo problemas; se le aplicó mantenimiento a la maquina inyectora en el mes diciembre y se cambiaron los moldes, esto ocasionó que las piezas al ser inyectadas salieran de los moldes con rebaba o exceso de material de nylon y marca en la inyección.

Se comenzaron a estudiar todas las posibilidades en las cuales se pudiera ver involucrada el exceso de material inyectado. La posibilidad en la que más se trabajó y se estudio fue en los parámetros con los que trabaja la máquina. No se tenían los parámetros bien establecidos y se requería ayuda de los técnicos expertos en el trabajo y funcionamiento de las máquinas.

Además, se incluyó y se realizaron 3 acciones correctivas para la máquina, las cuales son:

Acción correctiva 1. Se actualizó el procedimiento de limpieza de mangueras del secador de material y se estableció la frecuencia con la que se debe limpiar la máquina.

Para esta acción, se actualizo y se hicieron algunas modificaciones a la instrucción de trabajo en donde se indica cómo se debe hacer la limpieza en el secador de la máquina de inyección paso a paso. Y se estableció la frecuencia en la cual se debe hacer esta operación, y se definió que debe hacerse cada fin de mes para mantener el nylon limpio y sin contaminación de material extraño.

Acción correctiva 2. Se definió el procedimiento del calentamiento de moldes.

Se definió esta operación con el fin de tener la temperatura correcta en los moldes y modificar en las piezas de ajuste, si fuera necesario. Para esta actividad se actualizó y se modificó el manual de operación de la máquina, en donde se definió con el resultado de las pruebas anteriormente mencionadas, el procedimiento del arranque de máquina.

Acción correctiva 3. Se estableció el procedimiento de cambio de agua en los moldes y limpieza de mangueras, y la reposición de agua en el Chiller. Y se definió su frecuencia. Así como el depósito de agua que se saque de los moldes.

El propósito de esta acción es que el agua de entrada y de salida que se encuentra por dentro de los moldes 1 y 2 que sirve para enfriar, se cambie a la frecuencia establecida (semanalmente) con el fin de que no se acumule por mucho tiempo y después llegue a dañar el molde internamente por problema de sarro o alguna otra causa. Además, se acordó que el agua que se drene de los moldes, se reponga la misma cantidad en el Chiller de la máquina. Es importante mencionar que el agua drenada se deposite en el lugar que establezca los encargados de seguridad e higiene.

Con estas acciones, se pretende corregir los problemas recurrentes que se presentaron en el área de inyección para evitar que se vuelva se repita. Además, sirve como un mantenimiento preventivo y lograr que se encuentre limpia y sin contaminación alguna por dentro de la máquina.

En la máquina de inyección seguían presentándose situaciones, a pesar de las acciones correctivas que se estaban llevando a cabo. Después, se llegó a la conclusión y se comprobó que los tornillos no tienen la dimensión real establecida en el plano.

En el departamento de calidad, se hacía la medición del dimensional del cuello al límite de la cabeza del tornillo (como se muestra en la figura 2) en el comparador óptico, para verificar si se encontraba por fuera de los límites establecidos y así relacionar la razón del exceso de material o rebaba de las piezas inyectadas.

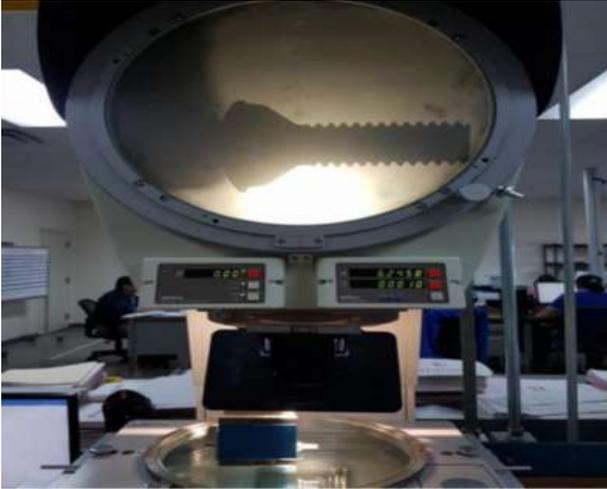


Figura 2 Comparador óptico, para medir dimensional de la cabeza del tornillo

El resultado de esta actividad, se puede concluir que no todos los lotes de tornillos no tienen la dimensión que establece el plano real, para que al introducirlos en los moldes de la máquina de inyección las piezas queden a la medida de los moldes, y así, al cerrar el molde superior de la máquina, no salga exceso de material o la rebaba.

Lo ideal y lo correcto es que las piezas vengan del primer proceso, con las dimensiones requeridas en el plano y que las dimensiones de la cabeza sean las correctas para entrar bien en los moldes y así no haya el defecto de la rebaba. Se agregó la actividad, la cual es, que antes de empezar la producción de inyección de los tornillos, se toma una muestra de cada caja del lote y se mide el dimensional del cuello al límite de la cabeza, y en caso, de no ser la dimensión correcta. Los lotes se dejan en espera para después ser inyectados y hacer pruebas con el cambio de moldes que se le hará a la máquina.

Verificar y mejorar el método de preparación de Scotch.

En esta actividad, se realizó una mejora y una actualización de los instructivos de trabajo y manuales de operación para la preparación del adhesivo, en la cuales se reemplazaron actividades que no se hacían y se compraron herramientas nuevas de trabajo para mejorar el método de preparación.

De las actividades principales del método de preparación se actualizó el manual de operación, donde, se introdujo y modificó la preparación de la solución y las cantidades exactas de lo que se debe agregar a la bomba de la máquina.

En el manual de operación se especifica que la lata o cubeta que se utiliza para la mezcla del adhesivo debe estar completamente limpia.



Figura 3 Cubeta para mezcla limpia

Además de la actualización de documentos del área, se trabajó con la herramienta de calidad 5S, la cual consiste en tener el lugar de trabajo limpio y ordenado que mejora el ambiente de trabajo, la seguridad de las personas y el equipo

De acuerdo a la observación y pruebas realizadas y después de aplicar la herramienta 5S, se determinaron dentro de la empresa

Organizar y seleccionar. Se trata de organizar todo, separar lo que sirve de lo que no sirve.

En el área de trabajo de Scotch, se desechó lo que ya no tenía utilidad y solo se dejó las cosas más utilizadas por ellos.

Ordenar. Se establecieron políticas de orden para cada proceso involucrado. Se colocaron estas políticas a la vista para que sean conocidas por todos y en el futuro nos permitan practicar la mejora permanente.

En el área de scotch se colocó una ayuda visual en la mesa de trabajo para que los operadores supieran como debe encontrarse y mantenerla limpia, ordenada y delimitada donde debe ir cada cosa en su lugar.

Limpiar. Realizar la limpieza inicial con el fin de que el operador/ administrativo se identifique con su puesto de trabajo y maquinas/equipos que tenga asignados.

Establecer la liberación del proceso en máquina de Scotch (Parámetros y Piezas de arranque): Cuando la solución está preparada y la viscosidad se encuentra dentro de los parámetros definidos, los operadores encargados del área de Scotch Grip deben comenzar ajustando las lanas, que son pequeñas laminas que tocan las cuerdas del tornillo para quitar el exceso de adhesivo. Se trabajó en una ayuda visual para que los operadores le realicen limpieza.

Para establecer la liberación de las piezas de arranque de la máquina de Scotch, se debe checar primero la viscosidad, ya que, es de mucha importancia medirla por cuestiones del adhesivo, en ocasiones los operadores preparan la pintura desde un día antes y esto ocasiona que la pintura se vuelva más espesa y más gruesa, añadido a eso, los operadores no hacen una buena agitación para la solución y ocasiona que el adhesivo se asiente. La máquina de Scotch tiene una alarma que les facilita y es de mucha ayuda para que los operadores sepan en que momento limpiar las lanas y que estas quiten el exceso de adhesivo correctamente, además que tengan un buen ajuste en el cuerpo de tornillo.

Y para finalizar se acordó validar las piezas de Scrap que eran rechazado por calidad.

Agradecimiento

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, por el apoyo y la motivación para la realización de esta investigación con la cual fomenta y apoya el crecimiento de la carrera, y el desarrollo académico de los docentes para la publicación de las investigaciones realizadas y la colaboración con la empresa.

Conclusiones

A continuación, se presenta la gráfica donde se comparan los periodos antes mencionados, en la cual se puede observar que hubo una baja de porcentaje en la posición de scotch y se resolvió considerablemente el problema gracias a la estandarización de los manuales de operación e instructivos de trabajo.

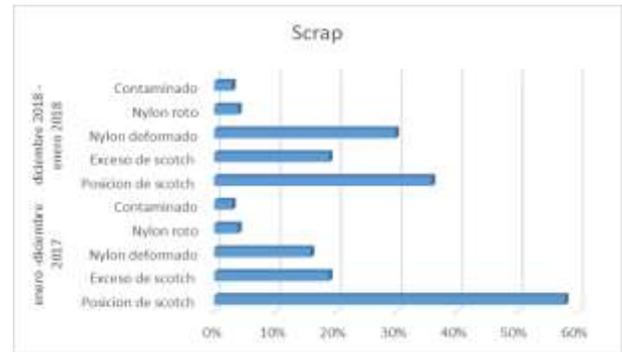


Gráfico 2 Comparación de los periodos comprendidos
Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los datos obtenidos en la empresa

En el mes de abril, se introdujo una nueva plantilla de sorteadores manuales, donde, se representan nuevos problemas provenientes de la máquina de inyección con un alto porcentaje de incidencia, por motivo de rebaba. El problema existió desde enero 2018, ya que en diciembre se hizo un cambio de los moldes de la máquina, estos moldes nuevos trajeron muchos problemas.

Se observó una gran deferencia el scrap de producto terminado del tornillo, pues, se estandarizaron los procesos de los manuales e instructivos de trabajo, según los datos de mes de abril-mayo 2018, de 2, 091,000 piezas inspeccionadas en el lapso de tiempo solo se obtuvieron un 2.0% de Scrap. Se espera que después del último cambio de moldes en la máquina de inyección se reduzca de manera considerable el Scrap del defecto de rebaba de material pues ese problema se lleva el porcentaje más alto de material no conforme con un 65%.

Se mejoraron los procesos y se actualizaron los manuales de operación e instructivos de trabajo para tratar el tema principal.

El área más crítica en el proceso de fabricación del tornillo es la máquina de inyección, es donde se debe de tomar las mejores decisiones para mejorar y tratar de buscar soluciones que optimicen la producción de la máquina y que no haya paros por los problemas.

El principal problema a vencer y el que más porcentaje tiene es la rebaba.

Referencias

Víctor Manuel Naba Carbellido. (2005) ¿Qué es la calidad? Conceptos, gurús y modelos fundamentales. México: Limusa S.A de C.V.

R. C. Vaughn. (1988). Introducción a la ingeniería Industrial. Barcelona: Reverte, S.A.
Fred E. Meyers. (2000). Estudios de tiempos y movimientos. México: Pearson.

Ballou, R. (2004). Logística. Administración de la Cadena de Suministro. (5a. ed.). México: Pearson Prentice Hall.

Oliva, P. (2009). Listas de chequeo como técnica de control. Extraído el 16 de agosto desde:
<http://www.minsal.gob.cl/portal/url/item/7cf9e499a55c4cc7e04001011f016c69.pdf>

Santiago Rojano Ramos. (2014). Dibujo técnico para la transformación de polímeros. España: IC Editorial.

Jaume Aldavert, Eduard Vidal. (2016). 5S Para la mejora continua. Barcelona: Editorial Cims Midac.

Mauricio Rodríguez Martínez. (2005). El método MR. Bogotá: Norma.

Ana Isabel Bastos Boubeta. (2006). Fidelización Del Cliente. España: ideaspropias

Ernesto Reyes Perez. (2005). Contabilidad de Costos. México: Limusa.

María Elena Fournier. (2001). Manejo integrado de desechos sólidos y líquidos post consumo. Costa Rica: EUNED

Demetrio Sosa Pulido. (2003). Manual de calidad total para operarios. México: Limusa.

Luis Roldán González de las Cuevas. (2006). 10 pasos para aumentar su rentabilidad. Madrid: Díaz de Santos, S.A.

The Associated Press. (2016). The Associated Press Stylebook 2016. New York: Perseus Book LLC.

ames. W Sawyer. (2016). Automotive Scrap Recycling: Processes, Prices and Prospects. New York: RFF Press.

Uso de ingredientes funcionales no cárnicos en la elaboración de jamón cocido artesanal

Use of non-meat functional ingredients in the preparation of artisan cooked ham

ZAMORA-CASTRO, Jorge Eduardo^{1†}, ILLESCAS-CHÁVEZ, Edgar¹, HERNÁNDEZ-ZÁRATE, Galdy^{2*} y LUNA-DIMAS, Mayra¹

¹ Universidad Tecnológica de Huejotzingo. Carrera de Procesos Alimentarios. Camino Real San Mateo 36B, Segunda Secc. C. P. 74169 Santa Ana Xalmimilulco, Huejotzingo, Pue., México.

² Colegio de Postgraduados- Campus Veracruz. Carretera Federal Xalapa-Veracruz Km 88.5. Predio Tepetates, Municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. C. P. 91960

ID 1^{er} Autor: Jorge Eduardo, Zamora-Castro

ID 1^{er} Coautor: Edgar, Illescas-Chávez

ID 2^{do} Coautor: Galdy, Hernández-Zárate

ID 3^{er} Coautor: Mayra, Luna-Dimas

Recibido 23 de Marzo, 2018; Aceptado 12 de Mayo, 2018

Resumen

Se evaluó el efecto de la sustitución parcialmente de carne porcina por proteína aislada de soya (1%) y el almidón nativo de papa (2%), sobre las propiedades físicas y organolépticas del jamón cocido artesanal. Se formularon tres jamones, el control a base de carne de perril de cerdo (Jamón 1), y los Jamones 2 y 3 elaborados con los ingredientes funcionales. La pasta cárnica del Jamón 1 y 2 se realizó de manera manual. Por su parte, el Jamón 3 se elaboró empleando la misma formulación del Jamón 2, con la única diferencia, que el proceso se realizó con el uso de maquinaria especializada (tenderizadora y masajadora). La incorporación de estos dos aditivos (hidrocoloides) mejoraron la textura, sabor y pérdida de agua (sinéresis) obtenida en el Jamón 1, incrementando el rendimiento de producción en un 58.69 % para el Jamón 2 y un 64.71% para el Jamón 3. La ganancia neta estimada por merma en el Jamón 2 y 3 al final de proceso fue de \$18.6 y \$ 21.0 pesos, respectivamente. Ambos jamones, de acuerdo a la normatividad mexicana se clasifican como jamón fino. Los resultados de este trabajo demuestran que el uso de ingredientes de origen vegetal, son una buena alternativa para la elaboración de jamones artesanales desde una perspectiva nutricional, económica y organoléptica.

Jamón cocido artesanal, Alimentos funcionales, Soya, Fécula de papa

Abstract

The effect of partial pork meat substitution by soy protein isolate and native potato starch was evaluated on the physical and organoleptic properties of cooked ham. Three hams were formulated, the control based on pork leg meat (Ham1), and Hams 2 and 3 were made with the functional ingredients. The meat paste of Ham 1 and 2 was made manually. Ham 3 was elaborated using the same formulation of Ham 2, however, the process was carried out with the use of specialized machinery (tenderiser and mixer). The incorporation of both additives (hydrocolloids) improved the texture, taste and water loss, observed in the ham 1, increasing production yield by 58.69% for Ham 2 and 64.71% for Ham 3, respectively. Thus, the net gain calculated for losses in the process \$ 18.6 pesos for ham 2 and \$ 21.0 pesos for ham 3, respectively. Both hams are classified as fine according to mexican regulations. The results of this work showed that the use of ingredients of vegetable origin, are a good alternative for the elaboration of artisan hams from a nutritional, economic and organoleptic perspective.

Artisanal cooked ham, Functional foods, Soy, Potato starch

Citación: ZAMORA-CASTRO, Jorge Eduardo, ILLESCAS-CHÁVEZ, Edgar, HERNÁNDEZ-ZÁRATE, Galdy y LUNA-DIMAS, Mayra. Uso de ingredientes funcionales no cárnicos en la elaboración de jamón cocido artesanal. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-6: 24-30

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: hernandez.galdy@colpos.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En las últimas décadas, la industria cárnica ha invertido recursos e investigación científico-tecnológica en el desarrollo de productos con bajo contenido de grasa y calorías (Pacheco Pérez et al., 2011). Las innovaciones han llevado beneficio al consumidor (fisiológicamente); también han tenido impacto positivo sobre los procesos productivos y han posibilitado mejoras significativas en las características organolépticas de los productos.

En tal sentido, se ha favorecido sistemáticamente el uso de materias primas de origen vegetal, cuyas características funcionales superan a las de origen animal y pueden sustituirlas parcial o totalmente de manera eficaz (Keeton, 1994; Jiménez, 2000; Pietrasik y Janz, 2010).

Los alimentos funcionales se definen como aquellos que tienen alguna consecuencia metabólica o fisiológica beneficiosa en el organismo meta. Es decir, son aquellos cuyo efecto es relevante, cuando se trata de mejorar la salud del individuo (Restrepo 2008; Ospina Meneses et al; 2011). Estructuralmente, deben guardar semejanza con los alimentos convencionales y contener uno o más componentes específicos que justifiquen su funcionalidad (Diplock et al., 1999; Restrepo, 2008).

Algunos ingredientes funcionales de origen vegetal que han resultado exitosos en la formulación de embutidos son los cereales (trigo, arroz y maíz) y las legumbres como la soja (*Glycine max* (L.) Merr.) o el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Kurt y Kiliñçeker, 2009, Albarracín et al., 2010 La mayoría de ellos se utilizan como agente aglutinante o extensor, debido a su capacidad para aumentar la retención de agua y grasa.

Diversos estudios han demostrado la viabilidad de emplear hidrocoloides alimenticios de origen vegetal como sustitutos o reductores de grasa en productos cárnicos; entre ellos destacan la carragenina, alginatos, goma xántica, goma de guar o algarrobo (Rogers, 2001; Andrès et al., 2006; Bhattacharyya et al., 2007; Kurt and Kiliñçeker, 2009).

Generalmente, la proteína vegetal usada cual componente análogo de la carne ha resultado exitosa en la industria cárnica.

Eso se debe a diversos efectos beneficiosos en la salud, por ejemplo: disminución de los niveles de colesterol en la sangre, protección contra enfermedades del corazón y disminución de los riesgos de contraer cáncer (Diplock et al., 1999; Yue, 2001; Camou y Valenzuela, 2014). Agréguese a ello la similitud en el contenido de proteína, la reducción en los costos de formulación y la funcionalidad.

La proteína de soja se ha utilizado con mayor amplitud que otros componentes en la elaboración de jamón y salchichas, debido a su elevado contenido de proteína (~50%) y a sus propiedades aglutinantes, las cuales favorecen la retención de agua, así como la aglutinación y la emulsificación de la carne (Yoshi y Kumar, 2016). Se ha demostrado que tales propiedades mejoran la estabilidad física y química de los productos durante su vida útil.

La inclusión de ingredientes funcionales en la elaboración de productos tipo jamón debe referenciarse adecuadamente. Tales ingredientes han de ser dotados con ciertas propiedades deseables, que permitan trocar su imagen negativa en una positiva, y que los ubique dentro del mercado como alimento nutritivo, a la vez deseable y saludable para el consumidor. Por eso, el objetivo de este trabajo ha sido el de evaluar la línea de fabricación del jamón cocido artesanal y rediseñarla a partir de la sustitución parcial de carne porcina por ingredientes funcionales de origen vegetal como la soja (proteína vegetal hidrolizada) y la fécula de papa (que permite mejorar la textura, el rendimiento y la eficiencia de producción).

Metodología a desarrollar

Proceso de elaboración del Producto

En este trabajo se evaluaron tres formulaciones de jamón cocido para la obtención de una formulación de jamón artesanal que mejore la calidad del producto en relación a sus características nutrimentales y sensoriales, además de disminuir el costo de producción e incrementar el rendimiento.

Como control (Jamón 1) se empleó una formulación comercial a base de carne magra (sin nervios) de perril de cerdo (Tabla 1).

La carne y los ingredientes (sal cura, sal, condimentos, condimento. California, azúcar, glutamato, eritorbato, sorbato y fosfato disueltos en agua) se homogenizaron en una tina. La mezcla se masajeó durante 20 min (repetiendo el masajeo cuatro veces) a temperatura ambiente, y se incorporó carragenina kappa II y carragenina estandarizada kappa I. La pasta cárnica obtenida, se vertió en moldes para jamón de un kilo y se cocieron por inmersión en agua a 80 °C (considerando un tiempo de cocción de una hora por cada kg de pasta cárnica).

Las formulaciones 2 (Jamón 2) y 3 (Jamón 3) se elaboraron sustituyendo parcialmente la carne de cerdo por dos ingredientes funcionales de origen vegetal: proteína aislada de soya y fécula de papa (ver Tabla 1). En ambas formulaciones, a la salmuera se le incorporó una mezcla de hidrocoloides basada en carrageninas kappa II y estandarizadas kappa I, que en sinergia con la proteína aislada de soya favorece la retención del agua y emulsificación de las grasas.

Ingredientes	Jamón (%)	Jamón 2 y 3 (%)
Pierna de cerdo magra y sin nervios	53.73	49.80
Agua Purificada	43	21.75
Hielo Purificado		21.75
Mezcla comercial de carrageninas kappa I y II	0.96	0.96
Proteína aislada de soya		0.70
Almidón nativo de papa		1.90
Cloruro de sodio	0.29	0.69
Nitrito de sodio al 6 %	0.29	0.29
Tripolifosfato de sodio granular	0.49	0.49
Sacarosa	0.146	0.15
Condimento para jamón	0.29	0.29
Condimento californiano	0.146	0.15
Glutamato monosódico	0.090	0.90
Eritorbato de sodio	0.090	0.09

Tabla 1 Formula de jamón artesanal cocido a base de jamón de pierna (jamón 1) y fórmula rediseñada con la incorporación de ingredientes funcionales (soya y fécula de papa), Jamón 2 y 3

Para la elaboración del Jamón 2, la carne y los ingredientes se colocaron en una tina, y a diferencia del Jamón 1, se masajeó a temperaturas bajas (2 °C – 8 °C) mediante la adición de agua y hielo purificado. La pasta cárnica masajeada se almacenó durante 24 h a 4 °C. Posterior al reposo, se realizó el enmoldado en fundas de cocción directa.

El escaldado se realizó por inmersión en agua a 80 °C, considerando un tiempo de cocción de 1 hora por kg de producto, hasta alcanzar los 73 ±1 °C en la parte central del producto.

El proceso de elaboración de la pasta cárnica del Jamón 1 y 2 se realizó de manera manual. Por su parte, el Jamón 3 se elaboró empleando la misma formulación que se utilizó para el Jamón 2, con la única diferencia, que el proceso se realizó con el uso de maquinaria especializada. Lo anterior, con el fin de establecer si existe algún efecto significativo sobre los rendimientos de producción y/o las propiedades organolépticas del producto, al emplear este tipo de maquinaria. El Jamón 3 se elaboró con equipo especializado: a, una tenderizadora (Marca Tor-Rey) para obtener una carne más suave y flexible (apertura de las células del tejido de la carne) y así disminuir el tiempo de masajeado, y b, una mezcladora de carne (Marca KOC, Mod. 64108) para regular los tiempos de trabajo y reposo de la pasta cárnica durante el masajeado.

Para las tres formulaciones, el jamón cocido se rebanó 24 h después de finalizada la cocción, se empacó al vacío y se almacenó a 4 ± 1 °C durante 20 días para su análisis posterior.

Rendimientos de Producción de Jamón artesanal. Para calcular el porcentaje de rendimiento esperado, el porcentaje de rendimiento real y el porcentaje de merma en el proceso se utilizaron las siguientes formulas:

$$\text{Porcentaje de rendimiento esperado} = \frac{(\text{kg de PEF})}{(\text{kg de CEF})} \times 100 \quad (1)$$

donde,

PEF= producto esperado en formulación

y

CEF= carne empleada en formulación

$$\text{Porcentaje de rendimiento real} = \frac{(\text{kg de producto obtenido})}{(\text{kg de carne en formulación})} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Porcentaje de merma en el proceso} = \frac{(\text{PRE} - \text{PRR})}{(\text{PRE})} \times 100 \quad (3)$$

donde,

PRE = Porcentaje de rendimiento esperado

y

PRR = Porcentaje de rendimiento real

A partir de estos valores, se calculó la ganancia neta del producto (Jamón 2 y 3), como resultado de la sustitución parcial de carne de cerdo por ingredientes funcionales de origen vegetal. Para ello se consideró el precio actual del kilo de jamón artesanal en el mercado nacional (\$ 80 pesos).

Análisis Proximal

A los tres jamones se les realizó un análisis proximal para determinar los principales componentes: porcentajes de humedad (NMX-F-083-1986), grasa (NMX-F-089-S-1978) y proteína (NMX-F-608-NORMEX-2002). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Análisis sensorial

Los Jamones 2 y 3 se compararon con la formulación comercial del Jamón 1 a base de pernil de cerdo. Los parámetros evaluados fueron: color, sabor, consistencia y apariencia general (en base a jamones comerciales).

Análisis Estadísticos

A las variables medidas en el análisis proximal, se les realizó un análisis de varianza de una vía para detectar diferencia entre medias. Estos análisis se realizaron con una confianza del 95% ($\alpha = 0.05$), usando la paquetería del programa *Statistical 5.5* (StatSoft, Inc. OK, USA.).

Resultados y Discusión

Proceso de elaboración del Producto

El análisis del proceso de elaboración del jamón cocido artesanal a base de carne de pernil de cerdo (Jamón 1), permitió identificar fallas de procedimiento y formulación.

Durante el proceso de masajeo las temperaturas oscilaron entre 10 °C–15 °C. El masajear a estas temperaturas no favorece la emulsificación adecuada de la carne. En este paso, se recomienda masajear la pasta cárnica a temperatura baja (mediante la adición agua y hielo purificado), que no exceda los 6 °C. La inclusión en la formulación de proteína aislada de soya y almidón nativo de papa, mejoraron el proceso de producción de los Jamones 2 y 3, reduciendo la merma observada por sinéresis en el Jamón 1 (Figura 1A).

Para productos cárnicos la proteína aislada de soya se recomienda usar en niveles de 1 - 2% (Lambeky, 1998), debido a que el aislado de proteína de soya tiene el sabor más suave y un mayor contenido de proteína ($\geq 90\%$) que la soya sin procesar; y en consecuencia, al igual que en este trabajo, puede usarse como un aglutinante de carne como una buena fuente de proteína (Akesowan,2008).



Figura 1 Producto terminado. A Jamón 1; B Jamón 2 y C. Jamón 3

Rendimientos de Producción de Jamón artesanal

La integración de la proteína aislada de soya y el almidón nativo de papa en la formulación de jamón cocido artesanal, permitieron en sinergia con la carragenina incrementar el porcentaje de rendimiento real del jamón 2 con respecto al jamón 1 en un 58.69 % (Tabla 2).

Por su parte, la formulación del Jamón 2, con el uso de maquinaria (equipo especializado), se empleó para elaborar el Jamón 3, mejorando el porcentaje de rendimiento real del proceso en un 6.02%, con respecto al Jamón 2, y en un 64.71% con relación al Jamón 1.

Análisis	Tipo de Jamón			Valor * Permisible por la Normatividad Mexicana
	Jamón 1	Jamón 2	Jamón 3	
Humedad (%)	81.5 ± 0.21 ^a	72.0 ± 0.41 ^b	68.03 ± 0.68 ^c	75 (Valor máximo)
Proteína (%)	16.82 ± 0.36 ^a	16.53 ± 0.27 ^a	16.61 ± 0.24 ^a	16 (Valor mínimo)
Grasa (%)	0.17 ± 0.12 ^a	0.31 ± 0.14 ^a	0.33 ± 0.16 ^a	6 (Valor máximo)

*NOM-158-SCFI-2003 Las letras diferentes en la misma fila, indican que hay diferencia estadística ($P < 0.05$) ($a > b > c$)

Tabla 2 Valores Promedio (\pm Desv. Est, n=3) de la composición proximal de humedad, proteína y grasa de los tres jamones de evaluados

El uso de estos dos ingredientes funcionales (con función hidrocoloide) durante el proceso de elaboración del jamón cocido, redujo el porcentaje de merma del Jamón 2 y 3 en un 23.6 % y 26.3 %, respectivamente, con relación al jamón 1. Además de reducir en un 80 % la merma por causa de sinéresis (Jamón 1) después de tres semanas de almacenamiento (Figuras 1A-C).

Con esta formulación, se logró incrementar la ganancia neta (por merma) por kilo de jamón producido en \$18.6 y \$ 21.0 pesos para el Jamón 2 y 3, respectivamente.

Análisis Proximal

En la tabla 3 se presentan los valores de los análisis proximales. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre los porcentajes de grasa y proteína en los tres jamones. El contenido de proteína estuvo dentro de rango establecido por la NMX-F-123-S-1982 (valor mínimo 16%). No así, para el porcentaje de grasa, cuyos valores estuvieron por debajo de los límites establecidos por la norma mexicana para jamones magros (3%).

Sin embargo, estos resultados resultan benéficos para la salud del consumidor, debido a que se reduce la ingesta de grasas saturadas y colesterol. En relación a la humedad, el Jamón 1 fue significativamente mayor ($p < 0.05$) a los Jamones 2 y 3, rebasando los límites establecidos por la Norma Mexicana. Este exceso de humedad fue la causa principal de la sinéresis en el Jamón 1, debido a una temperatura mayor ($\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) a la empleada durante el proceso de masajeo. Estos resultados muestran que en general los tres jamones evaluados se encuentran en la clasificación de fino, de acuerdo a la normatividad mexicana.

Análisis sensorial

En la figura 1A se muestra el producto final del Jamón 1, donde se observa que la carragenina (gel) es exudada del jamón (sinéresis) después de tres semanas de almacenamiento. Esto indica que la carragenina no funcionó adecuadamente como agente retenedor de agua, ocasionando pérdidas por merma, y que el producto adquiere una textura dura (apariencia seca) con pérdida de color, olor y sabor.

Por su parte, la incorporación de proteína aislada de soya y almidón nativo de papa mejoran las características organolépticas del Jamón 2 y Jamón 3.

Estos resultados coinciden con lo señalado por (Cofrades et al., 2000, Sáyago-Ayerdi et al., 2009, Choi *et al.*, 2010, Decker y Park, 2010), quienes han demostrado que la fibra adicionada a productos cárnicos interacciona con las proteínas y con el agua, mejorando la textura en salchichas, jamones, salami, y patés entre otros.

Parámetros	Jamón 1	Jamón 2	Jamón 3
Pierna de cerdo magra y sin nervios (%)	53.0	49.8	49.8
Cantidad de Producto esperado por formulación (kg)	1	1	1
Cantidad de Producto obtenido (kg)	0.70	0.95	0.98
Rendimiento esperado (%)	188.68	200.80	200.80
Rendimiento real (%)	132.08	190.76	196.79
Perdida por Merma (%)	28.3	5.0	2.0

Tabla 3 Valores de rendimiento esperado, rendimiento real y pérdida por merma para el jamón artesanal cocido a base de jamón de pierna (jamón 1) y fórmula rediseñada con la incorporación de ingredientes funcionales (soya y fécula de papa), Jamón 2 y 3

Camou y Valenzuela (2014) refuerzan la idea de que el uso de ingredientes funcionales de origen vegetal (que contienen fibra) en la elaboración de embutidos, aumenta la capacidad de retención de agua en el producto. Estos ingredientes reducen la pérdida de agua por manejo, y disminuyen el riesgo por contaminación microbiana, al no existir agua libre. Asimismo, la pérdida de peso durante la cocción del jamón, también es menor, manteniendo al producto más jugoso y con una mejor textura. Esta condición, además, permite que los compuestos volátiles responsables del sabor y aroma sean liberados más lentamente.

En este trabajo, el proceso de embutido del Jamón 1 y 2 se llevó a cabo de manera manual, lo que provocó la formación de pequeñas cavidades, las cuales pudieron influir negativamente en la apariencia del jamón.

El uso de la tenderizadora permitió obtener una carne más suave y flexible, debido a una mayor ruptura de las fibras musculares. Este proceso mejoró la extracción de las proteínas de la carne, permitiendo incrementar la capacidad de retención del agua (CRA), como consecuencia de una mayor formación de matrices de proteína solubilizadas en la pasta cárnica (Jiménez y Carballo, 1989). Así, la interacción entre las proteínas y los hidrocoloides empleados en este estudio (proteína aislada de soya y almidón nativo de papa) permitieron acelerar el proceso de curación del jamón 3 (formación del complejo nitrosomioglonina).

Por su parte, el uso de la mezcladora de carne durante el masaje permitió obtener una mezcla más homogénea, suave y flexible, la cual en la etapa de enmoldado o llenado de fundas, redujo significativa la presencia de orificios internos en el producto final. La pérdida de agua en relación al Jamón 1, mejoró así, las características organolépticas del jamón en cuanto a su olor, intensidad de color y su uniformidad en el rebanado (Figura 1C). Este proceso puede ser mejorado aún más, si se emplea una masajeadora con vacío.

Agradecimiento

Se agradece a la Universidad Tecnológica de Huejotzingo por el apoyo en el uso de talleres y laboratorios.

Conclusiones

En este trabajo se probaron tres fórmulas para mejorar el proceso de elaboración del jamón cocido artesanal, sustituyendo parcialmente la carne porcina por ingredientes funcionales de origen vegetal. Se demostró que el uso de proteína aislada de soya y almidón nativo de papa en combinación con la carragenina (Jamón 2 y 3) reduce significativamente la pérdida de peso por causa de la sinéresis hasta en un 80 % con relación al Jamón 1 (control a bases de carne porcina). Los resultados mostraron que ambos jamones cumplen con las especificaciones normativas en contenido proteico (16%, 8 % de proteínas son de origen animal y el 8 % son de origen vegetal) que los clasifica como jamón fino de acuerdo a la Norma Mexicana.

El uso de estos ingredientes funcionales incrementó el rendimiento de producción (58.69 % para el Jamón 2 y en un 64.71% para el Jamón 3, respectivamente con relación al Jamón 1), generando una ganancia de hasta \$ 21.00 pesos por kilo de producto. El uso de maquinaria especializada para la elaboración de jamón cocido, permitió que el jamón presente una estructura firme, jugosa, compacta y de excelente presentación (color más intenso, aroma y sabor).

Los resultados de este trabajo demuestran que la selección adecuada de aditivos de origen vegetal, son una buena alternativa para la elaboración de jamones artesanales desde una perspectiva nutricional, económica y organoléptica.

Referencias

- Albarracín, W., Acosta, L. y Sánchez, I. (2010). Elaboración de un producto cárnico escaldado utilizando como extensor harina de frijol común (*Phaseolus spp.*). Revista de la Facultad de Química Farmacéutica, 17(3), 264-271
- Andrès S, Zaritzky N., y Califano, A. (2006). The effect of whey protein concentrates and hydrocolloids on the texture and color characteristics of chicken sausages. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 41, 954-961.
- Akesowan, A. (2008). Effect of soy protein isolates on the quality of light sausages containing Konjac flour. *African Journal of Biotechnology*, 7(24), 4586-4590.
- Bhattacharyya, D., Sinhamahapatra M., y Biswas, S. (2007). Preparation of sausage from spent duck-an acceptability study. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 42, 24-29.
- Diplock, A.T., Aggett P.J., Ashwel, I. M., Bornet, F., Fern. E.B., y Roberfroid, M.B. (1999). Scientific concepts of functional food in Europe: Consensus document. *Brit. J. Nutr.*, 81, 1-27.
- Jiménez-Colmenero, F., y Carballo Santaolalla, J. (1989). Principios básicos de elaboración de embutidos, Ed. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- James W, Lamkey (1998). Non-Meat Ingredients for Meat Processing. *Reciprocal Meat Conference Proceedings*, 51, 48-52.

Jiménez, F. 2000. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products, *Trend in Food Science and Technology*, 11(2), 56-66.

Joshi, V. K., y Kumar, S. (2016). Meat Analogues: plant based alternatives to meat products- A review. *Int. J. Food Ferment. Technol.*, 5, 107–119.

Keeton, J. 1994. Low-fat meat products- technological problems with processing. *Meat Science*, 36(1), 261-276.

Kurt, Ş., y Kiliñçeker, O. (2009). The effects of cereal and legume flours on the quality characteristics of beef patties. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 18(5), 725–730

Norma Mexicana NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios.

Norma Mexicana NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método Soxhlet) en alimentos.

Norma Mexicana NMX-F-608-NORMEX-2002. Determinación de proteínas en alimentos.

Norma Oficial Mexicana NOM-158-SCFI-2003. Jamón-Denominación y Clasificación Comercial, Especificaciones Fisicoquímicas, Microbiológicas, Organolépticas, Información Comercial y Métodos de Prueba.

Ospina Meneses, S. M., Restrepo Molina, D. A., y López Vargas, J. H. (2011). Derivados cárnicos como alimentos funcionales. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 163-172

Pacheco Pérez, W. A., Restrepo Molina, D. A., y Sepúlveda Valencia, J. U. (2011). Uso de ingredientes no cárnicos como reemplazantes de Grasa en Derivados Cárnicos. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 64(2), 6257-6264.

Pietrasik, Z. y Janz, J. (2010). Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat bologna. *Food Research International*, 43(2), 602-608.

Restrepo M., Diego A. (2008). Reporte proyecto de investigación. Los productos cárnicos como alimentos funcionales. Medellín: Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.

Rogers, R. (2001).: Manufacturing of reduced-fat, low-fat and fat-free emulsion sausage. In: Hui, Y., W. Nip, R. Rogers and O. Young. (Ed.), *Meat science and applications* (pp. 443-461). New York, Usa. Marcel Dekker.,

Yue, Xu (2001). Perspectives on the 21st century development of functional foods: Bridging Chinese medicated diet and functional foods. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 36, 229-242

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 Operaciones Tecnológicas. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

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

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

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

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

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

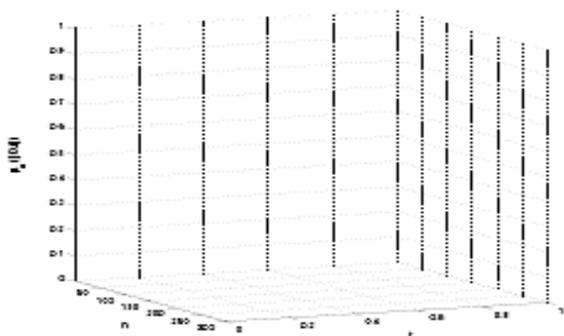


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

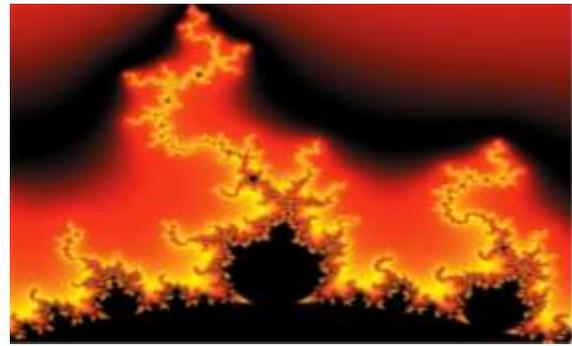


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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

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

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

Metodología a desarrollar

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

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

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

Conclusiones

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

Referencias

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

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

Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

Reserva a la Política Editorial

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

Copyright y Acceso

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

Título del Artículo:

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

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

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

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

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

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

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

Responsabilidades del Consejo Editorial

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

Responsabilidades del Comité Arbitral

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

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

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

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

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

Responsabilidades de los Autores

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

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

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

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

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

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

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

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

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

ECORFAN®

Editora en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Redactor Principal

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Editor Ejecutivo

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Editores Asociados

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

VALLE-CORNAVACA, Ana Lorena. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

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 Operaciones Tecnológicas

“Fibra natural de yute como reforzante de materiales compuestos”

RAMÍREZ-PUENTE, José Manuel, MENDOZA-MIRANDA, Juan Manuel, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen

*Instituto Politécnico Nacional
Universidad de Guanajuato*

“Implementación del índice de Taguchi en contraste con los índices convencionales para los estudios de capacidad de procesos”

RODRIGUEZ-BUCIO, Norma, PEREZ-CABRERA, Pascual Felipe, HERNANDEZ-PASTRANA, Veronica Petra y KIDO-MIRANDA, Juan Carlos

Instituto Tecnológico de Iguala

“Estandarización de procesos, para la reducción de SCRAP en una empresa dedicada a la fabricación de tornillos para el sector automotriz”

GUTIERREZ-CORTES, Martha Gabriela, CHACON-OLIVARES, Maria Del Carmen, RICO-CHAGOLLÁN, Mariana y CASTAÑEDA-CANALES, Mariana

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

“Uso de ingredientes funcionales no cárnicos en la elaboración de jamón cocido artesanal”

ZAMORA-CASTRO, Jorge Eduardo, ILLESCAS-CHÁVEZ, Edgar, HERNÁNDEZ-ZÁRATE, Galdy y LUNA-DIMAS, Mayra

*Universidad Tecnológica de Huejotzingo
Colegio de Postgraduados*

