

ISSN 2523-6806

Volumen 1, Número 3 — Julio — Septiembre - 2017



Revista de
Operaciones
Tecnológicas

ECORFAN[®]



ECORFAN-Taiwán

Indización

- RESEARCH GATE
- GOOGLE SCHOLAR
- HISPANA
- MENDELEY

ECORFAN-Taiwán

Directorio Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD.

Director de la Revista

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC.

Edición Tipográfica

TREJO-RAMOS, Iván. BsC.

Edición de Logística

SERRUDO-GONZALEZ, Javier. BsC.

Revista de Operaciones Tecnológicas, Volumen 1, Número 3, de Julio a Septiembre 2017, 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. 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 Septiembre 2017.

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

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

Consejo Editorial

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD
Universidad Industrial de Santander, Colombia

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD
Universidad de Concepción, Chile

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD
University of Iowa, U.S.

SOLIS-SOTO, María. PhD
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD
Universidad de Santiago de Compostela, España

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD
Université Paris Diderot-Paris, Francia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Consejo Arbitral

VGPA. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

EAO. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

MMD. PhD

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

BRIIIG. PhD

Bannerstone Capital Management, U.S.

EAO. MsC

Bannerstone Capital Management, U.S.

OAF. PhD

Universidad Panamericana, México

CAF. PhD

Universidad Panamericana, México

RBJC. MsC

Universidad Panamericana, México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Operaciones Tecnológicas

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión de la Editora en Jefe.

Como primer artículo está *Automatización de los procesos: migración de la instrumentación neumática, analógica a instrumentación digital en una planta petroquímica en operación* por ESPINOSA-SOSA, Enrique Esteban, GARCÍA-GUENDULAIN, Crescencio, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y VÁZQUEZ-FERNÁNDEZ, Jorge Alberto con adscripción en la Universidad Politécnica de Altamira, como siguiente artículo *H-567, híbrido de maíz para el trópico húmedo de México* por SIERRA-MACIAS, Mauro, RODRIGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio, GÓMEZ-MONTIEL Noel y ESPINOSA-CALDERON, Alejandro como siguiente artículo *SECURITY BAX Almacenamiento de audio, video y geolocalización para transporte de carga* por MEJÍA-MADRIGAL, Jesús, MARTÍNEZ-JAIMES, Nancy Berenice y PADILLA-GÓMEZ, Raúl con adscripción en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, como siguiente artículo *Análisis cinemático de la caja de velocidades de un torno para madera* por REYNALDO-LEDESMA, Jaime, RAMOS-LÁZARO, Gabriela, GUANDULAY-ALCÁZAR, Miguel Ángel y FERRER-ALMARÁZ, Miguel Ángel con adscripción en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, como siguiente artículo *Reconocimiento de contorno en polea de giro libre bajo técnicas de iluminación* por CANO-LARA, Miroslava, VERGARA-ESPARZA, Rosalia, JUÁREZ-RÍOS, Higinio y FONSECA-GALLARDO, Ricardo con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente artículo está *Diseño del proceso de elaboración de jamón de carne de bagre de canal (Ictalurus punctatus) y determinación de la vida de Anaquel* por DIEGO-ESTUDILLO, Oscar, PÉREZ-NAVA, Raymundo, CID-ORTEGA, Sandro y ABRAHAM, Misael con adscripción en la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, como siguiente artículo está *Generación de energía eléctrica a partir de aguas residuales en una celda de combustible microbiana* por GARCÍA-NAVARRO, Josefina, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y ZUMAYA-QUIÑONES, Rocío con adscripción en la Universidad Politécnica de Altamira.

Contenido

| Artículo | Página |
|--|--------|
| Automatización de los procesos: migración de la instrumentación neumática, analógica a instrumentación digital en una planta petroquímica en operación ESPINOSA-SOSA, Enrique Esteban, GARCÍA-GUENDULAIN, Crescencio, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y VÁZQUEZ-FERNÁNDEZ, Jorge Alberto | 1-5 |
| H-567, híbrido de maíz para el trópico húmedo de México SIERRA-MACIAS, Mauro, RODRIGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio, GÓMEZ-MONTIEL Noel y ESPINOSA-CALDERON, Alejandro | 6-14 |
| SECURITY BAX Almacenamiento de audio, video y geolocalización para transporte de carga MEJÍA-MADRIGAL, Jesús, MARTÍNEZ-JAIMES, Nancy Berenice y PADILLA-GÓMEZ, Raúl | 15-21 |
| Análisis cinemático de la caja de velocidades de un torno para madera REYNALDO-LEDESMA, Jaime, RAMOS-LÁZARO, Gabriela, GUANDULAY-ALCÁZAR, Miguel Ángel y FERRER-ALMARÁZ, Miguel Ángel | 22-28 |
| Reconocimiento de contorno en polea de giro libre bajo técnicas de iluminación CANO-LARA, Miroslava, VERGARA-ESPARZA, Rosalia, JUÁREZ-RÍOS, Higinio y FONSECA-GALLARDO, Ricardo | 29-35 |
| Diseño del proceso de elaboración de jamón de carne de bagre de canal (<i>Ictalurus punctatus</i>) y determinación de la vida de Anaquel DIEGO-ESTUDILLO, Oscar, PÉREZ-NAVA, Raymundo, CID-ORTEGA, Sandro y ABRAHAM, Misael | 36-47 |
| Generación de energía eléctrica a partir de aguas residuales en una celda de combustible microbiana GARCÍA-NAVARRO, Josefina, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y ZUMAYA-QUIÑONES, Rocío | 48-56 |

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Automatización de los procesos: migración de la instrumentación neumática, analógica a instrumentación digital en una planta petroquímica en operación

ESPINOSA-SOSA, Enrique Esteban†*, GARCÍA-GUENDULAIN, Crescencio, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adan y VÁZQUEZ-FERNÁNDEZ, Jorge Alberto

Universidad Politécnica de Altamira. Nuevo Libramiento Altamira Km. 3, Santa Amalia, 89602 Altamira, Tamps

Recibido 2 de Julio, 2017; Aceptado 8 de Septiembre, 2017

Resumen

Las plantas industriales, al paso del tiempo, requieren modernizarse en todos los aspectos. En general, las industrias petroquímicas están conformadas con procesos continuos debido a la naturaleza de los materiales que se utilizan para la obtención de los productos. Es por ello que cuando se tienen que reconfigurar en la automatización de sus procesos, debido a su obsolescencia, la metodología empleada en general involucra en un momento determinado hacer parada total de los procesos para reemplazar la instrumentación. Este trabajo de investigación, pretende mostrar el procedimiento empleado en una empresa petroquímica de la zona para reconfigurar la instrumentación de automatización que a diferencia del método tradicional empleado, este procedimiento se desarrolla con la planta en operación. La empresa petroquímica objeto de este estudio tomó la decisión 25 años después de su inicio de operaciones para migrar a la automatización digital utilizando una metodología inusual. Esta investigación se basa en la experiencia propia en una planta petroquímica de la zona industrial del corredor Tampico-Altamira. Con esta metodología empleada se logró el cambio de la instrumentación proceso por proceso en forma gradual observándose de igual manera una reducción gradual en la variabilidad de los procesos.

Automatización, Petroquímica, Digital, Analógico.

Citación: ESPINOSA-SOSA, Enrique Esteban, GARCÍA-GUENDULAIN, Crescencio, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adan y VÁZQUEZ-FERNÁNDEZ, Jorge Alberto. Automatización de los procesos: migración de la instrumentación neumática, analógica a instrumentación digital en una planta petroquímica en operación. Revista de Operaciones Tecnológicas 2017. 1-3:1-5

Abstract

Industrial plants, over time, require modernization in all aspects. In general, the petrochemical industries are conformed to continuous processes due to the nature of the materials used to obtain the products. That is why, when they have to reconfigure themselves in the automation of their processes, due to their obsolescence, the methodology used in general involves at a given moment to stop all processes to replace the instrumentation. This research work intends to show the procedure used in a petrochemical company of the area to reconfigure the automation instrumentation that unlike the traditional method used, this procedure is developed with the plant in operation. The petrochemical company object of this study made the decision 25 years after its beginning of operations to migrate to the digital automation using an unusual methodology. This research is based on our own experience in a petrochemical plant in the industrial area of the Tampico-Altamira Corridor. With this methodology, the process-by-process instrumentation was gradually changed from process to process, with a gradual reduction in process variability.

Automation, Petrochemical, Digital, Analog

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: enrique.espinosa@upalt.edu.mx

Introducción

Las plantas industriales, al paso del tiempo, requieren modernizarse en todos los aspectos. Una industria que no se actualiza en México en donde desde el tratado de libre comercio (TLCAN) se abrió hacia un mercado globalizado, tendrá un destino hacia el inminente cierre por la elevación de los altos costos de producción como consecuencia de la falta de una modernización en todos los sentidos.

En general, las industrias petroquímicas están conformadas con procesos continuos esto debido a la naturaleza de los materiales que se utilizan para la obtención de los productos. Es por ello que cuando se tienen que reconfigurar en la automatización de sus procesos, debido a su obsolescencia, la metodología empleada en general involucra en un momento determinado hacer parada total de los procesos para reemplazar la instrumentación.

Este trabajo de investigación, pretende mostrar el procedimiento empleado en una empresa petroquímica de la zona para reconfigurar la instrumentación de automatización que a diferencia del método tradicional empleado, este procedimiento se desarrolla con la planta en operación.

Justificación

El avance de la tecnología es cada vez mas acelerada, principalmente en el rubro de la instrumentación de automatización. Cada vez aparatos como válvulas, transductores, trasmisores de flujo, temperatura, presión, son mas precisos debido a su desarrollo tecnológico. Lo mismo en materia de software y hardware en modulos de control como controladores individuales, PLC'S, DCS'S y redes de comunicación seguras locales y globales.

Los beneficios de migrar a sistemas de automatización más modernos son muy altos económicamente debido al alto impacto que se tiene en la mejora en el control de la variación de los procesos y consecuentemente en la calidad de los productos obtenidos.

Cuando se tiene un atraso en la instrumentación de 10 años o mas, el beneficio es aun mayor. Las empresas que se dedican al suministro de instrumentación de automatización lo tiene muy claro el beneficio de la migración de instrumentación que han desarrollado estrategias de ventas en las que el industrial no necesita invertir, sino por el contrario, con los beneficios podrá liquidar lo invertido.

Problema

Las empresas petroquímicas están conformadas por procesos continuos, semicontinuos o intermitentes y en todos ellos requieren estar automatizados. Parte de los altos costos de operación tienen que ver con la variabilidad de los procesos afectando fuertemente los índices de calidad. Se ha detectado que una buena parte de la variabilidad en los procesos radica en la operación con instrumentación neumática y en menor grado con instrumentación analógica. A tal punto que se llega el momento de tomar la decisión de reconfigurar la instrumentación a la versión digital.

La empresa petroquímica objeto de este estudio tomó la decisión 25 años después de su inicio de operaciones para migrar a la automatización digital utilizando una metodología inusual.

Hipótesis

Se establece que cambiar la Instrumentación Neumatica a la instrumentación Digital en los procesos de producción eliminara la variabilidad en la operación de los procesos mencionados.

Objetivos

Objetivo General

Eliminar la variabilidad de la operación de los procesos provocada por la instrumentación neumática migrando a la instrumentación digital sin realizar paro total de planta.

Objetivos específicos

- Determinar la manera optima de hacer el cambio de los lazos de control en operación según el nivel de criticidad.
- Supervisar el cumplimiento de la metodología establecida para cambio de la instrumentación.

Marco Teórico

Sistemas de Control

El control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. Además de su extrema importancia en los sistemas de vehículos espaciales, de guiado de misiles, robóticos y similares; el control automático se ha vuelto una parte importante e integral de los procesos modernos industriales y de manufactura. Por ejemplo, el control automático es esencial en el control numérico de las máquinas-herramienta de las industrias de manufactura, en el diseño de sistemas de pilotos automáticos en la industria aeroespacial, y en el diseño de automóviles y camiones en la industria automotriz. También es esencial en las operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad, viscosidad y flujo en las industrias de proceso.

Variable controlada y variable manipulada

La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.

Por lo común, la variable controlada es la salida (el resultado) del sistema. Controlar significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar una desviación del valor medido a partir de un valor deseado.

Clasificación de los controladores industriales. Los controladores industriales se clasifican, de acuerdo con sus acciones de control, como:

1. De dos posiciones o de encendido y apagado (on/off)
2. Proporcionales
3. Integrales
4. Proporcionales-integrales
5. Proporcionales-derivativos
6. Proporcionales-integrales-derivativos

Casi todos los controladores industriales emplean como fuente de energía la electricidad o un fluido presurizado, tal como el aceite o el aire. Los controladores también pueden clasificarse, de acuerdo con el tipo de energía que utilizan en su operación, como neumáticos, hidráulicos o electrónicos. El tipo de controlador que se use debe decidirse con base en la naturaleza de la planta y las condiciones operacionales, incluyendo consideraciones tales como seguridad, costo, disponibilidad, confiabilidad, precisión, peso y tamaño.

Controlador automático, actuador y sensor (elemento de medición)

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de control industrial que consiste en un controlador automático, un actuador, una planta y un sensor (elemento de medición). El controlador detecta la señal de error, que por lo general, está en un nivel de potencia muy bajo, y la amplifica a un nivel lo suficientemente alto.

La salida de un controlador automático se alimenta a un actuador, tal como un motor, una valvula neumática, un motor hidráulico, un motor eléctrico.

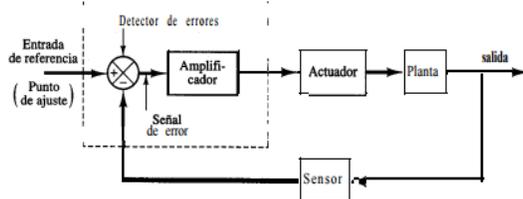


Figura 1 Diagrama de bloques de un sistema de control industrial, formado por un controlador automático, un actuador, una planta y un sensor. Fuente: Ingeniería de Control Moderna 1998

Metodología de Investigación

Esta investigación se basa en la experiencia propia en una planta petroquímica de la zona industrial del corredor Tampico-Altamira.

Tipo de Investigación

Uno de los aspectos que las empresas deben considerar para mantenerse competitivas ante un mercado globalizado es la actualización de sus procesos de fabricación. Nuevas tecnologías en maquinarias, equipos son importantes y eficientes si van acompañadas de tecnologías de automatización moderna. Cuando las plantas deciden cambiar sus ingenierías de control automatizado de sus procesos, el camino a seguir en forma convencional es buscar el mejor momento para hacer una parada total de las operaciones y trabajar en la sustitución de todos y cada uno de los instrumentos por los nuevos siguiendo la planeación programada según sus necesidades. Sin embargo la siguiente metodología fue aplicada para no realizar un paro total para hacer el cambio de instrumentación en todos los procesos de producción. Esta metodología se desarrolló de la siguiente manera:

- Elaboracion, aprobación y ejecución de la Ingeniería de Detalle. Esta parte se realizó con un enfoque de ejecución tomando en cuenta que los procesos continuaron operando.
- Pruebas, configuración e instalación de la instrumentación de campo. Toda la instrumentación se instaló al pie de la instrumentación en uso incluyendo los diferentes sensores que posteriormente fueron colocados en donde van.
- Pruebas, configuración e instalación de los controladores en los DCS's respectivos. Cada controlador fue revisado que tuviese los ajustes que gobierna la sensibilidad y finura del control de acuerdo a los controladores actuales y tomando en cuenta la variable a controlar.
- Sustitución del lazo de control. Esta actividad se realizó una vez que fue verificado el funcionamiento de cada uno de sus elementos respectivos mediante una hoja de verificación la cual fue firmada por los involucrados. La sustitución de los elementos se hizo programando el paro o salida de operación temporal de el lazo de control.

Resultados

Con esta metodología empleada se logró el cambio de la instrumentación proceso por proceso en forma gradual observándose de igual manera una reducción gradual en la variabilidad de los procesos. A diferencia del método convencional, la metodología aplicada permite una mejor respuesta, un mejor seguimiento a la maniobra hecha y al comportamiento de los nuevos instrumentos. También se tiene la ventaja de comparar con procesos similares que aun no fueron cambiados sus controladores.

Conclusiones

Los resultados obtenidos mostraron la efectividad de la metodología empleada en la sustitución de la instrumentación neumática y analógica por instrumentación digital en los controladores de los procesos de producción de una planta petroquímica de la zona. Dependiendo de la complejidad de la automatización de los procesos, se podría extender esta metodología a otro tipo de plantas industriales que por razones diversas se encuentren imposibilitados a dejar de operar por largos periodos para migrar a una nueva instrumentación que le permita reducir la variabilidad en sus procesos.

Referencias

Ogata, K. (1998). *Ingeniería de control*

moderna. Obtenido de http://www.matcuer.unam.mx/~victor/Sistemas/ingenieria_de_control_moderna.pdf

<https://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>

H-567, híbrido de maíz para el trópico húmedo de México

SIERRA-MACIAS, Mauro†*, RODRIGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio, GÓMEZ-MONTIEL Noel y ESPINOSA-CALDERON, Alejandro

Recibido 12 de Julio, 2017; Aceptado 8 de Septiembre, 2017

Resumen

Durante 2010 al 2016, se evaluaron híbridos experimentales de maíz en las áreas tropicales del estado de Veracruz y sureste mexicano en los que se definió H-567 como sobresaliente y fue propuesto para su liberación oficial; este híbrido registró un rendimiento experimental de 6375 kg ha⁻¹, superó en 11% al testigo comercial H-520 y a través de 10 parcelas de validación, superó en 12% al mismo testigo. H-567 es de grano blanco, adaptado a la región tropical en el sureste de México, en altitudes que van de 0 a 1200 msnm, presenta altura de planta intermedia con una relación altura de mazorca/altura de planta de 0.50; buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca; tolerante al acame, con buena cobertura de mazorca y bajo porcentaje de mazorcas podridas. Durante 2015 y 2016, el H-567 y sus progenitores fueron caracterizados de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). Este híbrido será registrado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Catálogo de Variedades factibles de Certificación (CVC) ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

Heterosis, Híbridos, Trópico, *Zea mays* L

Citación: SIERRA-MACIAS, Mauro, RODRIGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio, GÓMEZ-MONTIEL Noel y ESPINOSA-CALDERON, Alejandro. H-567, híbrido de maíz para el trópico húmedo de México. Revista de Operaciones Tecnológicas 2017. 1-3:6-14

Abstract

During 2012 to 2016, there were evaluated maize experimental hybrids through the tropical area in Veracruz state and the southeast of México, which of them, H-567 was defined as the best hybrid and purposed for official liberation. This hybrid registered 6375 kg ha⁻¹, 11% more yield in experimental level and 12% through 10 validation plots than the commercial check H-520. H-567, is a white grain, adapted to tropical region in the southeast of México, in altitude from 0 to 1200 masl, present an intermediate plant height with a relation ear/plant height of 0.50; It presents very good plant and ear aspect, tolerant to lodging, good husk cover and low percentage of ear rot. Thus, during 2015 and 2016, H-567 and their parents were characterized using the technical guide for maize (*Zea mays* L.) varietal description, which was purposed by the International Union for Protecting Vegetal Obtaining (UPOV). This hybrid will be registered by the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP) in the Feasible of Certification Varieties Catalogue (CVC) of the National Service of Inspection and Seed Certification (SNICS).

Heterosis, hybrids, tropic, *Zea mays* L

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: sierra.mauro@inifap.gob.mx

Introducción

La superficie nacional en los últimos años es de alrededor de 8.2 millones de hectáreas, con una producción de 18 millones de toneladas de grano, de las cuales se utilizan para el consumo directo humano 12.3 millones de toneladas; de estas, el 36% es a través de la industria harinera y 64% a través de la industria de la masa y la tortilla en el proceso de nixtamalización; Sin embargo, año con año se importan de 5 a 7 millones de toneladas de grano amarillo para la industria de alimentos balanceados. (Betanzos *et al.*, 2003; SAGARPA, 2012). Del maíz se obtiene el 59% de la energía y el 39% de la proteína que ingiere el mexicano.

En la región tropical se siembran 3.2 millones de hectáreas de maíz, de las cuales un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y donde es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas (Sierra *et al.*, 2001).

Después del proceso de investigación en Mejoramiento genético de maíz, y través de evaluaciones en diferentes ambientes, se definen genotipos sobresalientes por su rendimiento, adaptación y características agronómicas los cuales es importante dar a conocer a los agricultores, agentes de cambio y empresas semilleras las bondades de estos genotipos para su uso comercial, de manera que el agricultor tenga acceso a semilla de buena calidad genética, fisiológica física y sanitaria. En el mejoramiento de maíz para el trópico se generan subproductos que son variedades de polinización libre, variedades sintéticas e híbridos de maíz (Sierra *et al.*, 2014).

En híbridos es importante identificar progenitores con buena aptitud combinatoria, buen rendimiento *per se* y facilidad en la producción de semilla (Gómez 1986; Sierra *et al.*, 2004; Sierra *et al.*, 1992; Reyes 1985; Vasal *et al.* 1994; Vasal *et al.*, 1992a; Vasal *et al.*, 1992b;).

Cuando se ha definido como sobresaliente un nuevo híbrido de maíz, se requiere realizar la caracterización del híbrido y de sus progenitores de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). Lo anterior, con la finalidad de registrarlo en el Catalogo de variedades Factibles de Certificación (CVC), ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (SNICS, 2002)

La semilla es sin lugar a duda el insumo Número Uno en la producción, pues representa el potencial de rendimiento y la calidad de la cosecha. En México, el uso de semilla mejorada aún es bajo. El INIFAP produce la semilla de alto registro, es decir, en las categorías básica y registrada, con la cual se abastece la semilla a las empresas semilleras para producir la semilla certificada que se distribuye a los agricultores para su siembra comercial, por lo anterior, es importante generar la tecnología de producción de semilla para los genotipos que se pretende liberar al comercio a través de su registro ante el SNICS, como es el caso del híbrido trilineal de maíz H-567

Durante los últimos años se generaron híbridos y variedades con gran potencial de rendimiento, adaptados a las condiciones tropicales húmedas del estado de Veracruz y Sureste de México, entre los que destacan por su uso actual H-520, VS-536, H-519C, V-537C, V-556AC y de reciente liberación, el híbrido H-564C de alto rendimiento y alta calidad proteínica (Sierra *et al.*, 1992; Sierra *et al.*, 2001; Sierra *et al.*, 2011)

Objetivos

Compendiar la información sobre el rendimiento y las características agronómicas del híbrido de maíz H-567 adaptado a la región tropical en el sureste de México; Caracterizar el híbrido H-567 y sus progenitores de acuerdo con el formato sugerido por la UPOV y hacer la descripción varietal del híbrido.

Materiales y métodos

Localización. El trabajo se llevó a cabo en Campo Experimental Cotaxtla, Ver., perteneciente al INIFAP, el establecimiento y conducción de experimentos y parcelas de validación se hizo en terrenos de productores en varias localidades comprendidas en el área tropical húmeda y subhúmeda de México que engloba de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1981) al grupo climático A (Aw0, Aw1, Aw2, Am y Af) y corresponden a los climas cálido húmedo y subhúmedo en zonas representativas donde el cultivo de maíz es importante.

Germoplasma utilizado. El germoplasma utilizado en los experimentos fue un grupo de híbridos trilineales experimentales de maíz, en las parcelas de validación fue un grupo de genotipos sobresalientes y en la generación de tecnología para la producción de semilla y caracterización fue el híbrido de maíz H-567, sus progenitores y genotipos testigo.

Particularmente, El H-567 es un híbrido trilineal cuyo progenitor hembra es la cruza simple LT164xLT165 y el progenitor macho es la línea experimental LT166, es decir, su nomenclatura es: (LT164xLT165)xLT166.

Procedimiento. Durante los ciclos otoño invierno y primavera-verano de 2012 a 2016 se condujeron diferentes experimentos, parcelas de validación refrescamiento de material genético y lotes de caracterización de híbridos y variedades de maíz sobresalientes entre ellos, el híbrido trilineal H-567 y sus progenitores, en los estados de Veracruz, Tabasco y Guerrero. Particularmente en los ciclos primavera verano 2012, 2013 y 2016, se condujeron parcelas de validación con los genotipos sobresalientes en terrenos de productores en una superficie estimada de una hectárea en surcos separados a 80 cm, depositando a la siembra dos tres semillas cada 40 cm y una densidad de 62,500 pl ha⁻¹, Las malezas fueron controladas a base de Atrazina y se controlaron plagas del follaje durante el desarrollo del cultivo. La fertilización se hizo de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP en cada localidad; Particularmente para localidad de Cotaxtla se utilizó la fórmula 161-46-00, aplicando todo el Fósforo y un tercio del Nitrógeno al momento de la siembra, el resto del Nitrógeno en la etapa fenológica de amacollamiento al momento del atierre.

Para la generación de tecnología de producción de semilla del H-567, se estudiaron tres factores: relación hembra macho, densidad de población, y dosis de fertilización bajo condiciones de temporal en el ciclo agrícola primavera verano. La parcela experimental constó de 6 surcos de 5 m de largo separados a 80 cm, con las combinaciones generadas se obtuvieron 8 tratamientos, mismos que se distribuyeron bajo un diseño bloques al azar con arreglo en parcelas divididas.

En relación con la caracterización, durante 2015 y 2016, el H-567 y sus progenitores fueron caracterizados de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). Este híbrido será registrado e inscrito por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Catálogo de Variedades factibles de Certificación (CVC) ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (SNICS, 2002)

Variabes y registro de datos. Las principales variables registradas en experimentos y lotes de validación fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, aspecto y sanidad de planta de mazorca, plantas acamadas, enfermedades; a la cosecha se registraron las variables de rendimiento de grano, pudrición de mazorca, humedad de grano. En la generación de tecnología de semillas del H-567 y sus progenitores, se registraron variables adicionales a las variables agronómicas: Rendimiento de materia prima, rendimiento de semilla, forma y tamaño de la semilla. Para la caracterización de germoplasma de maíz, se llevó a cabo durante los ciclos primavera verano 2015 y 2016, para lo cual se establecieron ensayos con los genotipos sobresalientes y sus progenitores, así como genotipos testigo, para el registro de los datos se hizo en parcelas de 6 surcos de 5 m de largo con dos repeticiones y se registraron las características vegetativas en 100 plantas y 40 mazorcas por repetición de cada una de las 66 características sugeridas de acuerdo con el formato de la UPOV y se hizo en los ciclos.

Métodos estadísticos. En los experimentos, dependiendo del número de genotipos a evaluar fueron utilizados diseños alpha látices y bloques al azar con dos repeticiones.

En tecnología de semillas se distribuyó bajo diseño bloques al azar con arreglo en parcelas divididas (Reyes, 1990). Las principales variables de cada actividad fueron analizadas estadísticamente con la prueba múltiple de medias correspondiente. En las parcelas de validación se hicieron muestreos de rendimiento al momento de la cosecha y para su análisis se consideró cada localidad como una repetición.

Resultados y discusión

Con pares de datos de 11 experimentos establecidos en los estados de Veracruz y Tabasco para el híbrido trilineal H-567 y el testigo comercial H-520, fueron analizados como datos apareados (Reyes, 1990); se obtuvieron rendimientos promedio de 6375 kg ha⁻¹ para el híbrido H-567, es decir, 11% más en relación con el H-520, que registró un rendimiento de 5723 kg ha⁻¹, valor que sugiere significancia estadística al 0.05 de probabilidad de error, en virtud de que se encontró un valor para t Calculada=2.59*; valor mayor que $t_{0.05(10)}=2.23$; pero menor que $t_{0.01(10)}=3.17$ (Cuadro 1)

| Experimento | H-520 | H-567 |
|---------------------------------|-------|-------|
| Cot 2010B Híb. sobresalientes | 4451 | 5542 |
| Tlach 2010B Híb. sobresalientes | 6100 | 6877 |
| Huim. 2012B Híbridos | 5083 | 5861 |
| Cot 2013B Híb. experimentales | 4800 | 5600 |
| Cot 2014A Híb. élite | 6800 | 6500 |
| Cot 2014B Híb. Tril. y dobles | 6200 | 6500 |
| Cot 2014B Híb. trilineales | 5442 | 6123 |
| Huim 2015B Híb. trilineales | 6003 | 7112 |
| Cot 2016B Híb. trilineales | 8003 | 8261 |
| Carr 2016B Híb. trilineales | 5666 | 7042 |
| Huim 2016B Híb. trilineales | 4405 | 4707 |
| Suma | 62953 | 70125 |
| Promedio | 5723 | 6375* |
| % Relativo | 100 | 111 |

Significancia de la comparación al 0.05 de probabilidad; T Calculada=2.59; t0.05(10)=2.23; t0.01(10) =3.17; Cot= Cotaxtla, Ver.; Tlach= Los bajos de Tlachiconal; Huim= Huimanguillo, Tab.; Carr= Carlos A. Carrillo, Ver.

Tabla 1 Rendimiento de grano del híbrido H-567 en experimentos del 2010 al 2016

Validación. Con relación a las parcelas de validación de híbridos sobresalientes de maíz, estas se establecieron en 10 ambientes, para efecto de análisis se consideró cada localidad como una repetición; se encontró significancia estadística al 0.01 de probabilidad para los genotipos y para los ambientes y un coeficiente de variación de 12.22%, valor relativamente bajo, que sugiere de acuerdo con (Reyes 1990) confiabilidad de los resultados (Cuadro 2)

| Fuente de variación | GL | CM |
|---------------------|-------|--------|
| Genotipos | 3 | 5.90** |
| Ambientes | 9 | 3.20** |
| Error | 27 | 0.39 |
| CV (%) | 12.22 | |

** Significancia al 0.01 de probabilidad; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; CV= Coeficiente de variación

Tabla 2 Análisis de varianza para Rendimiento de híbridos de maíz Validación. Veracruz, Tabasco y Guerrero. 2012 a 2016

En cuanto al rendimiento de grano para cada uno de los genotipos, se encontró a través de las 10 parcelas de validación, que el híbrido H-567, registró un rendimiento de 5.93 t ha⁻¹, con significancia estadística al 0.05 de probabilidad y 12% más rendimiento en relación con el testigo H-520, híbrido comercial de mayor uso en el sureste de México (Cuadro 3). Lo anterior sugiere que el híbrido H-567, se adapta a la región tropical y representa una buena alternativa para su uso comercial por parte de los agricultores maiceros en el sureste de México.

| Trat | genealogia | Cot 2012B | Huim 2012B | Cuatot 2012B | P. Negras 2012B | Iguala 2012B | Cot 2013B | Cot 2016B | Chical 2016B | Sot 2016B | Huim 2016B | Prom | Rel |
|------|------------|-----------|------------|--------------|-----------------|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|------------|--------|-----|
| 1 | H-567 | 6.29 | 5.99 | 6.97 | 7.42 | 4.96 | 5.6 | 5.56 | 6.94 | 4.9 | 4.69 | 5.93* | 112 |
| 2 | H-520 | 5.27 | 5.2 | 6.36 | 7.02 | 4.56 | 4.8 | 4.55 | 6.61 | 3.66 | 4.78 | 5.28** | 100 |
| 3 | HE-3B | 5.19 | 5.27 | 6.24 | 7.39 | 3.99 | 3.6 | 5.64 | 4.2 | 5.09 | 4 | 5.06 | 96 |
| 4 | H-566A | 3.69 | 5.18 | 5.58 | 4.95 | 4.02 | 2.4 | 4.17 | 4 | 2.9 | 3.99 | 4.09 | 77 |
| | suma | 20.44 | 21.64 | 25.15 | 26.78 | 17.53 | 16.4 | 19.92 | 21.75 | 16.55 | 17.46 | 20.36 | |
| | promedio | 5.11 | 5.41 | 6.29** | 6.70** | 4.38 | 4.10 | 4.98 | 5.44 | 4.14 | 4.37 | 5.09 | |
| | DMS0.05 | 0.87 | | | | | | | | | | | |
| | DMS0.01 | 0.66 | | | | | | | | | | | |

Trat= tratamiento; B= Ciclo primavera verano; Huim= Huimanguillo, Tabasco; Cuatot= Cuatotoapan, Ver.; P. Negras =Piedras Negras; Chical=Chicalpente, Ver.; Sot=Soteapan, Ver.Prom Promedio; % Rel= Porcentaje relativo con relación al testigo comercial

Tabla 3 Rendimiento de grano de híbridos de maíz sobresalientes en Parcelas de validación en Veracruz, Tabasco y Guerrero

Índices ambientales. En cuanto a los índices ambientales, fueron los ambientes de Piedras Negras, Ver., 2012B y Cuatotoapan, Ver. 2012B, los que registraron los más altos rendimientos de grano promedio con 6.7 y 6.27 t ha⁻¹, para cada ambiente, respectivamente, con índices ambientales de 1.61 y 1.27 altamente significativos en relación con el resto de los ambientes.

Por el contrario, los ambientes de Cotaxtla, Ver. 2013B y Soteapan, Ver., 2016B, tuvieron los rendimientos promedio más bajos e índices ambientales negativos (Cuadro 4)

| Ambiente | Rendt ha ⁻¹ | Índice |
|---------------------------|------------------------|--------|
| Cotaxtla, Ver. 2012B | 5.11 | 0.02 |
| Huimanguillo, Tab. 2012B | 5,41 | 0.32 |
| Cuatotoloapan, Ver. 2012B | 6.29** | 1.27** |
| P. Negras, Ver. 2012B | 6.7** | 1.61** |
| Iguala, Gro. 2012B | 4.38 | -0.71 |
| Cotaxtla, Ver. 2013B | 4.1 | -0.99 |
| Cotaxtla, Ver. 2016B | 4.98 | -0.11 |
| Chicalpextle, Ver., 2016B | 5.44 | 0.35 |
| Soteapan, Ver., 2016B | 4.14 | -0.95 |
| Huimanguillo, Tab. 2016B | 4.37 | -0.72 |
| Promedio | 5.09 | |

B=Ciclo primavera verano; Rend=Rendimiento

Tabla 4 Índices ambientales validación de híbridos de maíz 2012-2016

Por lo que se refiere a las características agronómicas el híbrido H-567 registró 51 días a floración masculina, altura de planta y mazorca baja, con buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, con tolerancia al acame y a la pudrición de mazorca (Cuadro 5)

| Trat | Genotipo | FM | AP | AM | Asp Pi | Asp Mz | San Pi | San Mz | Ac Raiz | Cob | Pod |
|------|-----------------|-------------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | H-567 | 51 | 220 | 126 | 2.25 | 2.2 | 2.5 | 2.2 | 1.6 | 12.9 | 5.6 |
| 2 | H-520 | 51 | 222 | 119 | 2.5 | 2 | 2 | 2.2 | 3.9 | 3.5 | 6.5 |
| 3 | HE-3B | 51 | 233 | 121 | 2.3 | 2.6 | 2.25 | 2.6 | 1.2 | 10.8 | 6.5 |
| 4 | H-566A | 53 | 218 | 106 | 2.2 | 2.7 | 2.2 | 2.6 | 0.0 | 7.1 | 6 |
| | Promedio | 51.5 | 223.25 | 118 | 2.31 | 2.38 | 2.24 | 2.4 | 1.68 | 8.58 | 6.15 |

FM= Días a floración masculina; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; Asp Pi= Aspecto planta; San Pi= Sanidad de planta; San Mz= Sanidad de mazorca; Ac Raiz= Acame de raíz; COB= Porcentaje de mazorcas con mala cobertura; POD= Porcentaje de mazorcas podridas

Tabla 5 Características agronómicas de híbridos de maíz Cotaxtla 2013B

Caracterización. En los años 2015 y 2016 el H-567 y sus progenitores fueron caracterizados de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). Este híbrido será registrado e inscrito por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Catálogo de Variedades factibles de Certificación (CVC) ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

Descripción. H-567, es un híbrido trilineal de maíz de grano blanco adaptado a la región tropical en el sureste de México en altitudes que van de 0 a 1200 msnm, presenta un rendimiento potencial de grano entre 8 y 9 t ha⁻¹, 50 t ha⁻¹ de forraje verde y es apto para la producción de elote; H-567, es resistente a las principales enfermedades de planta y de mazorca entre ellas: *Helminthosporium turcicum*, *Achapparramiento*, *Fusarium moniliforme* y *Diplodia maydis*; en cuanto a las características agronómicas, este híbrido presenta una altura de planta de 250 cm, altura de mazorca de 130 cm, es decir, es de altura intermedia con una relación altura de mazorca/altura de planta de 0.50, de ciclo biológico intermedio con 52 días a la floración masculina y 53 días a floración femenina, 90 días a la madurez fisiológica y 120 a 130 días de la siembra a la cosecha durante el ciclo primavera verano bajo condiciones de temporal, presenta buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, es tolerante al acame, presenta buena cobertura de mazorca (97%) y bajo porcentaje de mazorcas podridas (3%). En cuanto a las características de mazorca, es de grano blanco con textura semidentada, con una longitud de 18 a 20 cm y diámetro de 4 a 5 cm con 14 a 16 hileras de grano con 34 a 38 granos/hilera. Por su textura es un maíz destinado al proceso industrial de la masa y la tortilla.

Producción de semilla. Para el ciclo otoño invierno 2015/16 en la localidad de Cotaxtla, de acuerdo con el análisis económico, los mejores rendimientos de 3351 kg ha⁻¹ de semilla certificada del híbrido de maíz H-567, se logran con una relación hembra macho 2:1, densidad de población de 62, 500 pl ha⁻¹ y dosis de fertilización de 184-69-30. Para el ciclo primavera verano del 2016 en la localidad de Cotaxtla, se encontró que el tratamiento con la relación hembra: macho de 6:2 con 62,500 pl ha⁻¹ y con fertilización de 184-69-30 y 230-69-60 registraron los rendimientos más altos con 3776 kg ha⁻¹ de semilla. Para la localidad de la Colonia Ejidal, el mejor rendimiento de semilla fue de 5179 kg ha⁻¹, misma que se obtuvo en una relación hembra: macho 6:2, con 62,500 pl ha⁻¹ y con fertilización de 230-69-60. Para la localidad de Mata Tejón, Mpio de Cotaxtla, el mejor rendimiento de semilla fue de 5476 kg ha⁻¹, misma que se obtuvo en una relación hembra: macho 4:2, con 62,500 pl ha⁻¹ y con fertilización de 230-69-60.

En general, para la producción de semilla certificada del híbrido H-567, en la zona tropical de Veracruz, se recomienda, una relación hembra: macho 6:2, con 62,500 pl ha⁻¹ y con fertilización de 230-69-60 (Cuadro 6)

| Trat | Rel. H:M | Densidad | Fertilización | Rend Grano | Rend semilla |
|-----------------|----------|----------|---------------|-------------|--------------|
| 8 | 6:2 | 62,500 | 230-69-60 | 6924 | 4906 |
| 1 | 4:2 | 50,000 | 184-46-30 | 7183 | 4528 |
| 4 | 4:2 | 62500 | 230-69-60 | 7077 | 4500 |
| 7 | 6:2 | 62500 | 184-46-30 | 6762 | 4413 |
| 6 | 6:2 | 50,000 | 230-69-60 | 6564 | 4315 |
| 3 | 4:2 | 62,500 | 184-46-30 | 6170 | 4212 |
| 5 | 6:2 | 50,000 | 184-46-30 | 5823 | 4135 |
| 2 | 4:2 | 50,000 | 230-69-60 | 5988 | 4053 |
| Promedio | | | | 6562 | 4383 |

B= Ciclo primavera verano; Trat= tratamiento; Rel. H:M= Relación hembra:macho; Rend= Rendimiento; Gr= Grano; Mat= Materia

Tabla 6 Rendimiento de grano y semilla, del híbrido de maíz H-567 2016B.

Conclusiones

Se definió como sobresaliente por su rendimiento y características agronómicas el H-567 híbrido de maíz adaptado a la región tropical húmeda de México

Se realizó la caracterización del híbrido H-567 de acuerdo con los formatos de UPOV para el trámite de registro ante el SNICS.

Para la producción de semilla certificada del híbrido H-567, en la zona tropical de Veracruz, se recomienda, una relación hembra: macho 6:2, con 62,500 pl ha⁻¹ y con fertilización de 230-69-60

El híbrido H-567, representa una buena alternativa para su siembra comercial por parte de los agricultores maiceros en el sureste de México.

Referencias

- Betanzos M., E.; Gómez M., N.; Ortega C., A.; Peña R., A.; Preciado O., R.E.; Ramírez D., J.L.; Velásquez C., G. 2003. Propuesta de reorganización del programa nacional de mejoramiento genético de maíz del INIFAP. Documento de trabajo. INIFAP. 66 p.
- García., E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México DF México 252p.
- Gómez M.N. 1986. Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de Guerrero. Rev. Fitotecnia Mexicana 8: 3-19.
- Reyes 1990. Diseño de experimentos aplicados. Ed trillas 3ª Ed. México D.F. 348p
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor S.A. México. 460 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2012) *Anuario estadístico de la producción agrícola de los estados unidos Mexicanos*. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Cons. 11/2014).
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas (SNICS), 2002. Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. 20p
- Sierra, M. M.; Rodríguez, M. F. A., Palafox, C. A., Gómez, M., N.; Espinosa, C., A. 2014. Síntesis histórica del mejoramiento genético de maíz para el trópico húmedo de México. *In: Aportaciones en ciencias agronómicas y ambientales*. Universidad Autónoma de Chapingo. p. 20-30
- Sierra M., M; Márquez S., F.; Valdivia B., R.; Córdova O., H.; Lezama G., R.; Pescador R., A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *Agric. Téc. Méx.* Vol 30 (2): 169-181
- Sierra M., M.; Rodríguez M., F.A.; Castillo, G., R.A. y Márquez S., F. 1992. La aplicación de los parámetros de estabilidad en el mejoramiento de maíz de la región sur de México. *In: Memorias de Simposium de Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal* 26 al 27 de marzo de 1992. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Guadalajara, Jal. p 239-260.
- Sierra, M. M., Palafox, C. A., Cano, R., O., Rodríguez, M. F. A., Espinosa, C., A. Turrent, F., A. Gómez, M., N., Córdova, O., H., Vergara, A., N., Aveldaño, S. R., Barrón, F., S., Romero, M., J. Caballero, H., F., González, C. M. y Betanzos, M., E. 2001. Descripción varietal de H-519C, H-553C y V-537C, maíces con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. INIFAP CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Núm.30. Veracruz, Ver., México. 21 p.
- Sierra M., M; Palafox c., A.; Rodríguez M., F.; Espinosa C., A.; Vásquez C., G.; Gómez M., N.; Barrón F., S. 2011. H-564C, Híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 2(1): 71-84.
- Vasal S., K.; Vergara N. y Mc Lean.S. 1994. Estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 5:184-189.

Vasal S., K; Srinivasan G. Crossa J. and Beck D.L.1992a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early maturity maize germplasm. *Crop sci* 32(4):884-890

Vasal S., K; Srinivasan G. Han C., y Gonzalez F. 1992b. Heterotic patterns of eighty eight white subtropical CIMMYT maize lines. *Maydica* 37: 319-327.

SECURITY BAX Almacenamiento de audio, video y geolocalización para transporte de carga

MEJÍA-MADRIGAL, Jesús†*, MARTÍNEZ-JAIMES, Nancy Berenice y PADILLA-GÓMEZ, Raúl

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez. Av. Emiliano Zapata S/N, El Trafico, 54400 Villa Nicolás Romero, Méx

Recibido 1 de Julio, 2017; Aceptado 18 de Septiembre, 2017

Resumen

Security Bax es un sistema de videograbación que permite a cualquier interesado en proteger sus unidades de carga, tener información en audio y video, tanto del interior de la unidad como del exterior en la parte frontal de la unidad. El contar con esta información en audio y video permitirá no solo conocer técnicas de manejo y comportamiento de los operadores tanto antes, durante y después del siniestro, sino también el modus operandi de los delincuentes, ya sea para poder implementar acciones por parte de la autoridad, identificar a los delincuentes, deslindar responsabilidades por parte de las empresas transportistas y disminuir los probables factores de riesgo en los que se incurra por parte de los involucrados. Esta información se guardará en una memoria de la cual podrá disponer solo el área interesada en contar con el dispositivo. Para el caso de choques, volcaduras, incendios o explosiones, Security Bax está diseñado con materiales y técnicas similares a las utilizadas en las cajas negras de los aviones, por lo que la información siempre estará segura independientemente del tipo de siniestro, por lo que entender lo que realmente sucedió para reducir los índices de siniestralidad es un factor a resaltar. La capacidad de guardar información relacionada a aspectos mecánicos, físicos y operativos de Security Bax, la vuelve una herramienta fundamental en mejorar la técnica de manejo de los operadores.

Audio, Video, GPS, Transporte, Siniestro.

Abstract

Security Bax is a video recording system that allows all people who are interested in protecting their loading units, to have information in audio and video, as much of the interior of the unit like of the outside. in the frontal part of the unit. Having this information in audio and video will not only permit to know driving techniques and operators behavior before, during and after the accident, but also the modus operandi of the offender, either to take action from the authority, identify the offenders, or demarcate responsibilities from the transportation companies and decrease probable risk factors in which any of the affected parts may be involved. This information will be saved in a memory from which the interested area will have access to. In case of shocks, overturning, fires, or explosions, Security Bax is designed with materials and techniques very similar to the ones used for black boxes on airplanes, so that the information will always be secure, regardless of the type of accident, a factor to highlight when trying to understand accident reduction rates. Saving information capacity related to mechanical, physical and operational aspects of Security Bax, turns it into a fundamental tool on improving operator driving techniques.

Audio, Video, GPS, Transport, Disaster

Citación: MEJÍA-MADRIGAL, Jesús, MARTÍNEZ-JAIMES, Nancy Berenice y PADILLA-GÓMEZ, Raúl. SECURITY BAX Almacenamiento de audio, video y geolocalización para transporte de carga. Revista de Operaciones Tecnológicas 2017. 1-3:15-21

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico:jesusmejma1997@hotmail.com

Introducción

El registro en audio y video de Security Bax, presentara la evidencia necesaria para autoridades, empresas de autotransporte, aseguradoras y quien esté interesado, de cómo trabajan los delincuentes, cuales son los puntos exactos donde sucede el robo, cuales son los diálogos de los delincuentes y los operadores, registro de paradas no autorizadas, registro de trayectos y tiempos de recorridos, así como malas técnicas de manejo y procedimientos inapropiados de los operadores.

Así mismo, todos los datos registrados serán protegidos de explosión, incendio e impactos gracias a una cubierta diseñada expresamente para estos inconvenientes, por lo tanto, el rescate y búsqueda de la Security Bax de la unidad será la principal herramienta para comprender la raíz de actos delictivos y siniestros.

Derivado del incremento al robo de unidades, los costos de los seguros a la unidades se han disparado en los últimos años hasta en un 100%, lo cual impacta en los costos operativos incrementándolos de un 2% a un 4% de manera anual y esto, sin considerar que algunas empresas de seguros dudan si seguir dando cobertura a las unidades de carga, existe un déficit de operadores ya que el robo a unidades se ha convertido en una actividad de alto riesgo, esto fundamentado en que según datos de las autoridades, en el 50% de los robos existe el secuestro de los operadores.

Justificación

Actualmente el gasto en el rubro del transporte representa uno de los más importantes dentro del giro empresarial, y cada año se incrementa de un 2% a un 4% de la utilidad de las empresas derivado de la inseguridad, los robos y las medidas precautorias para verse menos afectadas por parte de las empresas, ya que, al demandar más elementos de seguridad, estos mismos elementos de seguridad se encarecen, lo cual hace que las empresas entren en un círculo vicioso del cual parecen no tener salida.

Cabe mencionar que además de almacenar información de importancia para la mejora continua del transporte terrestre. Está enfocado a la seguridad del recurso humano, la seguridad de la mercancía, vínculos con clientes, proveedores y socios.

¿Cómo funciona?

La función de Security Bax es el rescate y búsqueda de la unidad será utilizada como una herramienta para comprender actos delictivos y siniestros. Es sofisticada, con sistemas que permiten saber incluso los movimientos en las unidades, combustible. Equipos GPS/GSM para rastreo vehicular y rastreador satelital vehicular GPS, cámara y paro motor. Estos equipamientos están siendo actualizados constantemente. Se están considerando la mejorar de las grabaciones digitales en este tipo de sistema.

Debe de funcionar con sensores para proteger la memoria de los sistemas y simultáneamente monitorear el registro en audio y video de Security Bax, presentara la evidencia necesaria para autoridades, empresas de autotransporte, aseguradoras y entre otros interesados, así mismo el registro de paradas no autorizadas, registro de trayectos y tiempos.

Es de suma importancia la protección de todos datos registrados gracias a la cubierta del exterior de Security Bax diseñada de manera clara y detallada serán protegidos de explosiones e incendios.

Problema

Según un informe revelado por Rogelio Montemayor Morineau en 2016, el, como Presidente Nacional de la Cámara Nacional del Autotransporte de Carga, CANACAR, el robo a autotransporte de carga ha aumentado 40% solo en el primer semestre del 2016, y en los 2 semestres de 2015 venia de un incremento del 75%, por lo que para 2017 se puede pronosticar en base a esa tendencia un crecimiento de casi el 100% por lo que se vuelve urgente el diseñar sistemas que permitan comprender como operan estos grupos delictivos así como en base a una evidencia real de lo sucedido, diseñar estrategias que permitan esclarecer los delitos y deslindar responsabilidades.

Hipótesis

¿Es posible tener en el mercado una opcion en sistemas de seguridad que conjunte registro de audio, video, y geolocalizacion en un mismo sistema?

Objetivos

Los objetivos están diseñados buscando el esclarecimiento de los siniestros, la disminución del robo interno y mejorar los índices de recuperación de la unidad.

Objetivo General

Diseñar un sistema de seguridad que conjunte registros de audio, video y geolocalización donde la información este a salvo de siniestros.

Objetivos específicos

- Mejorar la seguridad de empresas, transportistas y operadores por medio de un solo Sistema.
- Tener evidencia tanto de la parte externa como de la interna de la unidad que permita deslindar responsabilidades en el caso de un siniestro.
- Incrementar el numero de unidades recuperadas en caso de robo de la misma.

Marco Teórico

Es un proyecto de invención en la seguridad del transporte terrestre, consiste básicamente en una caja de seguridad que se encarga de almacenar el registro de datos e información dispositivo electrónico capaz de registrar audio, video en aspectos generales monitoreando por un par de cámaras de seguridad, una con un ángulo de 180° para el interior de la unidad, y otra de 360° ubicada en la parte superior del frente de la unidad. Se pretende instalar un rastreador satelital GPS y GSM. De esta forma se podrán definir problemas de seguridad y siniestros que se encuentren en el área de transporte terrestre. Tomando en cuenta las estadísticas y factores de la Comisión Nacional de Seguridad (CNS), se diseñará y elaborará el dispositivo electrónico que tiene que desarrollar la función de registrar y almacenar datos de los factores mecánicos, humanos, climáticos y estructurales de tránsito, al mismo tiempo video, monitoreo y rastreo satelital en tiempo real. Todos estos datos serán vinculados dentro de la caja (Security Bax).

Su función es almacenar, registrar audio, video y registro de datos, para que con la ayuda de esta información sea posible esclarecer las causas de los diferentes tipos de siniestros que se presenten en las diferentes unidades de transportación de carga terrestre datos que, en caso de un accidente, permitan analizar lo ocurrido en los momentos previos.

Actualmente el gasto en el rubro del transporte representa uno de los más importantes dentro del giro empresarial, y cada año se incrementa de un 2% a un 4% de la utilidad de las empresas derivado de la inseguridad, los robos y las medidas precautorias para verse menos afectadas por parte de las empresas, ya que, al demandar más elementos de seguridad, estos mismos elementos de seguridad se encarecen, lo cual hace que las empresas entren en un círculo viciosos del cual parecen no tener salida.

Cabe mencionar que además de almacenar información de importancia para la mejora continua del transporte terrestre. Está enfocado a la seguridad del recurso humano, la seguridad de la mercancía, vínculos con clientes, proveedores y socios.

Metodología de Investigación

La metodología utilizada para el desarrollo de este producto fue una investigación Científica Descriptiva, ya que lo importante radica en la descripción de las características de cada uno de los componentes que se utilizaran para el fin.

El método utilizado fue el Metodo Logico Deductivo, ya que la integración de los componentes electrónicos, sus características individuales y las características resultantes de la conjugación de las mismas, nos hace inferir en el potencial del producto final y su capacidad de resolver problemas actuales del transporte.

Tipo de Investigación

Se investigaron las características de los componentes principales de las partes básicas de la Security Box, los cuales a saber son: Componentes de Audio, Componentes de Video, Componentes de la Geolocalización, Componentes de la Bateria Interna, Componentes de los registros del Sistema motriz de la unidad y Componentes de la caja o estructura externa de la Security Box.

Las Fuentes utilizadas para el proyecto se fundamentaron en:

- Componentes del Sistema de Registro de Audio.
- Componentes del Sistema de Registro de Video.
- Componentes del Sistema de Geolocalización.
- Componentes del Sistema de la Bateria Interna.
- Componentes de la Caja Externa o Estructura Externa de la Security Box.

Métodos Teóricos

Para entender el impacto positivo que podría presentar el desarrollo de este sistema de seguridad e información, es necesario entender las afectaciones que han sufrido las diferentes industrias y su pérdida económica.

Empresas Transportistas

Según la COPARMEX, las pérdidas anuales por robo de transporte de carga ascienden al orden de los 110 mil millones de pesos. A este monto es importante sumarle el gasto necesario en cuanto a seguros contra robo, lo cual representa del 2% al 4% del total del costo logístico de las empresas al año tan solo en la adquisición de seguros. Los costos por seguridad, entre los cuales encontramos el rastreo satelital y la contratación de empresas de seguridad privada, así como las pólizas de seguros, tienen un incremento de 6% en cuanto a costos de forma anual. Del presupuesto total de las empresas, de un año a otro ha subido del 0.5% al 1.5% lo que se destinara a la adquisición de escoltas, patrullas y monitoreo con CCTV.

Aseguradoras

Según un informe en 2015 de la CANACAR, las empresas de seguros están comenzando a no brindar la cobertura al auto transporte de carga derivado de las altas pérdidas que se presentan por el incremento en los robos de las unidades.

Importante adicionar que en esta contratación de pólizas de seguros, dependiendo ciertos factores relacionados a incidencia, recurrencia y otros aspectos, la cobertura del total de la mercancía al pago del seguro en algunos casos puede ser solo del 30% del valor total de la mercancía, por lo que la pérdida del valor de la mercancía que asume el transportista es importante, considerando que en muchos casos del transporte de carga de un remolque, el valor total considerando la unidad que en más del 50% el robo es también de la unidad con todo y operador, fluctúa los 2 millones de pesos.

Empresas de Seguridad Privada

Aun cuando el número de las empresas privadas que se dedican a brindar protección a las unidades de transporte de carga han crecido a razón de un 10% cada año, también es un factor a considerar en los costos del servicio y la seguridad e integridad de los custodios el tema del incremento en cuanto a los costos de la contratación de empresas de seguridad privada, considerando en ello escoltas, patrullas, binomios caninos y monitoreo CCTV. Se cuenta con un censo de aproximadamente 6,000 empresas de seguridad privada distribuidas a lo largo y ancho del país, sin embargo, es muy importante considerar antes de la contratación de una empresa de este tipo, que aproximadamente 2,600, esto es, el 43% del total del censo no están debidamente registradas ni cuentan con los permisos necesarios o con los controles requeridos a su personal, lo cual incrementa el riesgo de pérdida al contratarlas para las empresas.

Seguridad Pública

Parte de los proyectos de mejorar los indicadores de seguridad pública en cuanto al robo de unidades, comprende en tener la evidencia de los responsables para el armado de los archivos correspondientes y que se ejecute la acción penal correspondiente. Este equipo tendrá la capacidad de almacenar los audios y las imágenes de los infractores, así como de registrar los modus operandi de los delincuentes para poder prever futuros delitos relacionados al transporte de carga.

Metodología de Desarrollo de Software

Su función de Security Bax es el rescate y búsqueda de la unidad será utilizada como una herramienta para comprender actos delictivos y siniestros

Es sofisticada, con sistemas que permiten saber incluso los movimientos en las unidades, combustible. Equipos GPS/GSM para rastreo vehicular y rastreador satelital vehicular GPS, cámara y paro motor. Estos equipamientos están siendo actualizados constantemente. Se están considerando la mejorar de las grabaciones digitales en este tipo de sistema.

Debe de funcionar con sensores para proteger la memoria de los sistemas y simultáneamente monitorear el registro en audio y video de Security Bax, presentara la evidencia necesaria para autoridades, empresas de autotransporte, aseguradoras y entre otros interesados, así mismo el registro de paradas no autorizadas, registro de trayectos y tiempos

Es de suma importancia la protección de todos datos registrados gracias a la cubierta del exterior de Security Bax diseñada de manera clara y detallada serán protegidos de explosiones, incendios.

El Flight data recorder (FDR)", que graba todas las operaciones hechas por el sistema de la unidad y el otro es la grabadora de voz de cabina

Cockpit voice recorder (CVR)", que tiene la función de registrar las voces del operador y la administración de la organización. Pero ambos serán guardados en Security Bax,

Incluye una capa de aluminio que protege los datos contra influencias magnéticas. Una capa de silicio que protege contra las altas temperaturas.

Resultados

Por el tipo de sellado que presentara la Security Bax, estará sellada y diseñada contra impactos, por lo que no se considera existan derrames de ningún tipo ni salida de los componentes electrónicos, lo cual la hace relativamente amigable con el medio ambiente.

Siendo el principal objetivo la reducción de robos y/o la aclaración de los mismos, los beneficios a la sociedad son muchos, principalmente pensando en el menor gasto por parte de los empresarios del transporte y sus clientes, al reducir los robos o recuperar más rápido su mercancía y/o unidades, los márgenes de utilidad suben, por lo que se ponen menos en riesgo la pérdida de los trabajos para los trabajadores de estas empresas al ser los negocios más rentables.

Los trabajadores del volante se sentirán más seguros al contar con una herramienta que los deslindara de cualquier sospecha de autorobo ya que el registro en audio y video de la Security Bax mostrara evidencia del evento.

Conclusiones

En conclusión, Security Bax representa en este momento una de las mejores alternativas en lo que a sistemas para aclarar siniestros, registrar lo sucedido dentro y fuera de las unidades, así como localización de la unidad y potencialmente hablando, la recuperación de la misma. No existe en el mercado un sistema que ofrezca todas las alternativas que si brinda el sistema Security Bax.

En cuanto a costo/beneficio, el precio de la Security Bax no tiene comparación tan solo con la recuperación de la unidad y el deslinde de responsabilidades, ya que en muchas ocasiones el valor de la unidad es equiparable al valor de la mercancía, y el poder quitar la sospecha de involucramiento del chofer reducirá en mucho el potencial de mas autorobos o complicidad de los operadores.

Referencias

<https://todoparaemprendedores.wordpress.com/viabilidad-financiera/>

<http://www.todoautos.com.pe/f16/gps-vehicular-y-personal-rastreo-satelital-importante-equipos-desde-s-360-00-a-112482.html>

http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-550938780-rastreador-satelital-vehicular-gps-camara-xa54-paro-motor-_JM

<http://www.mcrit.com/index.php/es/proyectos/viabilidad-socioeconomica?start=15>

<http://www.todoautos.com.pe/f16/gps-vehicular-y-personal-rastreo-satelital-importante-equipos-desde-s-360-00-a-112482.html>

http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-550938780-rastreador-satelital-vehicular-gps-camara-xa54-paro-motor-_JM

<http://www.mcrit.com/index.php/es/proyectos/viabilidad-socioeconomica?start=15>

<http://blog.laminasyaceros.com/blog/el-acero-clasificaci%C3%B3n-segun-astm>

https://www.astm.org/america_latina/sp/about.html

<http://acerosluchriher.mx/portfolio-posts/acero-sae-1045/>

<http://clasificaciondeaceros.weebly.com/aceros-resulfurados.html>

http://www.construmatica.com/construpedia/Propiedades_del_Acero_Aleado

http://www.cns.gob.mx/portalWebApp/appmanager/portal/desk?_nfpb=true&_pageLabel=portals_portal_page_m2p1p2&content_id=830068&folderNode=830052&folderNode1=810277

<http://www.encyclopediafinanciera.com/definicion-costo-marginal.html>

Análisis cinemático de la caja de velocidades de un torno para madera

REYNALDO-LEDESMA, Jaime^{†*}, RAMOS-LÁZARO, Gabriela, GUANDULAY-ALCÁZAR, Miguel Ángel y FERRER-ALMARÁZ, Miguel Ángel

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato. Carretera Valle de Santiago - Huamimaro Km. 1.2, 20 de Noviembre, 38400 Valle de Santiago, Gto

Recibido 5 de Julio, 2017; Aceptado 18 de Septiembre, 2017

Resumen

El proceso de torneado consiste en producir una forma cilíndrica a partir de remoción de material por rotación de la pieza contra un cortador con filo. Generalmente las piezas a trabajar se pueden montar en uno o dos puntos, en un plato, en un mandril o con boquillas de sujeción. Como parte de una investigación sobre un torno fresador para trabajo de precisión con madera, se reportan en este artículo algunos resultados obtenidos en lo que se refiere al diseño de una transmisión de potencia para el torno, como parte de un proyecto integral de diseño en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, con el propósito de generar y transferir tecnología a microempresas locales que se dedican a trabajos de carpintería y que requieren de equipo especializado para producir formas cilíndricas, cónicas y en espiral. En el presente trabajo se documentan los resultados de un análisis cinemático, que se realizó con el objetivo de determinar el tipo y combinación de componentes en una transmisión de potencia eficiente, desplazamientos longitudinales, velocidades de corte y de velocidades óptimas de rotación de los ejes de entrada y salida.

Torno, transmisión, análisis, cinemático.

Abstract

The turning process consists of producing a cylindrical shape from a material rotating by rotating the workpiece against a sharp cutter. Generally the pieces to work can be mounted in one or two points, in a plate, in a mandril or with fixing nozzles. As part of a research on a milling machine for precision work with wood, this article reports some results obtained in the design of a power transmission for the lathe, as part of an integrated design project in the Technological University of Southwest of Guanajuato, with the purpose of generating and transferring technology to local microenterprises that work in carpentry and that require specialized equipment to produce cylindrical, conical and spiral forms. In the present work the results of a kinematic analysis were documented, with the objective of determining the type and combination of components in an efficient power transmission, longitudinal displacements, cutting speeds and optimum rotation speeds of the axes of input and output.

Lathe, transmission, analysis, kinematic

Citación: REYNALDO-LEDESMA, Jaime, RAMOS-LÁZARO, Gabriela, GUANDULAY-ALCÁZAR, Miguel Ángel y FERRER-ALMARÁZ, Miguel Ángel. Análisis cinemático de la caja de velocidades de un torno para madera. Revista de Operaciones Tecnológicas 2017. 1-3:22-28

[†] Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: rledesma@utsoe.edu.mx

Introducción

Tratándose de trabajo en madera, tradicionalmente se utiliza un torno simple en el que se pone a girar una pieza montada en uno o dos puntos por los extremos. Auxiliándose de un formón de metal se sujeta manualmente sobre un apoyo y se desplaza de un lado a otro para desbastar material y generar formas cilíndricas libres, Figura 1. El éxito para conseguir la forma deseada, depende en gran medida de la destreza del operador, para el que en la mayoría de las ocasiones no es tan importante la precisión que se consigue al final.



Figura 1 Proceso de torneado manual.

Justificación

En un taller de carpintería pequeño-mediano resulta complicado fabricar formas complejas por torneado, muchas de las cuales se requieren trabajar talladas a mano, lo que incrementa considerablemente los tiempos de terminado y costos de producción.

De manera adicional se sabe que los prototipos que existen en el mercado abarcan dos categorías: por un lado los que permiten el trabajo de partes con buena precisión, aunque todavía con un alto número de operaciones y ajustes de parte del operador y los equipos de CNC industriales que pueden fabricar piezas a gran escala y con un alto nivel de repetitividad, aunque con un alto costo de adquisición.

La mayoría de las investigaciones en esta área están basadas en equipos industriales, generalmente con postprocesadores de CNC de mucho prestigio, por lo que se aprecia la oportunidad de desarrollar equipos de baja gama de trabajo, que permitan a personal de un taller de carpintería fabricar componentes con buena precisión y a bajo costo.

Problema

En el presente Proyecto de investigación se contempla el diseño y fabricación de un prototipo de torno fresador de control numérico para su uso en talleres de carpintería pequeños, sin escatimar en lo referente a repetitividad de procesos y precisión. De manera adicional se requiere que se puedan manipular algunos de los parámetros de trabajo, de tal manera que se puedan conseguir formas de alta complejidad tales como espirales, conos, y en general superficies irregulares de revolución.

Para tal efecto, se plantean como requisitos iniciales, tomados de la experiencia de personas que se dedican a este tipo de actividades, los siguientes: que sea operado por CNC, que utilice un Router eléctrico para madera, con dos ejes de trabajo motorizados, largo de bancada de 0.4 a 1.5 m, con relación de transmisión variable y un volteo de 0.15 m.

Respecto de la transmisión variable, se requiere el uso de una transmisión que permita conseguir la gama de velocidades útil para la fabricación de desbastes y espirales complejos, considerando que una variación de 6 velocidades puede ser óptima para este tipo de trabajos.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un torno para madera controlado por CNC con el propósito de fabricar formas cilíndricas, cónicas y en espiral con buena precisión, repetitividad y de bajo costo.

Objetivos específicos

Elegir una transmisión adecuada capaz de transmitir movimiento rotatorio entre el eje de entrada y el eje de salida.

Analizar y seleccionar los componentes críticos de la transmisión de potencia desde el punto de vista de la cinemática de partículas.

Marco Teórico

Como ya se comentó previamente en esta tratado, la mayor parte de las investigaciones reportadas sobre el tema, abordan situaciones concretas de este tipo de dispositivos, y la mayor parte de estas se centran en equipos industriales.

En un estudio realizado por Hurtado (2014), se reportaron los resultados de una investigación sobre un análisis cinemático en un tren de engranes cilíndricos rectos, describiendo una interface gráfica computacional que facilita el ingreso de parámetros y la mejor visualización de resultados en cuanto a diferentes relaciones de transmisión que se pueden usar para hacer más eficiente el flujo de potencia. Si bien es cierto, no se enfoca en una aplicación concreta, si permite estudiar de forma eficiente una transmisión por medio de engranes.

Así mismo, Salgado (2004), reporta resultados sobre el diseño de una transmisión mecánica para realizar la división diferencial con un amplio número de combinaciones entre dos ejes y que se puede aplicar para su uso en máquinas herramientas. En cambio, en Reyes (2010), se documentaron hallazgos sobre un análisis cinemático en un tren de engranes pentaxial, haciendo referencia al estudio de un sistema con dos ejes de entrada y un eje de salida para sistemas de engranes planetarios, el cual es un sistema muy usado en transmisiones automáticas. Misma tendencia que reporta Espina (2008) en su análisis entre la relación de transmisión y rendimiento para trenes de engranes planetarios.

También se han reportado resultados sobresalientes en otros estudios referentes al diseño y análisis de transmisiones con fines muy específicos en lo que a tornos se refiere, tal es el caso de Morera (2008) que informa sobre el proyecto de diseño y construcción de un torno de control numérico, en Londoño (2005) la descripción del diseño y construcción de un torno de control numérico, y Romero (2014) el diseño y construcción de un torno para madera con router incorporado. En estos últimos con el firme propósito de documentar de forma muy precisa el diseño y fabricación tanto de las transmisiones, como de otros componentes y sistemas.

En la gran mayoría de estudios se observa el gran interés que existe por el diseño de transmisiones de potencia tendientes a ser más eficientes, mismo objetivo que se pretende conseguir con este proyecto, bajo un enfoque distinto.

Metodología de Investigación

Para alcanzar los objetivos de la presente investigación se planteó una metodología sistemática y ordenada, la cual se describe a continuación.

Tipo de Investigación

En este documento se reportan algunos resultados sobre el proyecto en base a una investigación del tipo *aplicada*, centrándose en la selección de componentes mecánicos y su análisis de movimiento con el propósito de obtener sus dimensiones finales. Misma que fue soportada por una fuerte investigación *documental* respecto de los sistemas similares que ya existen en el mercado para este mismo fin.

También se puede afirmar, que de acuerdo a su naturaleza es una investigación en la que se pretende conseguir un resultado tendiente a diseñar una *solución* concreta para satisfacer una necesidad regional surgida dentro de una actividad económica de bienes y servicios.

Métodos Teóricos

La dinámica es la parte de la mecánica que se refiere al estudio de los cuerpos en movimiento. A saber, la dinámica se divide en dos ramas importantes; la *cinemática*, la cual corresponde al estudio de la geometría del movimiento y que se utiliza para relacionar el desplazamiento, la velocidad, la aceleración y el tiempo sin referencia a la causa del movimiento, y por otro lado la *cinética*, que es el estudio de la relación que existe entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, su masa y el movimiento de este mismo. (Beer y Johnston, 2013).

El análisis cinemático de componentes mecánicos consiste en determinar básicamente velocidades, aceleraciones, y desplazamientos de salida, en función de estas mismas variables de entrada.

Metodología de Desarrollo

En la propuesta inicial para el diseño y fabricación de un torno para madera accionado por control numérico se planteó el concepto como el mostrado en la figura 2. En dicha figura se ilustran los sistemas principales.

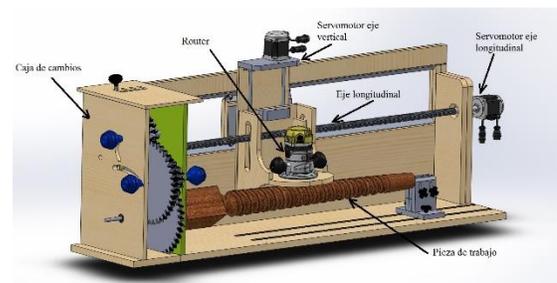


Figura 2 Concepto del torno CNC.

Como requisito indispensable de partida para el diseño de la caja de cambios que fungirá como enlace entre el eje de entrada y el eje de salida se utilizará la velocidad de corte permisible ideal para el corte de madera. En este punto es ideal calcular el dato para maderas duras, no solamente porque es el tipo de madera más utilizado para el tipo de formas a fabricar, sino también porque se puede tomar como un dato límite, a partir del cual se puede tomar otra velocidad hacia abajo sin el riesgo de daño a los motores de accionamiento y sin poner en riesgo el acabado fino que se requiere en la pieza de trabajo.

Los datos de partida para el cálculo de la velocidad de la herramienta de corte son: Potencia en el motor para el corte 2.0 HP (tomado de un router de mediana capacidad), Torque de salida 12.44 lb-in (1.4 Nm), rpm del eje de salida de 5000 a 24000.

Mediante el uso del software GWizard Machinist's calculator® se obtuvo el siguiente dato de 117.3 in/min como velocidad de corte lineal y con 10000 rpm en el husillo del router, para alcanzar esta velocidad de avance y tomando como base el paso del tornillo de entrada de 0.2 inch, se requiere en el servomotor del eje de entrada una velocidad angular $\omega_e=587$ rpm.

Posteriormente se realizó el diseño conceptual para la transmisión, en donde se eligieron combinaciones de engranes de dientes rectos en base a requerimientos de velocidad y relaciones de transmisión en el eje de salida.

Enseguida se muestra el diagrama cinemático de la transmisión de velocidad propuesta para hacer el enlace entre el eje de entrada (servomotor longitudinal) y el de salida (en la pieza de trabajo), a través de la caja de cambios, Figura 3. Partiendo de esta figura, se puede plantear la relación de transmisión para cada una de las velocidades.

$$n_i = \frac{z_{s1}}{z_{e1}} \times \frac{z_{s2}}{z_{e2}} \times \frac{z_{s3}}{z_{e3}} \times \dots \times \frac{z_{sn}}{z_{en}} \quad (1)$$

Donde n_i , representa la relación de transmisión para la velocidad i y que puede tomar valores desde el 1 hasta el 6, z_{s1} es el número de dientes del engrane de salida 1 y z_{e1} es el número de dientes del engrane de entrada 1.

A su vez, la velocidad angular de salida se puede determinar por la siguiente expresión.

$$\omega_{si} = \frac{\omega_{ei}}{n_i} \quad (2)$$

Donde ω_{si} es la velocidad angular del eje de salida para la velocidad i , ω_{ei} es la velocidad angular del eje de entrada para la velocidad i .

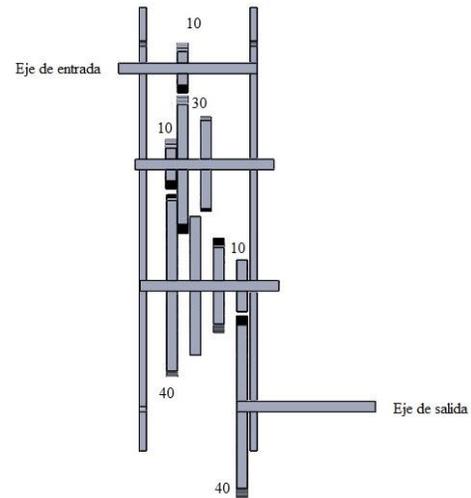


Figura 3 Diagrama cinemático de la transmisión para la primera velocidad.

Resultados

Como resultados preliminares de esta investigación se puede afirmar que producto del análisis cinemático tanto de los componentes de la transmisión, como de los accionamientos principales (servomotores), se pudo obtener una propuesta del diseño conceptual del torno, Figura 4, así como el conjunto de configuraciones de la caja de cambios que harán posible obtener la geometría final deseada, y con esto conseguir el funcionamiento adecuado de las herramientas a las velocidades adecuadas sobre la pieza de trabajo.

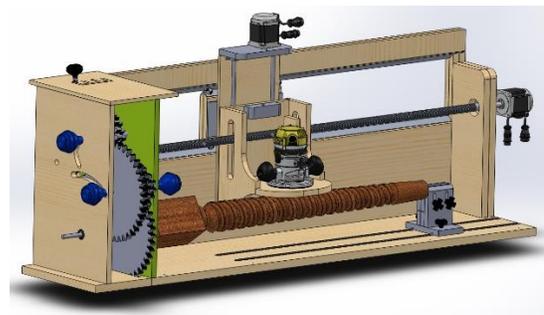


Figura 4 Ensamble general del torno CNC.

En la tabla 1 se indican los datos finales por velocidad, desde la 1ª a la 6ª, haciendo énfasis en el dato del paso de la hélice en el eje de salida, mismo que se incrementará desde un valor de 1.6 pulgadas para la primera velocidad, hasta uno de 9.6 pulgadas en la sexta velocidad.

Para todas y cada una de las velocidades se podrá tener una velocidad lineal de la herramienta de trabajo de 117.3 in/min, que fue el valor calculado de acuerdo al material de trabajo.

| No de vel. | Rpm entrada | Rpm salida | Relación de transmisión. | Velocidad de avance lineal del router, in/min | Paso de la hélice en la entrada, inch. | Paso de la hélice en la salida, inch. |
|------------|-------------|------------|--------------------------|---|--|---------------------------------------|
| 6 | 586.5 | 12.21 | 48:1 | 117.3 | 0.2 | 9.6 |
| 5 | 586.5 | 18.32 | 32:1 | 117.3 | 0.2 | 6.4 |
| 4 | 586.5 | 24.43 | 24:1 | 117.3 | 0.2 | 4.8 |
| 3 | 586.5 | 36.65 | 16:1 | 117.3 | 0.2 | 3.2 |
| 2 | 586.5 | 48.87 | 12:1 | 117.3 | 0.2 | 2.4 |
| 1 | 586.5 | 73.31 | 8:1 | 117.3 | 0.2 | 1.6 |

Tabla 1 Resultados de velocidades y avances para la caja de cambios.

De acuerdo a la relación de transmisión de cada velocidad de la caja de cambios, se obtuvieron los siguientes resultados en la salida. La pieza de trabajo se apreciaría como en las figuras de la tabla 2. Cabe mencionar que si se modifica la velocidad del servomotor, no se obtendrán variaciones en la longitud del paso de salida de la pieza de trabajo. Solo se modificará la velocidad lineal y por lo tanto se invertirá menos tiempo de manufactura.

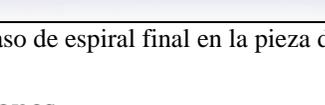
| No de vel. | Espiral obtenido en la pieza | Paso de la hélice en la salida, inch. |
|------------|--|---------------------------------------|
| 6 |  | 9.6 |
| 5 |  | 6.4 |
| 4 |  | 4.8 |
| 3 |  | 3.2 |
| 2 |  | 2.4 |
| 1 |  | 1.6 |

Tabla 2 Paso de espiral final en la pieza de trabajo

Conclusiones

En este trabajo se tomaron consideraciones especiales en el análisis cinemático de los componentes de una transmisión de engranes rectos para un torno para madera controlado por CNC. Poniendo especial atención en la determinación de las relaciones de transmisión óptimas para conseguir y cumplir velocidades de corte en piezas de trabajo de madera.

Finalmente, de acuerdo a lo reportado en este artículo y a los resultados de la ingeniería de detalle, se considera que un torno construido bajo estas especificaciones puede ser eficiente para su operación en cuanto a combinaciones de velocidades se refiere. Si se considera el rango de velocidades posible de un servomotor con las mismas características se podrán disminuir tiempos de manufactura obteniendo los mismos pasos en la pieza de trabajo, quedando pendiente el diseño del sistema de control para el posicionamiento.

Para trabajos futuros y que antecedan a la manufactura de los componentes del torno, resta por diseñar el sistema de control e interface CNC para el accionamiento de los servomotores.

Referencias

Hurtado, L. G.; Velasco, J.; Severian, N.; López, L.; Sánchez, E. (2014). Diseño de una herramienta didáctica computacional para evaluar el comportamiento cinemático de un tren de engranajes cilíndricos rectos. *Revista INGENIERÍA UC*, Mayo-Agosto, 73-86.

Salgado, D.R., & González, A.G.. (2004). Diseño de una Transmisión Mecánica para Realizar la División Diferencial. *Información tecnológica*, 15(5), 9-16. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642004000500002>.

Beer F. P.; Johnston E. R. Jr.; Cornwell P. J. (2013). *Mecánica vectorial para ingenieros: Dinámica*, McGraw-Hill, Séptima edición, México.

Reyes S. R. (2010). *Análisis cinemático de un tren de engranes pentaxial* (tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México.

Espina M. M. R. (2008). *Análisis entre la relación de transmisión y rendimiento para trenes de engranes planetarios* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Morera B. A. L.; Badilla C. C.; Mata C. M.; Hasbum F. I. (2008). *Diseño y construcción de un torno de control numérico* (Informe proyecto de investigación). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.

Londoño O, N; León S, P; Álvarez D, J; Marín Z, E; (2005). Descripción del diseño y construcción de un torno de control numérico. *Ingeniería y Ciencia*, septiembre, 41-51.

Romero H. F. D.; Sánchez R. M. A. (2014). *Diseño y construcción de un torno para madera con router incorporado* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Reconocimiento de contorno en polea de giro libre bajo técnicas de iluminación

CANO-LARA, Miroslava†*, VERGARA-ESPARZA, Rosalia, JUÁREZ-RÍOS, Higinio y FONSECA-GALLARDO, Ricardo

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carr. Irapuato - Silao, El Copal, 36821 Irapuato, Gto

Recibido 7 de Julio, 2017; Aceptado 8 de Septiembre, 2017

Resumen

Se presenta el reconocimiento de contorno de una pieza mecánica polea de giro libre de un alternador. La polea ha sido expuesta a diferentes modos de iluminación para obtener imágenes digitales. Las imágenes fueron tratadas con procesamiento digital de imágenes y visión por computadora. El resultado muestra la dependencia en el método de iluminación para la obtención adecuada del contorno de la pieza mecánica.

Técnicas de iluminación, detección de contorno, procesamiento digital de imágenes.

Abstract

Presents mechanical part free spinning pulley of an alternator contour recognition. The pulley has been exposed to different lighting modes to obtain digital images. The images were treated with digital image processing and computer vision. The result shows dependency on the lighting method to obtain the contour of the mechanical part.

Lighting techniques, contour detection, images digital processing

Citación: CANO-LARA, Miroslava, VERGARA-ESPARZA, Rosalia, JUÁREZ-RÍOS, Higinio y FONSECA-GALLARDO, Ricardo. Reconocimiento de contorno en polea de giro libre bajo técnicas de iluminación. Revista de Operaciones Tecnológicas 2017. 1-3:29-35

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: miroslava.cano@itesi.edu.mx

Introducción

En una pieza mecánica las propiedades mecánicas y de materiales determinan sus limitaciones en sus aplicaciones. Se requiere que la pieza soporte ciertos esfuerzos estructurales, resistencia al desgaste, fatiga o termofluencia las cuales si son mal calibradas al momento de su fabricación pueden provocar grietas, desgastes o deformaciones en la pieza [1]. Lo cual conlleva a grandes pérdidas económicas en la industria moderna al verse interrumpido el proceso de producción.

Existen diversas técnicas para la supervisión y control de calidad de piezas como los ensayos destructivos y no destructivos. En particular, los ensayos no destructivos como la interferometría, procesamiento de imágenes, visión artificial e inteligencia artificial son las metodologías más empleadas en la industria para reducir tiempo y costo en su producción[2-4].

Al aplicar técnicas de procesamiento digital de imágenes mejoran y/o realzan características inherentes de la imagen original, por lo tanto estas técnicas se pueden utilizar para obtener una mejor visualización de la imagen original y obtener una mejor extracción de características de una pieza mecánica [5]. El procesamiento digital de imágenes proporciona precisión en la manufactura, el monitoreo del proceso, detección de contorno y forma, representación 3D, reconstrucción computacional de una pieza mecánica, entre otros [6-7].

El objetivo del presente trabajo consistió en utilizar técnicas de procesamiento digital de imágenes para analizar la superficie de una polea de giro libre e identificar su contorno y geometría para detectar una posible falla en su manufactura.

Marco Teórico

A partir de una imagen se pueden obtener una serie de propiedades ya sean digitales o analógicas como las enlistadas a continuación: representación de la imagen, las dimensiones en las que está compuesta al igual que su tamaño y el de su lienzo, caracterización estocástica de la imagen, la percepción de la luz, los fenómenos visuales, una visión monocromática, la visión del color, la fotometría, la relación de colores, los espacios de colores.

El análisis que se puede realizar en una imagen digital se ha incrementado debido al desarrollo tecnológico de las cámaras digitales y el proceso de extracción de una imagen mediante programación. La supervisión de la calidad de una pieza mecánica se realiza empleando procesamiento digital de imágenes, donde se puede identificar diversos parámetros de interés como el dimensionamiento, bordes, textura, reconstrucción de pieza, entre otros [4,7].

Tratamiento digital de imágenes

Si bien, una imagen digital es una representación gráfica de un objeto o forma, es un arreglo en 2D de valores que representan intensidad luminosa. La función de intensidad luminosa bidimensional se representa por $f(x,y)$, donde f es el brillo en el punto (x,y) , “ x ” y “ y ” representan las coordenadas espaciales del pixel.

$$f = f(x,y) \quad (1)$$

Cada región de la imagen es representada por un punto o pixel, cuyo valor en nivel de gris es de un conjunto finito de valores. La intensidad luminosa se puede caracterizar por dos componentes: la cantidad de luz incidente en la escena visualizada (iluminación) y la cantidad de luz reflejada por el objeto de la escena (capacidad reflectora). De esta manera la ec. 1 puede ser representada como:

$$f(x,y) = i(x,y) \times r(x,y)$$

donde $i(x,y)$ es la iluminación, $r(x,y)$ es la reflectancia y $f(x,y)$ es el producto de la iluminación por la relectancia.

Para procesar una imagen se debe discretizar espacialmente y en intensidad luminosa. El muestreo de la imagen en la coordenada espacial (x,y) y la digitalización de la intensidad luminosa es la cuantificación del tono de gris (imagen monocromática). En una imagen cada región es representada por un punto o píxel, cuyo valor en nivel de gris es de un conjunto finito de valores.

El conjunto de valores es representado por una matriz de $m \times n$ valores discretos que corresponden a los tonos de gris de cada uno de los píxeles obtenidos por el proceso de muestreo, donde m es la fila y n la columna (ver fig. 1).

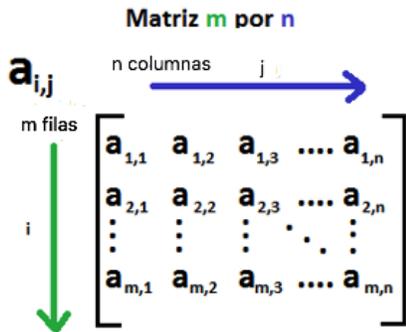


Figura 1 Representación matricial (mxn).

Los tipos de imágenes digitales son binarias, escala de grises, a color y compleja. Una imagen a color que es obtenida de la cámara fotográfica es representada de manera RGB (red, green, blue) y está formada por tres números en el rango de 0 a 255. Es decir, por un arreglo de tres matrices cada una denotando la intensidad de cada color [5-6]. Un píxel de una matriz de una imagen en RGB se representa por:

$$I(M, N, P) \tag{3}$$

Donde I es la imagen, M y N los valores de la matriz y P el valor del color asignado de 1 para color rojo, 2 como color verde y 3 como color azul.

En la fig. 2, se presentan 2 imágenes que contienen 3 objetos de color verde, azul y rojo. La primera imagen fue adquirida a color, la segunda en escala de grises, donde se observa la tonalidad que adquiere al procesarla en escala de grises [8].

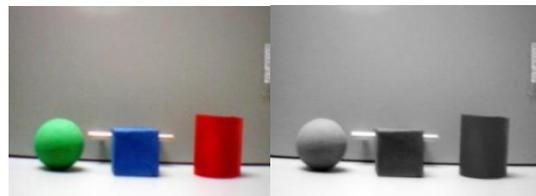


Figura 2 Imagen de piezas a color (izq.) Procesamiento de imagen a escala de grises (der.)

Procesamiento de imagen

La visión computacional y el procesamiento de imágenes son áreas muy ligadas. La primera trata de obtener los atributos y descripciones para tratar de interpretar la imagen automáticamente. Analiza los datos que son transferidos a la computadora para determinar, analizar o generar características del entorno que fue digitalizado en la imagen. La segunda hace referencia al tratamiento de los datos obtenidos de una matriz. Esta orientada a mejorar la calidad de las imágenes para su posterior interpretación [9].

Escena de procesamiento

Para realizar la inspección de calidad de la pieza mecánica es necesario identificar su color, el tamaño, la forma de los detalles, etc. A su vez, es importante considerar los siguientes puntos:

- Iluminación
- Cámara fotográfica
- Entorno

- Adquisición de imagen
- Tratamiento de imagen

Para la iluminación de la escena se debe de considerar las propiedades ópticas, la estabilidad temporal, la respuesta espectral y la uniformidad de luminosidad en la superficie. Donde para adquirir una imagen, se debe de contar con una iluminación óptima tal que aumente el contraste entre el fondo y el objeto de interés. La selección adecuada de iluminación es importante para el procesamiento de imagen, y de esta manera los algoritmos de procesamiento pueden ser reducidos. En la escena, la falta de homogeneidad en la intensidad luminosa puede producir que una cierta cantidad de píxeles aparezcan con bajo contraste.

En las técnicas de iluminación existen las direccionales, difusas, a contra luz y estructuradas, así como combinación de ellas que dependen de cada caso específico. Al ser adquirida la imagen, el tratamiento digital de la imagen permite mejorar su calidad manteniendo la realidad original. Se puede realizar procesamiento de brillo, contraste, tono, luminosidad, saturación, umbral, el cual puede ser obtenido por medio de máscaras y filtros digitales.

Metodología de Investigación

Material de estudio

Se empleó la pieza F-563248.01 polea de giro libre de un alternador, la cual fue proporcionada por la empresa Schaeffler Automotive Aftermarket. La empresa Schaeffler al inspeccionar sus piezas identificaron que si existe algún daño pueden producir una falla en el funcionamiento del mecanismo del embrague de la polea, y no podrá suprimir las vibraciones del sistema.

El interés de esta pieza radica en identificar que no tenga fracturas o desgastes los cuales implicarían un desacoplamiento al usar la polea de giro libre. La fig. 3 muestra la polea del alternador donde se observa la base, borde superior y la rosca la cual contiene 5 canales.

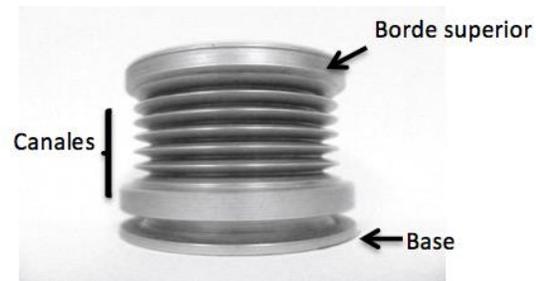


Figura 3 Polea de giro libre de un alternador F-563248.01.

Las imágenes que se obtengan de la pieza mecánica contendrán variables de tipo discreto y de carácter bidimensional.

Escena experimental

Se emplearon 4 escenas donde la iluminación de la habitación fue controlada con lámparas fluorescentes T-s Holophane de 127V (escena con iluminación superior) o lámparas led de 3 diodos de 3.7V a 20mA (escena con iluminación lateral). En la región de la detección de imágenes digitales fue puesto un fondo negro, blanco o naranja en la pieza mecánica, según la escena empleada. Las condiciones de fondo e iluminación elegidas en cada escenario fueron para adquirir las imágenes con la propiedad de presentar pocas irregularidades entre la pieza y el fondo. Las imágenes fueron adquiridas con una cámara digital Panasonic DMC-FH24 y fueron procesadas en Matlab para obtener los bordes de la pieza de interés.

Resultados

La determinación de la forma y contorno de la polea se obtiene por medio del procesamiento de imágenes aplicando algoritmos matemáticos a través de software. Las 4 escenas de iluminación empleadas fueron:

- Superior/fondo negro/ posición 1
- Reflexión
- Lateral
- Superior/fondo naranja/ posición 2

Al adquirir la imagen se le realiza un preprocesado para mejorar la calidad y se pasa a segmentación donde se particiona la imagen en áreas con técnicas de umbralización, discontinuidades, uso del color, los cuales pueden realizarse con procesamiento de imágenes y algoritmos computacionales que convierte la imagen digital inicial en otra de mayor relevancia.

Procesamiento en Escena 1

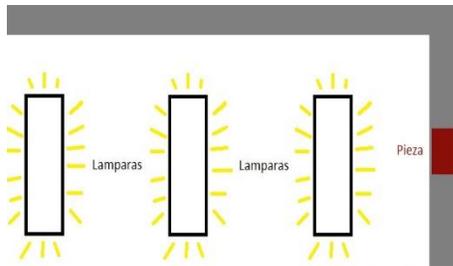


Figura 4 Escena 1. Iluminación superior con posición de pieza de frente.

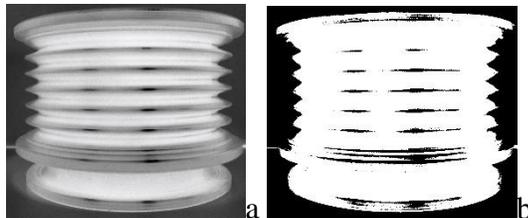


Figura 5 a). Imagen en negativo con iluminación de lámparas fluorescentes. b). Imagen procesada con presencia de saturación.

En esta escena, se iluminó la pieza de la parte superior con lámparas fluorescentes (ver fig. 4). La imagen tomada en forma de negativo puede ser visualizada con mayor nitidez. Al procesar la imagen se puede observar el perfil de la figura con pérdidas en los bordes debido a la iluminación saturada.

Procesamiento en Escena 2

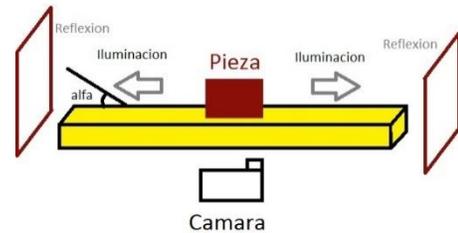


Figura 6 Escena 2. Iluminación con reflexión.

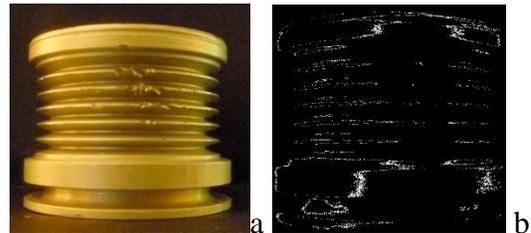


Figura 7 a). Imagen digital de pieza con defecto e iluminada a 15° con lámpara led. b). Imagen procesada con pérdida del contorno de la pieza.

En la escena 2, (ver fig. 6) emplea iluminación lateral con lámparas led a 15°. El fondo negro consiguió que la iluminación fuera constante, pero al procesar la imagen se presentó ruido que limitó obtener un contorno adecuado de la pieza, ya que existe ruido en la parte inferior.

Procesamiento en Escena 3

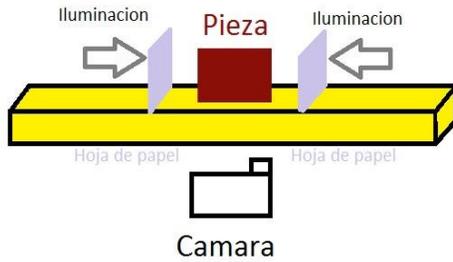


Figura 8 Escena 3. Iluminación lateral

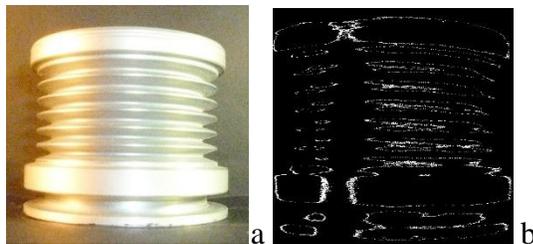


Figura 9 a). Imagen digital de pieza con iluminación de lámparas led. b). Imagen procesada con pérdida de región de contorno.

En la fig. 8 se presenta la escena 3 donde se emplea iluminación directa con las lámparas led. Se utilizó una cortina de papel blanco sobre las lámparas para disminuir la intensidad lumínica. En la fig. 9 se observa que continua con zonas brillantes y sombras, al procesar la imagen de la pieza se pierden bordes en la región que tiene exceso de brillo.

Procesamiento en Escena 4

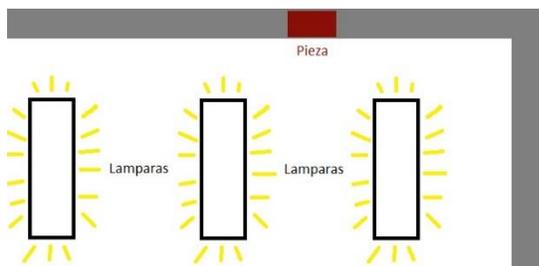


Figura 10 Escena 4. Iluminación superior con pieza en posición lateral.

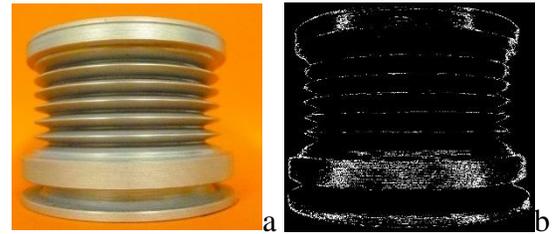


Figura 11 a). Imagen digital de pieza con fondo naranja. b). Imagen procesada con la presencia de los contornos mejorados.

En la fig. 10, la escena emplea iluminación superior con lámparas fluorescentes. Se observa una nueva posición de la pieza para mejorar la respuesta de la imagen procesada. En la fig. 11 se presentan los resultados obtenidos al emplear un fondo de color naranja en la pieza.

Las pruebas experimentales constatan que al emplear colores diferentes que la polea se puede identificar el valor en intensidad del fondo que será diferente al valor de intensidad de la pieza. De esta manera es más sencillo modificar los parámetros de los cuales esta conformada la imagen digital.

La fig. 11 (a) al emplear el fondo naranja (hoja doblada) y con la pieza a 5cm del fondo, el borde de la base no esta presente y la sombra de la pieza es menor, además muestra una iluminación homogénea y el reflejo es disminuido.

Conclusiones

En este trabajo se muestra que el procesamiento de imágenes no solo depende del código usado y de los filtros digitales, sino también de las características físicas a las que son expuestas las piezas. Las 4 escenas muestran que el factor de iluminación aporta una dependencia importante en el procesamiento de la imagen digital.

Por último de observó que la escena 4 fue la que mostró los contornos de la polea de giro libre con mejor calidad, esta técnica es adecuada para implementarla en el control de calidad de piezas mecánicas.

Agradecimientos

Este proyecto fue realizado con el apoyo Schaeffler Automotive Aftermarket Mexico S. de R.L. de C.V.

Referencias

Hibbeler, R. C. Mecánica de materiales. Pearson Educación, 2006.

Jaume Tort Guzmán, Adquisición y procesado de imágenes para el control de calidad en piezas de mecanizado, Universitat Politècnica de Catalunya. 2007.

IES-SEP, La Garrotxa. Visión Artificial, Aplicación práctica de la visión artificial en el control de procesos industriales. 2012.

Giraldo Montero C. Dimensionamiento de piezas usando el sistema de visión de la celda de manufactura flexible en la facultad de ing. mecánica. Universidad Tecnológica de Pereira. 2007.

Pratt William K. Digital Image Processing. Third Edition. John Wiley & Sons, 2001.

Parker J.R., Algorithms for Image Processing and Computer Vision. Wiley & Sons, 1997.

Jaramillo G.E., Branch Bedoya J.E. DORIS: Sistema para la recuperación de imágenes de piezas mecánicas y de automoción utilizando descriptores de textura. Revista Avances en sistemas e informatica Vol. 5. 2008.

Rey Arias C. A. Diseño e implementación de un sistema integrado de clasif y control de calidad utilizando un manipulador tipo delta y mano robótica antropomórfica. 2014.

R.C. González, R.E. Woods. Digital Image Processing. Pearson Prentice Hall, 2008.

Diseño del proceso de elaboración de jamón de carne de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) y determinación de la vida de Anaquel

DIEGO-ESTUDILLO, Oscar†*, PÉREZ-NAVA, Raymundo, CID-ORTEGA, Sandro y ABRAHAM, Misael

Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros. Prolongación Reforma 168, Santiago Mihuacán, 74420 Izúcar de Matamoros, Pue

Recibido 17 de Julio, 2017; Aceptado 8 de Septiembre, 2017

Resumen

El objetivo fue diseñar el proceso para elaborar jamón bagre de canal (*Ictalurus punctatus*). Desarrollando diferentes formulaciones modificando ingredientes, las cuales se evaluaron mediante escala hedónica estructurada para obtener la de mayor aceptación del consumidor. El producto se evaluó de acuerdo a propiedades fisicoquímicas (pH, acidez titulable y actividad de agua), microbiológicas (Mesófilos aerobios, mohos y levaduras y coliformes totales) y sensoriales (color, olor y textura). La vida de anaquel del producto se evaluó de acuerdo al modelo de Arrhenius y mediante estimación de diferentes atributos (color, olor y textura). Se diseñó el diagrama y el proceso para la elaboración de jamón de bagre. El jamón presentó un pH, acidez titulable y actividad agua de 6.83, 0.126%, 0.9650, respectivamente. La inocuidad del producto presentó valores microbiológicos de <100 UFC/g para mohos, levaduras y mesófilos aerobios y negativo para coliformes totales. La vida útil del producto es de tres semanas aproximadamente. En conclusión, la mejor formulación es: 1% de carragenina, 5% de APS, 47.9% de bagre y 20% de cerdo. Con el proceso diseñado para la obtención de jamón de bagre se obtiene un rendimiento del 40% aproximadamente.

Jamón de bagre, diseño del proceso, vida útil.

Abstract

The objective of this work was to design the process for the production of catfish meat ham (*Ictalurus punctatus*). Different formulations were made to which the amounts of carrageenan, 1 and 1.5%, soy protein isolate, 5 and 10%, catfish meat, 47.9 and 57.9%, and 10% and 20% pork were modified. The formulations were evaluated using a structured hedonic scale to obtain the best. The product was evaluated according to its physicochemical properties (pH, titratable acidity and water activity), microbiological (aerobic mesophiles, molds and yeasts and total coliforms) and sensory (color, odor and texture). The shelf life of the product was made according to the Arrhenius model and by the evaluation of different attributes (color, odor and texture). The diagram and the process for the elaboration of catfish ham were designed. The ham presented a pH, titratable acidity and water activity of 6.83, 0.126%, 0.9650, respectively. The safety of the product presented microbiological values of <100 CFU / g for molds, yeasts and mesophiles aerobic and negative for total coliforms. The shelf life of the product is approximately three weeks. In conclusion, the best formulation is 1% carrageenan, 5% soy protein isolate, 47.9% catfish meat and 20% pork. With the process designed to obtain catfish meat ham yields a yield of approximately 40%.

Catfish ham, process design, shelf life

Citación: DIEGO-ESTUDILLO, Oscar, PÉREZ-NAVA, Raymundo, CID-ORTEGA, Sandro y ABRAHAM, Misael. Diseño del proceso de elaboración de jamón de carne de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) y determinación de la vida de Anaquel. Revista de Operaciones Tecnológicas 2017. 1-3:36-47

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: odiego_pa@hotmail.com

Introducción

El jamón es uno de los productos más consumidos en nuestro país, siendo el deleite de los niños y un alimento muy versátil para los adultos. Combinable de mil maneras distintas, el jamón cocido, también conocido como el jamón York, es uno de los alimentos más usados, por su sabor suave, su textura, su fácil digestión y por lo bien que sirve de complemento con ensaladas u otros alimentos de sabor más fuerte. Es un fiambre cocido, derivado cárnico del cerdo. Suele estar formado por una única pieza o bloque, compuesto de carne picada de magro y grasa animal al que se le inyecta sal en gran cantidad a través de un proceso conocido como “inyección”. Entre las variedades, comercialmente podemos encontrar la categoría Extra, que suele ir en etiqueta roja, o la categoría Primera, en etiqueta verde. Su versión de menor calidad es el ‘fiambre de jamón’, que puede contener más azúcares, almidones y proteínas vegetales, que no suelen ser admitidos reglamentariamente en el jamón cocido tradicional (Arís, 2011).

El curado de la carne se define como la adición de sal y otras sustancias a la carne con el fin de preservarla. Originalmente solo se agregaba sal, pero a medida que esta tecnología se desarrolló comenzaron a añadirse otras sustancias como azúcar, especias nitrato y nitrato de sodio. En general, la mezcla de sales se puede añadir a la carne de forma seca (frotándola sobre la superficie de la carne que se va a curar) o en forma de solución (inyectándola en la pieza de carne y posteriormente masajeando o golpeando al material). En la mezcla de curado se usan nitritos de potasio y de sodio. La función de éstos es múltiple: desarrollan un color característico al formar nitrosilmioglobina, actúan como agentes inhibidores del crecimiento microbiano y contribuyen a mejorar el sabor y la textura (Guerrero y Arteaga, 2001).

El bagre es un alimento proteínico y delicioso que brinda variedad a tus comidas; a los que han comido bagre desde hace años, no les sorprende la creciente popularidad de este pescado. El sabor suave del bagre es tal que se adapta bien a muchas recetas. Es posible a menudo usarlo en recetas para otros pescados, o para aves, carne de puerco y de res; agregarlo a tu dieta no sólo da variedad sino también ofrece una alternativa saludable con poca grasa. Su bajo contenido de sodio es muy importante para los que comen una dieta con poca sal o los que quieren evitar o reducir la alta presión sanguínea. El bagre contiene calcio, hierro y otros minerales importantes para la buena salud y se come y digiere fácilmente. Además de disfrutar el sabor del bagre, se aprovecha una extensa variedad de beneficios para tu salud; su proteína ayuda a la reparación de los tejidos del cuerpo, por eso, incluirlo en la dieta diaria, aumenta el beneficio vitamínico y las grasas saludables. Con el objetivo de diversificar los productos a partir de bagre se desarrolló el proceso para la elaboración de jamón de carne de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) (CONAPESCA, 2016).

Justificación

Debido a la alta producción y a las escasas maneras de comercialización del bagre, así como la baja comercialización de esta especie en el mercado debido al rechazo que tiene por la apariencia del pescado, se tiene la necesidad de desarrollar nuevos productos a base de carne de bagre, diversificando los productos e incrementando las maneras de comercialización para este tipo de pescado, para así aumentar las ventas de esta especie además de darle un valor agregado al pescado ofreciendo un mayor aprovechamiento para los productores de bagre de la región, por tal motivo se plantea el desarrollo de jamón a partir de carne de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) el cual es una nueva forma de comercializar el pescado trayendo consigo diversos beneficios a la salud del consumidor además de ser un producto nuevo e innovador.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar el proceso de elaboración de jamón a partir de carne de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*).

Objetivos específicos

- Determinar la formulación más adecuada para la obtención de jamón de carne de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)
- Diseñar el proceso de elaboración del producto.
- Realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos al producto terminado.
- Realizar el análisis de vida de anaquel del producto elaborado.

Marco Teórico

Antecedentes de la actividad acuícola

En 1972 iniciaron los primeros estudios sobre el cultivo del bagre de canal en México en el instituto tecnológico y de Estudios Superiores en Monterrey. En 1973 se realizó el cultivo de esta especie en una unidad de producción acuícola privada del Rosario, Sinaloa. En 1976 se introdujo el bagre en la presa “La Boquilla”, Chihuahua. Posteriormente, se distribuyó en casi todas las entidades federativas de la República Mexicana, principalmente en sitios con climas tropicales y subtropicales con altitudes de 500 a 1500 msnm (metros sobre el nivel del mar), debido a su gran potencial comercial, rápido crecimiento y alta resistencia a condiciones ambientales adversas. En México, esta especie se cultiva principalmente en los estados de Michoacán, Guerrero, y Tamaulipas, a través de estanques rústicos o en jaulas flotantes en embalses (SAGARPA, 2012).

Generalidades del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)

El bagre de Canal pertenece a la familia Ictaluridae del orden de los siluriformes. Su cuerpo no está cubierto de escamas, tiene forma aplanada dorso-ventral y es de color azul-olivo en el dorso, plateado en los costados y blanco en el vientre (Figura 1). La cabeza presenta ocho barbas, dos nasales, dos maxilares y otras cuatro en la barbilla. Estas barbas tienen en su superficie una serie de sensores gustativos con los cuales barren los fondos barrocos de los ríos para buscar su alimento. Pueden alcanzar tamaños de hasta 160 cm para algunas especies. Los adultos se reproducen por primera vez a los 2-3 años de edad (Torres, 2013).



Figura 1 Bagre de canal (Somma, 2009).

El desove en la naturaleza ocurre en la primavera, comenzando alrededor de marzo en la parte sur de la distribución geográfica y más tarde en la medida que aumenta la latitud. Los huevos son depositados a menudo bajo troncos caídos o en algún tipo de depresión natural. Los huevos son puestos en una masa adhesiva. Las hembras de 0.5-1.8 kg producen un promedio de 8 800 huevos/kg de peso corporal, con hembras más grandes produciendo un promedio de 6 600 huevos/kg. Una vez que los huevos son puestos y fertilizados, el macho persigue y expulsa a la hembra del área del nido y atiende los huevos ventilando la masa con sus aletas para mantener agua oxigenada moviéndose sobre ellos. Dependiendo de la temperatura, los huevos eclosionarán dentro de 5-10 días y el macho continuará protegiendo por varios días a las larvas con saco hasta que los sacos vitelinos son absorbidos y las crías son capaces de nadar alrededor en busca de alimento. Los bagres son conocidos como omnívoros oportunistas dado que ellos se alimentarán de una amplia variedad de material vegetal y animal; esto es, virtualmente de cualquier cosa que esté disponible (FAO, 2016).

Atención al cultivo

Es recomendable durante el proceso de engorda proporcionar al cultivo los siguientes cuidados (SEDAGRO, 2007):

- Seleccionar a los peces por tallas para evitar el canibalismo proporcionando adecuadamente la ración alimenticia.

- Emplear un tamaño de alimento adecuado a la talla de los peces, almacenando el alimento en un lugar seco y ventilado.

- Mantener estricta limpieza del equipo, artes de pesca y estanquería.

- Vigilar que el flujo de agua sea constante y adecuado.

- Llevar una carpeta técnica con los datos de las actividades cotidianas y registro de los organismos.

Condiciones para el cultivo

Según la secretaria de desarrollo agropecuario el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) se adapta a diferentes ambientes, es de fácil manejo y presenta excelente crecimiento, para cultivo es importante que las características del agua se mantengan dentro de los rangos que se establecen en la Tabla 1.

| Característica | Limite o rango |
|----------------------------|----------------|
| Sólidos suspendidos (mg/l) | < 70 |
| Temperatura del agua (°C) | 17 – 29 |
| Oxígeno disuelto (ppm) | 5 |
| Bióxido de carbono (ppm) | < 25 |
| Amonio (mg/l) | < 0.2 |
| Alcalinidad (mg/l) | 20 – 200 |
| pH | 6 – 9 |

Tabla 1 Condiciones para el cultivo de bagre de canal (SEDAGRO, 2007).

Producción mundial y nacional de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)

El bagre de canal ha sido introducido en Europa, Federación de Rusia, Cuba y porciones de Latinoamérica, el principal interés en muchos países donde el pez ha sido introducido parece ser la pesca recreativa. A nivel mundial la producción del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) es de 390,020 toneladas en el 2010 como se muestra en la figura 2 (FAO, 2016).

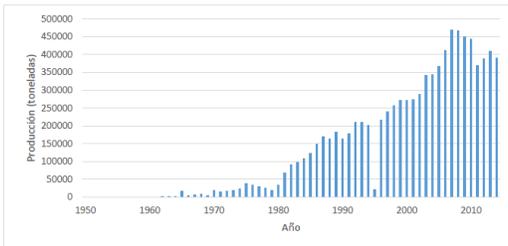


Figura 2 Producción mundial de bagre de canal en toneladas (FAO, 2016).

Actualmente, en México existen granjas de cultivo de bagre en los estados de Chihuahua, Sinaloa, Coahuila, Jalisco, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Michoacán, Guerrero, Puebla, Hidalgo y Estado de México, con una producción anual de 1543.64 toneladas, de las cuales 36.65 toneladas son producidas en el estado de Puebla (CONAPESCA, 2014).

Beneficios y composición química de la carne

El bagre es una especie altamente apreciada en el mercado por su carne blanca, de agradable sabor y consistencia. Además, su carne tiene un alto contenido de proteínas y bajo en calorías, contiene calcio, hierro y poco sodio. Esta especie es una alternativa para el déficit nutricional presente en la población, ya que 250 g proporcionan el 85% de las proteínas requeridas por los niños y el 65% en los adolescentes (CONAPESCA, 2011).

El bagre es bajo en calorías y en grasa una porción de 3 onzas de bagre presenta 122 calorías y 6.1 gramos de grasa. Este pescado contiene ácidos grasos saludables, comer bagre es una manera sabrosa de aumentar tu ingesta de ácidos grasos omega 3 y ácidos grasos omega 6. Una porción de este pescado proporciona 220 mg de ácidos grasos omega 3 y 875 mg de ácidos grasos omega 6 (CONAPESCA, 2011).

Al consumir una porción de bagre tienes el 40% de la ingesta diaria recomendada de vitamina B-12.

La vitamina B-12 es fundamental para ayudar a tu cuerpo en la descomposición de los alimentos que consumes en energía utilizable, pero esta vitamina tiene otras funciones. Sin suficiente vitamina B-12 en tu dieta, el cuerpo puede sufrir la pérdida temporal y completa de la sensibilidad y del movimiento, comúnmente conocida como letargia (Wolf, 2013).

Jamón tradicional

Se caracteriza por ser un producto nutritivo, sabroso, de mejor y más larga conservación que la materia prima de la cual procede. Comercialmente existen además del jamón cocido de pierna otros productos semejantes en su proceso de elaboración y utilizan espaldillas y lomos de cerdo, músculos maceteros, recortes con un 30% de grasa aproximadamente. Asimismo, se utilizan sucedáneos del tipo de almidones de trigo, maíz, tapioca y proteína de soya (Bedolla et al., 2004).

Variedades del jamón cocido

Haciendo una lista, podemos decir que el jamón cocido (el de York, también conocido como 'jamón dulce' en algunas zonas de España) procede de las extremidades posteriores del cerdo, y es salado, cocido y deshuesado. El contenido en grasa es un 20% más bajo que el del jamón de procedencia. Se distinguen dos categorías en función de la calidad de la carne: Extra y Primera. El contenido en sal es más bajo que en el jamón natural (Arís, 2011).

El conocido como 'fiambre de jamón', de peor calidad, procede de las patas traseras y su contenido en proteínas de carne es inferior al jamón cocido, pero, por otra parte, permite añadir proteínas vegetales. En el norte de la península ibérica (en realidad, actualmente en toda la península) es muy popular el 'lacón', que es un cocido sin deshuesar con un sabor más fuerte y que suele servirse con especias.

La paleta cocida, por su parte, procede de las extremidades anteriores del cerdo. Es de inferior calidad comercial que el jamón cocido y es más barato. Finalmente, el ‘fiambre de paleta’ es una paleta de segunda categoría que procede también de delanteras, pero el contenido en proteínas de la carne es aún inferior, dado que al igual que en el fiambre de jamón se permiten otras proteínas, almidón y azúcares con los mismos fines, aunque la calidad comercial y nutritiva sea muy inferior (Arís, 2011).

Efectos de las sales de curación

En el curado de la carne con salmuera el intercambio de agua y sal se produce por simple osmosis a través del sarcolema que adopta el papel de membrana semipermeable. El agua de líquido celular tiende a atravesar la membrana en sentido inverso hasta que la igualdad de las concentraciones salinas se realiza de una parte y otra. Los agentes que modifican la velocidad de penetración de la sal son la temperatura, la concentración de salmuera exterior y la sal en el interior de la pierna. Si la concentración de la sal esta de 2 a 5% el agua permanece fuertemente ligada a los constituyentes proteicos a los cuales hincha (Bedolla et al., 2004).

Metodología de Investigación

Obtención de materia prima

El bagre (*Ictalurus punctatus*) fue adquirido en la granja acuícola El Oasis ubicada en el Municipio de Chietla, Puebla. La se encuentra regulada y monitoreada por SAGARPA y CONAPESCA.

Obtención del jamón de carne de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)

Para la obtención del jamón de carne de bagre es necesario primeramente eviscerar el pescado, filetearlo y desollarlo para obtención de la carne, posteriormente se preparó la salmuera y se dejó curar durante un día, después la carne se introduce en el molde y se somete a cocimiento en agua hirviendo durante una hora, una vez cocido fue desmoldado y empacado al alto vacío, el diagrama del proceso se muestra en la figura 7.

Análisis fisicoquímicos

pH

Se utilizó el potenciómetro CONDUCTRONIC modelo pH 120. Para la determinación de pH se calibro el potenciómetro a 2 puntos con las soluciones reguladoras de pH 4 y 7, posteriormente se tomaron 10 gramos de muestra finamente picada a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, se sumergió el electrodo en la muestra y se tomó la lectura de pH siguiendo la normatividad mexicana (NMX-F-317-S-1978).

Acidez titulable (SEP, 1997)

Se tomaron 10 gramos de muestra finamente picada, se colocaron en un matraz volumétrico de 100 ml. Se añadió agua destilada a 40°C , previamente hervida, hasta aforar los 100 ml. Se agito vigorosamente, se filtró la solución y con una pipeta se tomo una alícuota de 25 ml del filtrado. Para la titulación se preparó una solución de NaOH al 0.1 N, a la cual se le verificó su concentración utilizando biftalato de potasio, este se molió finamente y se dejó secar durante 2 h a 120°C .

Se pesó por triplicado 1.5 g de biftalato de potasio seco y se disolvió en 75 ml de agua destilada libre de CO₂, se le agregaron 2 gotas de fenolftaleína y se tituló con la solución de NaOH. Para calcular la normalidad se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Normalidad} = \frac{A}{B * 0.2042}$$

Dónde:

A= Peso d biftalato de potasio, en gramos.

B= Volumen en ml de hidróxido de sodio utilizados para titular el biftalato de potasio.

0.2042= Miliequivalentes de biftalato de potasio.

Una vez que se obtuvo la normalidad del hidróxido se procedió a realizar la titulación de la muestra a la cual se le agregaron 4 gotas de fenolftaleína, se tituló con la solución de NaOH al 1N, se tomó la lectura de la bureta y se realizaron los cálculos utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{A * B * C}{D} * 100$$

Dónde:

A= Cantidad en mililitros de NaOH usados.

B= Normalidad del hidróxido de sodio usado.

C= Peso equivalente expresado en gramos del ácido predominante en el producto.

D= Peso de la muestra en miligramos.

Determinación de actividad de agua (Decagon devices, 2009)

Se utilizó el equipo AQUA-LAB modelo 4TE. Para realizar la determinación del jamón el equipo se calibro con las siguientes soluciones estándar:

- NaCl (aw = 0.76±0.003)
- LiCl (aw = 0.50±0.003)

A una temperatura controlada de 25±0.2°C. Posteriormente se tomó la muestra suficiente, previamente picada, esta se colocó en las capsulas de tal manera que cubriera la superficie y se procedió a realizar la lectura, la determinación se realizó por duplicado.

Análisis microbiológicos

El análisis microbiológico del producto se realizó mediante aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas:

Mesófilos aerobios, NOM-092-SSA1-1994.

Coliformes totales, NOM-113-SSA1-1994.

Mohos y levaduras, NOM-111-SSA1-1994.

Análisis estadístico

Los resultados de las evaluaciones sensoriales se evaluaron mediante un análisis de varianza de un factor (ANOVA), con un nivel de confianza del 95%, utilizando el software MINITAB. Versión 17-2013.

Estimación para la vida de anaquel del producto (Salinas *et al.*, 2007)

En el análisis de vida de anaquel el producto se almacenó a 2 diferentes temperaturas, temperatura ambiente (30°C ±1) y temperatura de refrigeración (4°C ±1), para llevar a cabo este análisis se tomaron en cuenta parámetros fisicoquímicos (actividad de agua, acidez y pH), microbiológicos (Mohos y levaduras, Coliformes totales y Mesófilos aerobios), y características sensoriales los cuales fueron analizando cada semana esto con el fin de monitorear el deterioro del producto y determinar hasta qué punto este puede ser consumido y no provoque ningún tipo de daño al consumidor. De la misma manera se realizó el análisis sensorial del producto. Se utilizó el modelo de Arrhenius para hacer los cálculos y obtenerde esa manera la vida de anaquel del jamón. A los datos del análisis sensorial se les asigno una escala edonica y se determinó que el límite para determinar que el producto está en buenas condiciones es a los 3 puntos, posteriormente con la escala asignada se graficaron los resultados.

Resultados

Al comenzar el desarrollo del producto se realizaron diferentes formulaciones a base carne de bagre, las cuales presentaban el problema de la falta de cohesividad y por lo tanto se obtenía un producto sin consistencia como se puede observar en la figura 3.



Figura 3 Primeras formulaciones de jamón.

Posteriormente se desarrollaron dos formulaciones más con una mezcla de carne de pescado y carne de cerdo, con estas formulaciones se obtiene un producto con la consistencia similar a la de los jamones comerciales, estas formulaciones se sometieron a un análisis sensorial para determinar la de mayor aceptación por el público. En la tabla 2 se muestran las formulaciones que se evaluaron de acuerdo al análisis sensorial, los resultados de estas encuestas no tuvieron una diferencia significativa, como se puede observar en la figura 4, por lo que la formulación correcta se eligió en base a los comentarios de los encuestados y al criterio del autor.

| FORMULACIÓN | CANTIDAD (%) | | | |
|-------------|--------------|-------|-----|--------------|
| | Cerdo | Bagre | APS | Carra-genina |
| 7 | 10 | 57.9 | 10 | 1.5 |
| 8 | 20 | 47.9 | 5 | 1.0 |

Tabla 2 Formulaciones evaluadas.

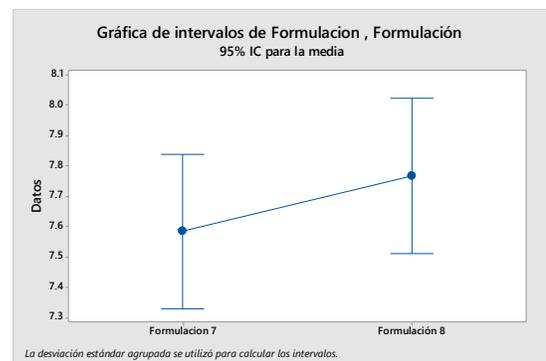


Figura 4 Resultados de encuestas de aceptación.

Una vez obtenida la formulación con mayor aceptación se diseñó el proceso para la obtención de jamón de bagre el cual se muestra en la figura 5.



Figura 5 Diagrama del proceso

Análisis fisicoquímicos

Los resultados de los análisis fisicoquímicos del producto terminado se muestran en la tabla 3.

| Especificaciones | Resultado |
|------------------|-----------|
| pH | 6.83 |
| % de acidez | 0.126 |
| a _w | 0.965 |

Tabla 3 Resultados de análisis fisicoquímicos.

La acidez del producto se determinó debido a que es un parámetro que influye en la aceptación del consumidor, además de ser un parámetro de calidad ya que como es sabido los productos cárnicos son de una acidez relativamente baja, excepto por algunos productos los cuales se someten a una acidificación como método de conservación. Como se puede observar el producto tiene un pH muy cercano al neutro debido a que el producto presenta una acidez baja.

La actividad de agua muy alta ya que es un producto cárnico, sin embargo, las sales e ingredientes utilizados en la salmuera se encargan de que el agua disponible en el jamón sea baja ya que actúan como solutos disminuyendo así el agua disponible en el producto, dándole así mayor vida de anaquel.

Análisis microbiológicos

Los resultados de los análisis microbiológicos se pueden observar en la tabla 4.

| | Resultado (UFC/g) |
|--------------------|-------------------|
| Mesófilos aerobios | <100 |
| Hongos y Levaduras | <100 |
| Coliformes totales | Negativo |

Tabla 4 Resultados de análisis microbiológicos.

Con los resultados obtenidos de los análisis se determinó que el producto es inocuo y apto para consumo humano ya que microbiológicamente no presenta ningún tipo de peligro para el consumidor.

Estos análisis, fisicoquímicos y microbiológicos, se realizaron con referencia a la NOM-242-SSA1-2009. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba, y a los resultados de los análisis se especificaron los límites mínimos y máximos para el producto terminado, los resultados se pueden observar en las tablas 5 y 6:

| | Mínimo | Máximo |
|------------------------|--------|--------|
| pH | 6 | 7 |
| % Acidez (ác. Láctico) | 0.1 | 0.3 |
| Actividad de agua | 0.95 | 0.99 |

Tabla 5 Límites fisicoquímicos establecidos.

| | Resultado (UFC/g) |
|--------------------|-------------------|
| Mesófilos aerobios | 250 |
| Hongos y Levaduras | 10 |
| Coliformes totales | <250 |

Tabla 6. Límites microbiológicos establecidos.

Vida de anaquel

En la figura 6 podemos observar los resultados del análisis microbiológico el cual presentaba una tendencia significativa sin embargo no se ajustan correctamente al modelo de Arrhenius, por tal motivo se tuvo que descartar como opción para la determinación de vida útil del jamón.

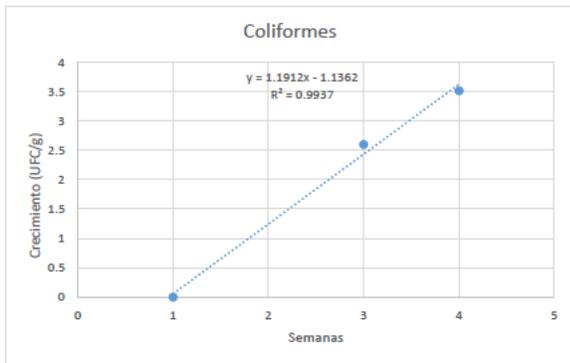


Figura 6 Modelación para vida de anaquel.

En la figura 7 se muestran los resultados graficados del análisis del pH los cuales presentan una tendencia significativa y se ajustan al modelo de Arrhenius, pero el cambio que se presenta en el producto por la variación del pH no es tan perceptible ya que la variación es mínima, por tal motivo los datos fueron descartados para la determinar la vida que tiene el jamón en anaquel.

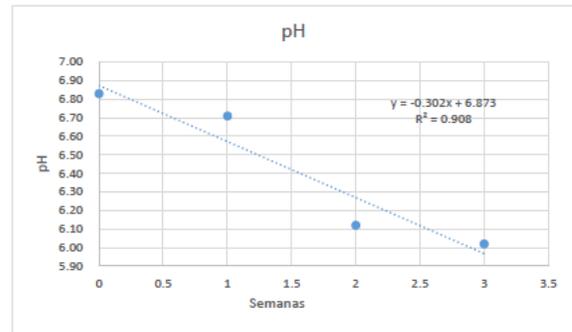


Figura 7 Modelación con resultados fisicoquímicos.

Por tal motivo se tomaron en cuenta los datos del análisis sensorial a los cuales se les asigno una escala de calificación. Dicha escala asignada se muestra en la tabla 6.

| ESCALA DE CALIFICACIÓN | |
|------------------------|--------|
| Muy bueno | 5 pts. |
| Bueno | 4 pts. |
| Regular | 3 pts. |
| Malo | 2 pts. |
| Muy malo | 1 pto. |

Tabla 6 Escala establecida para evaluar la vida de anaquel.

Con la ayuda de la escala establecida se graficaron los datos y como resultado se obtuvo la figura 8.

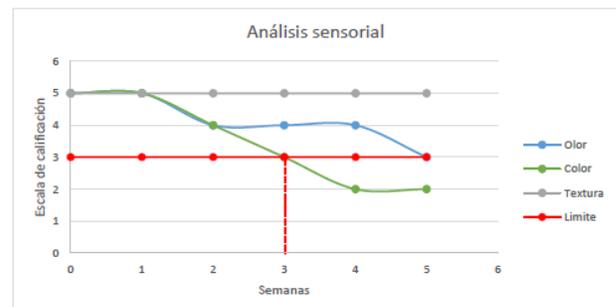


Figura 8 Resultados del análisis sensorial.

En la cual podemos observar que en la tercera semana el producto comienza a rebasar el límite inferior por lo cual que este comienza a degradarse y mostrar cambios significativos en el aspecto del jamón por lo que el tiempo que dura en anaquel es de tres semanas ya que en ese tiempo no presenta cambios significativos.

Conclusiones

1. Se desarrolló el proceso para la elaboración de jamón de carne de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), con el cual se obtiene un rendimiento del 40% aproximadamente.

2. Se obtuvo la formulación correcta para la elaboración del producto la cual se analizó fisicoquímica y microbiológicamente obteniendo un producto inocuo y apto para consumo.

3. La formulación elegida para la elaboración de jamón de pescado, tiene una mezcla de carne de pescado y cerdo, ya que con la carne de cerdo se obtiene una mayor cohesividad en el producto final.

4. De acuerdo a los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados se determinaron los límites máximos y mínimos para estos dos parámetros.

5. Se determinó que la vida de anaquel del producto es de tres semanas aproximadamente almacenado una temperatura de refrigeración (4-8°C).

Referencias

Guerrero, I., Arteaga, M. R. 2001. Tecnología de carnes elaboración y preservación de productos cárnicos. Editorial Trillas S.A. de C.V. México, D.F. pp. 65.

SEP (Secretaría de Educación Pública). 1997. Manuales para la educación agropecuaria: control de calidad productos agropecuarios. Trillas S.A. de C.V. México, D.F. pp57-60.

Bedolla, S., Dueñas, C. y Esquivel, I. 2004. Introducción a la tecnología de alimentos. Segunda edición. Editorial Limusa S.A de C.V. México, D.F. pp. 74. <https://books.google.com.mx/books?isbn=9681863682>.

Salinas, R., Gonzales, G., Pirovani, M. y Ulín, F. 2007. Modelación del deterioro de productos vegetales frescos cortados. Universidad y ciencia, trópico Húmedo. 8: 188-191.

NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

NOM-111-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuanta de mohos y levaduras en alimentos.

NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación de México). 2012. Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la carta nacional acuícola. México, D.F. Diario Oficial.

<http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/2011/06062012%20SAGARPA.pdf>, accesada 22/01/2017.

SEDAGRO (Secretaría de Desarrollo Agropecuario). 2013. Cultivo de bagre. México, D.F.

<http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/documentos/peces/bagre/Cultivo%20de%20Bagre.pdf>, accesada 23/01/2017.

Torres, A. 2013. Especies relevantes para la industria pesquera mexicana. México, D.F. <http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/documentos/peces/bagre.pdf>, accesada 23/01/2017.

Arís, R. 2011. Redescubriendo el jamón cocido. <http://www.interempresas.net/Distribucion-Carnica/Articulos/52440-Redescubriendo-el-jamon-cocido.html>, accesada 23/01/2017.

Banidotti Group. 2015. Jaulas flotantes para acuicultura en lugares resguardados y expuestos. http://www.badinotti.com/prod_cage_float_SPA.html, accesada 09/06/2017.

Bosch, A. 2013. Clases de jamón: Jamón Ibérico y Jamón Serrano. <https://www.verema.com/blog/productosgastronicos/1057492-clases-jamon-iberico-serrano>, Accesada 09/06/2017

CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). 2014. Información estadística por especie y entidad. http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/informacion_estadistica_por_especie_y_entidad, accesada 24/01/2017.

CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). 2016. El bagre, un fino y suave sabor. <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/el-bagre-un-fino-y-suave-sabor?idiom=es>, accesada 24/01/2017.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016. Programa de información de especies acuáticas *Ictalurus Punctatus* (Rafinesque, 1818).

Generación de energía eléctrica a partir de aguas residuales en una celda de combustible microbiana

GARCÍA-NAVARRO, Josefina†*, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y ZUMAYA-QUIÑONES, Rocío

Universidad Politécnica de Altamira. Nuevo Libramiento Altamira Km. 3, Santa Amalia, 89602 Altamira

Recibido 17 de Julio, 2017; Aceptado 8 de Septiembre, 2017

Resumen

En los últimos años se ha visto como la demanda de energía eléctrica en México ha ido incrementando y con ella el uso de combustibles fósiles para su generación. La forma en que se ha enfrentado a esto es, aprovechando fuentes de energías renovables o buscando alternativas a métodos convencionales de generación de electricidad. El objetivo de esta investigación es generar energía eléctrica aprovechando la bioenergía contenida en aguas residuales, la forma en que se obtiene la energía es usando una celda de combustible microbiana, que aprovecha la materia orgánica y los microorganismos que contienen las muestras de agua residual. Se analizaron muestras de agua de diferente origen: domésticas, pluviales y de criaderos de peces. La energía producida en éstas, se midió con el voltaje eléctrico (milivolts/mV). Se obtuvieron voltajes de energía de 302mV a 931 mV, resultando con valores más altos de voltaje eléctrico el agua residual de criadero de peces. Se concluye que todos los tipos de agua residual analizados, presentaron potencial para suministrar energía a sistemas electrónicos de bajo consumo y que las celdas de combustible microbianas son una alternativa a métodos convencionales de generación de electricidad, para aplicaciones a pequeña escala.

Generación de energía, bioenergía, aguas residuales.

Abstract

In recent years it has been seen how the demand for electric power in Mexico has been increasing and with it the use of fossil fuels for its generation. The way it has faced this is by taking advantage of renewable energy sources or by looking for alternatives to conventional methods of generating electricity. The objective of this research is to generate electricity using bioenergy contained in wastewater, the way the energy is obtained is using a microbial fuel cell, which takes advantage of the organic matter and microorganisms that contain the wastewater samples. Samples of water of different origin were analyzed: domestic, rainwater and fish farms. The energy produced in these, was measured with the electrical voltage (millivolts / mV). Energy voltages were obtained from 302mV to 931mV, resulting in higher values of electrical voltage from the fish farm waste water. It is concluded that all types of wastewater analyzed have the potential to supply energy to low-consumption electronic systems and that microbial fuel cells are an alternative to conventional methods of generating electricity for small-scale applications.

Energy generation, waste water, bioenergy

Citación: GARCÍA-NAVARRO, Josefina, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y ZUMAYA-QUIÑONES, Rocío. Generación de energía eléctrica a partir de aguas residuales en una celda de combustible microbiana. Revista de Operaciones Tecnológicas 2017. 1-3:48-56

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: josefina.garcia@upalt.edu.mx

Introducción

En los últimos años se ha visto como la demanda de energía en México ha ido incrementando y con ella el uso de combustibles fósiles para su generación. Su manejo ha creado diversos problemas de contaminación ambiental, desde el incremento de la acidez del suelo y agua hasta el calentamiento global, provocando que la calidad de vida disminuya (Ramos-Gutiérrez y Montenegro-Fragoso, 2012). Una de las formas en que se ha enfrentado a esta problemática, es por medio del uso racional y eficiente de fuentes de energía renovable (Estrada Gasca y Samperio Islas, 2010).

Una fuente de energía renovable y limpia, es la bioenergía, que es la energía obtenida a partir de la biomasa (Masera-Cerutt *et al* 2011) y puede ser aprovechada para generar energía eléctrica usando una Celda de Combustible Microbiana (CCM).

Las células de combustible microbianas (CCMs) son dispositivos electroquímicos que utilizan la actividad metabólica de los microorganismos para oxidar los combustibles, generando corriente eléctrica por transferencia de electrones directa a los electrodos (Rabaey *et al.*, 2007). Las fuentes más comunes de microorganismos electroactivos los contienen las aguas residuales domésticas, los lodos activados y anaeróbicos y los sedimentos marinos (Erable *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2004; Rezaei *et al.*, 2007).

Las células de CCMs se han utilizado para producir electricidad a partir de diferentes compuestos, acetato, lactato y glucosa. Es posible producir electricidad en una celda de éste tipo a partir de aguas residuales domésticas, al mismo tiempo que se realiza un tratamiento biológico de aguas residuales (Liu *et al.*, 2004).

Existen dos tipos de diseño de CCMs: las de dos compartimentos, que tienen una cámara anódica, una cámara catódica y un separador de Membrana de Intercambio Protónico (PEM), debido a que la energía utilizada para bombear el agua es mayor a la que produce, éstas son preferibles para el tratamiento de agua que a la generación de electricidad; y las de un solo compartimento, donde ya no es necesaria la cámara catódica, el cátodo se expone al aire (Du, Li y Gu, 2007).

Las CCMs pueden generar energía eléctrica directamente a partir de sedimento marino, lodos activados, aguas residuales domésticas entre otras fuentes de materia orgánica (Logan y Regan, 2006).

Las ventajas de usar la tecnología de las Celdas de Combustible Microbianas es que pueden generar electricidad y a la vez realizan un tratamiento de aguas residuales. La capacidad de este tipo de celdas dependerá del tipo de reactor y de la fuente de materia orgánica que se utilice (Logan y Regan, 2006).

El tipo de agua que se analizó en éste trabajo son aguas residuales municipales. Cabe mencionar que para la preservación y administración del agua en México, se cuenta con la Comisión Nacional del Agua, que clasifica las descargas de aguas residuales en dos categorías: municipales e industriales. Las municipales corresponden a las que son manejadas en los sistemas de alcantarillado urbanos y rurales, las segundas son aquellas descargadas a los cuerpos receptores de propiedad nacional (Comisión Nacional del Agua, 2015).

La importancia de aprovechar la bioenergía contenida en el agua residual y que como resultado se realice una biorremediación del agua es debido a que en los últimos años en México se recolectaron $211 \text{ m}^3/\text{s}$ de aguas residuales municipales, y solamente se tratan $111.3 \text{ m}^3/\text{s}$, es decir, sólo se trató el 52.8 %. También se trataron $65.6 \text{ m}^3/\text{s}$ de aguas residuales industriales, de donde se destaca que Tamaulipas solo trató $7.72 \text{ m}^3/\text{s}$ (Comisión Nacional del Agua, 2015).

Las CCMs no solo sirven para producir electricidad, sino que también se le puede usar en procesos de biorremediación, que es la remoción de contaminantes por medio de microorganismos, de suelos y aguas subterráneas. Las bacterias al ser también capaces de aceptar electrones, éstas reproducen reacciones para remover o degradar contaminantes (Falcon *et al.*, 2009).

Por la importancia que representa utilizar una tecnología alternativa para la generación de energía eléctrica en México, aunado a que del uso de las CCMs se podría dar un tratamiento a las aguas residuales, éste trabajo sirve para identificar en qué tipo de agua residual es más factible el uso de una CCM para generar energía que alimente sensores ambientales de baja potencia eléctrica y además que se pretende dar continuidad, para determinar en un futuro, el nivel de biorremediación del agua residual.

Justificación

En México se está impulsando el desarrollo y uso de las energías renovables e invirtiendo en los procesos de producción de energías sostenibles, ya que el consumo de energía eléctrica es una necesidad cada día más imperante. A pesar de las diferentes formas de producirla, sigue siendo un reto disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y los impactos ambientales que causan cada una de las distintas formas de producción.

Por lo tanto, es innegable la necesidad de desarrollar, adaptar tecnologías alternativas de generación de energía menos contaminantes. Tales tecnologías deben tener la capacidad de operar con combustibles no convencionales, que no estén relacionados con el petróleo. Por lo anterior, en este trabajo se propone la generación de energía eléctrica a partir de la bioenergía contenida en aguas residuales, usando una tecnología alternativa (CCM), que utiliza la biomasa como combustible.

Problema

El incremento en la demanda de la energía eléctrica en México, trae como resultado que se busquen otras alternativas a los métodos convencionales de generación de electricidad, ya que el uso de los combustible fósiles ha creado diversos problemas de contaminación ambiental. Por lo anterior es muy importante generar energía eléctrica a partir de otras alternativas que no utilicen combustibles derivados del petróleo. Una opción para resolver esta problemática es aprovechar la bioenergía contenida en las aguas residuales para generar energía usando la tecnología de una celda de combustible microbiana.

Hipótesis

Aprovechando la bioenergía contenida en aguas residuales se usará una CCM, para generar energía eléctrica, ya que son una alternativa a métodos convencionales de generación de electricidad.

Objetivos

Objetivo General

Generar de energía eléctrica a partir de aguas residuales usando una celda de combustible microbiana.

Objetivos específicos

- Construir una celda de combustible microbiana de un solo compartimiento.
- Muestrear aguas residuales de diferentes actividades antropogénicas.
- Medir el voltaje eléctrico al agua residual.

Marco Teórico

Liu, *et al* en el 2004, produjeron energía eléctrica durante el tratamiento de aguas residuales usando una celda de combustible microbiana de una sola cámara de material plexiglas, teniendo como ánodo ocho electrodos de grafito, un cátodo de carbón/platino y como catalizador una Membrana de Intercambio Protónico (PEM).

Du, Z., Li, H. and Gu, T., 2007, realizaron un estado del arte de revisión de las Celdas de Combustible Microbianas, considerándolas como una tecnología para el tratamiento de agua residual y aprovechamiento de bioenergía. Estos autores presentan que la cantidad de energía producida por las celdas, es afectada por diversos factores como: el tipo de microorganismos en la cámara anódica, por el diseño de configuración de la celda y por las condiciones de operación.

Sacco, *et al.*, 2008, obtuvieron generación de electricidad en una Celda de Combustible Microbiana, utilizando Micro-ánodos Descartables, ya que eran de un diminuto tamaño de 27 microlitros, y se diseñó utilizando materiales de bajo costo; las bacterias que se utilizaron fueron *Escherichia coli*.

Alzate-Gaviria, *et al.*, 2008. emplearon una celda de combustible microbiana a escala de laboratorio para la generación de electricidad. La celda consistió de dos cámaras separadas por una membrana de intercambio protónico (PEM).

Utilizaron electrodos de papel carbón y un cátodo acuoso burbujeado con aire para proveer O₂ disuelto al electrodo. La generación de potencia en la CCM, se debió a la presencia de bacterias como biocatalizadores en la cámara del ánodo. Las bacterias fueron obtenidas de un inóculo mixto anaerobio de tipo entérico, empleando agua residual sintética como sustrato.

Sathish-Kumar *et al* 2009, realizaron pruebas de desempeño de ciertas bacterias para generar electricidad usando una CCM. Demostraron que las bacterias: *acetobacter acetii* y *gluconobacter roseus*, no necesitan un mediador para transferir electrones.

Cercado, *et al.*, 2010, obtuvieron electricidad a partir de residuos alimenticios e industriales, usando una CCM. El origen de los residuos eran de jugo de manzana fermentado, de la industria del vino y del yogurth, éstos se combinaron con dos fuentes de inóculos: lodos anaeróbicos y composta de jardín.

Buitrón y Pérez, 2011, hicieron un trabajo de producción de electricidad en celdas de combustible microbianas utilizando agua residual, estudiando el efecto de la distancia entre electrodos y la eliminación de la materia orgánica en el agua residual usando una CCM.

Li, 2013, realizó un estudio experimental de las CCMs para generar de electricidad, revisando diversas características de las muestras que se analizaban y el tamaño de las cámaras anódicas y catódicas de la celda. Encontró que a mayor cantidad de materia orgánica en las muestras contenidas en las cámaras, mayor generación de energía se obtenía, concluyendo que la producción de electricidad en éste tipo de celdas, puede incrementar si se selecciona correctamente el tipo de muestra, la temperatura y el tamaño de las cámaras.

Revelo, *et al.*, 2013, presentan y discuten los aspectos más importantes que inciden en el desempeño de una celda de combustible microbiana, tales como su arquitectura, la función microbiana y el tipo de sustratos, además determinan que las Celdas de combustible microbianas, son un reto para la remoción de materia orgánica (biorremediación) y para la generación de energía eléctrica.

Metodología

Origen de las muestras de agua residual

Se midió la energía eléctrica generada en tres tipos de agua residual de diferente origen: domésticas (Universidad), pluviales y de criaderos de peces. La energía producida en éstas, se midió con el voltaje eléctrico (milivolts/mV), en una CCM de una sola cámara anódica con grafito como ánodo. Los tipos de agua residual estudiados, entran en la clasificación de aguas residuales municipales.

Agua residual doméstica

La muestra se tomó del agua residual proveniente de los laboratorios de la Universidad Politécnica de Altamira, en Tamaulipas.

Agua residual pluvial

El agua de este origen se recolecta en un canal pluvial ubicado en la colonia solidaridad, voluntad y trabajo, se encuentra en la división de los municipios de Tampico y Altamira, Tamaulipas.

Agua residual de criadero de peces

Ésta agua proviene de un criadero de peces, ubicado en Tampico, y la muestra se tomó en un punto de desagüe del estanque del criadero de peces.

Colecta y preservación de las muestras

Se tomaron de 1.5 L de las muestras de agua en botellas de plástico y posteriormente se mantuvieron a temperatura de 3°C (Cercado, *et al.*, 2010).

Diseño y elaboración de las celdas de combustible microbianas

Se usó el diseño de una CCM de un solo compartimento, de cámara anódica con material de arcilla (ya no es necesaria la cámara catódica, el cátodo se expone al aire) y se tomó como referencia los diseños descritos por Du, *et al.*, 2007 y Liu, *et al.*, 2004.

Los materiales para la realización de la celda son:

1. Un recipiente de arcilla para la cámara anódica (grosor recomendado: 3 a 4 mm).
2. Una lija
3. Varilla de grafito
4. Malla de acero inoxidable
5. Carbón activado y polvo de grafito grado reactivo en polvo
6. Esmalte de uñas transparente de alta duración como aglutinante (80mg/cm²). Que contenga : Toluenosulfonamina
7. Cinta de aislar
8. Alambre de cobre delgado

Para la elaboración de la CCM, se realiza lo siguiente.

1. Se lija el recipiente de barro para que exista mayor superficie de contacto

2. Se cubre el recipiente con la malla de acero inoxidable con el alambre de cobre, que actúa como cátodo (Figura 1).



Figura 1 Celda de combustible, armada con recipiente de arcilla y recubierta con malla de acero inoxidable y cobre.

Elaboración propia.

3. Se pesan el carbón activado y el grafito pulverizados. Sacar el área que ocupa el recipiente (sin considerar la base y la tapa), para determinar la cantidad de carbón y grafito a utilizar, en base a la siguiente relación $=15\text{mg}/\text{cm}^2$. Se utilizan como catalizador al cátodo.
4. Una vez pesado el carbón y el grafito, se realiza una mezcla agregándole el esmalte con la siguiente relación $=80\text{mg}/\text{cm}^2$ (considerar nuevamente el área superficial del recipiente).
5. Cubrir la parte exterior del recipiente de arcilla con la mezcla anterior (Figura 2).



Figura 2 Celda de combustible recubierta con la mezcla de aglutinante con carbón activado y grafito.

Elaboración propia.

6. Posteriormente dejar que se seque perfectamente.
7. Utilizar como ánodo una varilla de grafito.
8. Agregar $\frac{3}{4}$ partes del volumen del recipiente con las muestras de agua residual.

Determinación de la generación de energía

Para la determinación de la energía sustentable producida por la CCM, se utilizaron las muestras de agua residual y la medición del voltaje eléctrico se obtuvo de manera. Para la obtención de los resultados se utilizó un multímetro UT55 que midió el voltaje eléctrico en milivolts (mV) generado en la CCM.

El procedimiento para la medición se representa en la figura 3 y se llevo a cabo de la siguiente manera:

1. Identificar el ánodo y cátodo en la CCM.
2. Conectar los caimanes con la polaridad correcta.
3. Poner en contacto los caimanes con el ánodo (varilla de grafito) y el cátodo (malla de acero inoxidable con alambre).
4. Realizar la lectura en el multímetro en corriente directa en el intervalo de milivolts.



Figura 3 Mediciones de voltaje eléctrico en la celda de combustible microbiana en las muestras de agua residual.

Elaboración propia.

Resultados

Se obtuvo una CCM, con un diseño viable y económico, que permitió realizar las mediciones de energía de las muestras de agua residual.

Con el objetivo de obtener las mediciones de voltaje eléctrico con mayor nivel de confianza, por cada valor registrado se tomaron 5 veces las lecturas en diferentes minutos (tabla 1, 2 y 3).

| t/min | V/mV |
|----------|-------|
| 1 | 853 |
| 2 | 848 |
| 3 | 775 |
| 4 | 823 |
| 5 | 830 |
| Promedio | 825.8 |

Tabla 1 Mediciones de voltaje eléctrico en el agua residual de la UPALT.

Elaboración propia.

| t/min | V/mV |
|----------|-------|
| 1 | 302 |
| 2 | 312 |
| 3 | 329 |
| 4 | 330 |
| 5 | 319 |
| Promedio | 318.4 |

Tabla 2 Mediciones de voltaje eléctrico en agua residual pluvial.

Elaboración propia.

| t/min | V/mV |
|----------|-------|
| 1 | 913 |
| 2 | 917 |
| 3 | 922 |
| 4 | 928 |
| 5 | 931 |
| Promedio | 922.2 |

Tabla 3 Mediciones de voltaje eléctrico en el agua residual de criadero de peces.

Elaboración propia.

Conclusiones

Se obtuvieron voltajes de energía de 302 mV a 931 mV, resultando con valores más altos de voltaje eléctrico el agua residual de criadero de peces, considerando que la fuente de materia orgánica de éstas muestras proviene de los residuos de los peces y los más bajos voltajes provienen del agua residual del canal pluvial, ya que éste es un punto de captación de agua de lluvia de una colonia.

Se concluye que todos los tipos de agua residual analizados, presentaron potencial para suministrar energía a sistemas electrónicos de bajo consumo y que las celdas de combustible microbianas son una alternativa a métodos convencionales de generación de electricidad, para aplicaciones a pequeña escala. Un factor clave en el diseño de una CCM, es la selección de la fuente que se utilizará para la alimentación de la celda (Cercado *et al*, 2010), por lo que en este trabajo se demostró que el agua residual es una buena fuente para producir energía directamente usando una CCM y respalda lo propuesto por Erable *et al*, 2009, Liu *et al* 2004 y Rezaei *et al* 2007, que las más comunes fuentes de microorganismos electroactivos de acuerdo a los estudios realizados, han sido, las aguas residuales, lodos anaerobios, activados y sedimentos marinos.

Las aguas residuales utilizadas generan energía a baja escala, lo que confirma lo descrito por Sacco, 2008, que las celdas de combustible microbianas son una alternativa a métodos convencionales de generación de electricidad, para aplicaciones a pequeña escala, en algunos trabajos se describen aplicaciones asociadas a sistemas electrónicos de bajo consumo (Du *et al*, 2007), como sensores ambientales, que podrían ser instalados en algunos puntos de las descargas de las muestras y que además de proporcionar información de parámetros físicos, también podrían biorremediar el agua residual, ya que las celdas de combustible microbianas, no solo sirven para producir electricidad, sino que también se pueden usar en procesos de bio-remediación, que es la remoción de contaminantes por medio de microorganismos, de suelos y aguas subterráneas (Falcón, Lozano y Juárez, 2009). Por lo anterior, se puede dar continuidad a éste, pero ahora determinando el nivel de biorremediación que podrían tener el agua residual.

Referencias

- Alzate-Gaviria, L., Fuentes-Albarran, C., Álvarez-Gallegos, A., y Sebastián, P.J., (2008). Generación de electricidad a partir de una celda de combustible microbiana tipo PEM. *Revista Interciencia*. Vol. 33. No. 7.
- Buitrón, G., & Pérez, J. (2011). Producción de electricidad en celdas de combustible microbianas utilizando agua residual: efecto de la distancia entre electrodos. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, Volumen 14 (1), 5-11pp.
- Cercado Quezada, B. and Délia, Marie-Line and Bergel, Alain (2010) Testing various food-industry wastes for electricity production in microbial fuel cell. *Bioresource Technology* pp. 2748-2754. ISSN 0960-8524.
- Comisión Nacional del Agua. (2015). Estadísticas del agua en México.
- Du, Z., Li, H. and Gu, T., (2007). A state of the art: Review on Microbial Fuel Cells: A Promising Technology for Wastewater Treatment and Bioenergy". *Biotechnology Advances*, Vol. 25, No. 5, 2007, 464- 482 pp.
- Erable, B., Etcheverry, L., Bergel, A., (2009). Increased power from a two-chamber microbial fuel cell with a low-pH air cathode compartment. *Electrochem Commun*. Vol. 11, 619–622 pp.
- Estrada Gasca, C., y Samperio Islas, J., (2010). Energías alternas: propuesta de investigación y desarrollo tecnológico para México (Primera ed.). Academia Mexicana de Ciencias.
- Falcon, A., Lozano E., J., & Juárez, K., (2009). Bioelectricidad. *BioTecnología*, 13 (3).
- Hernández- Sampieri, R., Fernández-Collado, Carlos y Baptista-Lucio, P., (2006). Metodología de la investigación. 4ª Edición. Ed. Mc Graw Hill. ISBN 970-10-5753-8.

Li J., (2013). An Experimental Study of Microbial Fuel Cells for Electricity Generating: Performance Characterization and Capacity Improvement. *Journal of Sustainable Bionergy Systems*. 3: 171-178pp.

Liu, H., Ramnarayanan, R., Logan, B., (2004). Production of electricity during Wastewater treatment using a single chamber microbial fuel cell. *Environmental Science Technology*. Volumen 38, No.7. 2281-2285 pp.

Logan B.E. y Regan J. M., (2006). Microbial fuel cells: Challenges and applications. *Environmental Science & Technology*. 40: 5172-5180 pp.

Masera-Cerutti, O., Coralli, F., García-Bustamante, C., Riegelhaupt, E., Arias-Chalico, T., Vega-Gregg, J., Díaz- Jiménez, R., Guerrero-Pacheco, G. Y Cecotti. L., (2011). La bioenergía en México. Situación actual y perspectivas. Cuaderno Temático No.4. Red Mexicana de Bioenergía, A.C. www.rembio.org.

Ramos-Gutiérrez, L., y Montenegro-Fragoso, M. (2012). La generación de energía eléctrica en México. *III* (4), 197-211 pp.

Rabaey, K., Rodriguez, J., Blackall, L.L., Keller, J., Gross, P., Batstone, D., Verstraete, W., Neelson, K.H., (2007). Microbial ecology meets electrochemistry: electricity- driven and driving communities. *ISME J*. Vol. 1, 9–18 pp.

Revelo M., D., Hurtado H., N., & Ruiz O., J. (2013). Celdas de combustible microbiana (CCMs): un reto para la remoción de materia orgánica y la generación de energía eléctrica. *Información tecnológica* , Volumen 24(6) 17-28pp.

Instrucciones para autores

[Título en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keywords

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman
y Negritas No.11**

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor. Título del Artículo.
Título de la Revista. 2017, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para autores

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]

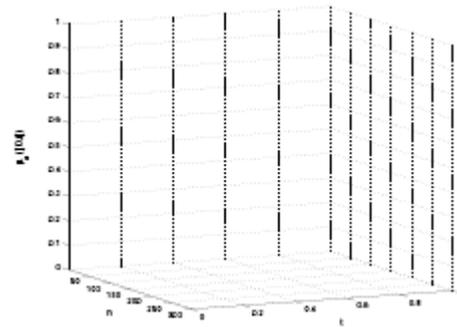


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

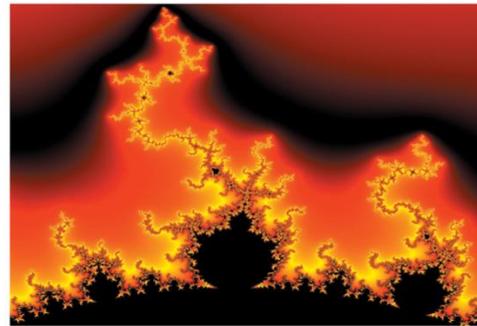


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

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

Instrucciones para autores

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.

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

Formato de Originalidad



Taipei-Taiwan a ____ de ____ del 20____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Taipei-Taiwan a ____ de ____ del 20____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN- Taiwan a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN- Taiwan to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Operaciones Tecnológicas

“Automatización de los procesos: migración de la instrumentación neumática, analógica a instrumentación digital en una planta petroquímica en operación”

ESPINOSA-SOSA, Enrique Esteban, GARCÍA-GUENDULAIN, Crescencio, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y VÁZQUEZ-FERNÁNDEZ, Jorge Alberto
Universidad Politécnica de Altamira

“H-567, híbrido de maíz para el trópico húmedo de México”

SIERRA-MACIAS, Mauro, RODRIGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio, GÓMEZ-MONTIEL Noel y ESPINOSA-CALDERON, Alejandro

“SECURITY BAX Almacenamiento de audio, vídeo y geolocalización para transporte de carga”

MEJÍA-MADRIGAL, Jesús, MARTÍNEZ-JAIMES, Nancy Berenice y PADILLA-GÓMEZ, Raúl
Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

“Análisis cinemático de la caja de velocidades de un torno para madera”

REYNALDO-LEDESMA, Jaime, RAMOS-LÁZARO, Gabriela, GUANDULAY-ALCÁZAR, Miguel Ángel y FERRER-ALMARÁZ, Miguel Ángel
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

“Reconocimiento de contorno en polea de giro libre bajo técnicas de iluminación”

CANO-LARA, Miroslava, VERGARA-ESPARZA, Rosalia, JUÁREZ-RÍOS, Higinio y FONSECA-GALLARDO, Ricardo
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

“Diseño del proceso de elaboración de jamón de carne de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) y determinación de la vida de Anaquel”

DIEGO-ESTUDILLO, Oscar, PÉREZ-NAVA, Raymundo, CID-ORTEGA, Sandro y ABRAHAM, Misael
Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros

“Generación de energía eléctrica a partir de aguas residuales en una celda de combustible microbiana”

GARCÍA-NAVARRO, Josefina, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y ZUMAYA-QUIÑONES, Rocío
Universidad Politécnica de Altamira

