



tecnología

Glosas de innovación aplicadas a la pyme

Ed. 28_Vol.7_nº4
Diciembre_18_Marzo_19

Publicación trimestral

ISSN: 2254-4143



3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme.

Periodicidad trimestral. Quarterly periodicity.

Edición 28. Volumen 7, Número 4 (Diciembre '18 - Marzo '19). Edition 28, Volume 7, Issue 4 (December '18 - March '19).

Tirada nacional e internacional. National and international circulation.

Artículos revisados por el método de evaluación de pares de doble ciego. Articles reviewed by the double blind peer evaluation method.

ISSN: 2254-4143

Nº de Depósito Legal: A 268 – 2012

DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n4e28/>

Edita:

Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

C/ Els Alzamora 17, Alcoy, Alicante (España)

Tel: 965030572

info@3ciencias.com _ www.3ciencias.com

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos citando la fuente y el autor. This publication may be reproduced by mentioning the source and the authors.

Copyright © Área de Innovación y Desarrollo, S.L.





tecnología

Glosas de innovación aplicadas a la pyme

OBJETIVO EDITORIAL

La Editorial científica 3Ciencias pretende transmitir a la sociedad ideas y proyectos innovadores, plasmados, o bien en artículos originales sometidos a revisión por expertos, o bien en los libros publicados con la más alta calidad científica y técnica.

NUESTRO PÚBLICO

- Personal investigador.
- Doctorandos.
- Profesores de universidad.
- Oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI).
- Empresas que desarrollan labor investigadora y quieran publicar alguno de sus estudios.

COBERTURA TEMÁTICA

3C Tecnología es una revista de carácter científico-social en la que se difunden trabajos originales que abarcan la Arquitectura y los diferentes campos de la Ingeniería, como puede ser Ingeniería Mecánica, Industrial, Informática, Eléctrica, Agronómica, Naval, Física, Química, Civil, Electrónica, Forestal, Aeronáutica y de las Telecomunicaciones.

INFORMACIÓN PARA AUTORES

Toda la información sobre el envío de originales se puede encontrar en el siguiente enlace:
<http://www.3ciencias.com/normas-de-publicacion/instrucciones-para-el-envio-de-articulos/>

PUBLISHING GOAL

3C Ciencias wants to transmit to society innovative projects and ideas. This goal is reached through the publication of original articles which are subjected to peer review or through the publication of scientific books.

OUR TARGET

- Research staff.
- PhD students.
- Professors.
- Research Results Transfer Office.
- Companies that develop research and want to publish some of their works.

THEMATIC COVERAGE

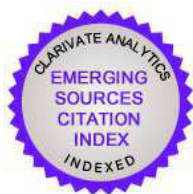
3C Tecnología is a scientific-social journal in which original works that cover Architecture and the different fields of Engineering are disseminated, such as Mechanical, Industrial, Computer, Electrical, Agronomic, Naval, Physics, Chemistry, Civil, Electronics, Forestry, Aeronautics and Telecommunications.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

All information about sending originals can be found at the following link:
<https://www.3ciencias.com/en/regulations/instructions/>

INDIZADO POR
INDEXED BY

Plataforma de evaluación de revistas



Bases de datos internacionales selectivas



Directorios selectivos



Hemerotecas selectivas



Buscadores de literatura científica en acceso abierto



/SUMARIO/

Evaluación ergonómica y prototipo de mejoras en molestias generadas a nivel osteomuscular por una guadaña en la agricultura

Ergonomic evaluation and prototype of improvements in discomforts generated at the osteomuscular level by a farmer in agriculture

Juan Carlos Cayán Martínez, Jhonny Marcelo Orozco Ramos, Gloria Elizabeth Miño Cascante, Eduardo Francisco García Cabezas y Carlos Oswaldo Serrano Aguiar

11

Efecto de la aplicación del algoritmo de colonia de hormigas en un servicio logístico

Effect of the application of the ant colony algorithm in a logistic service

Ángel Geovanny Guamán Lozano, Gloria Elizabeth Miño Cascante, Julio Cesar Moyano Alulema , Alcides Napoleón García Flores y Juan Carlos Cayán Martínez

29

Comportamiento mecánico de la capa de zinc sobre acero al variar calidad superficial y velocidad de enfriamiento

Mechanical behavior of the zinc layer on steel when varying superficial quality and cooling speed

Juan Chico Chamorro, Carlos Díaz Campoverde y Patricia Proaño Sánchez

49

Sistema de gestión de procesos en la nube. Control y monitoreo para el mantenimiento mecánico

Process management system in the cloud. Control and monitoring for mechanical maintenance

Lídice Haz López, Manuel Eduardo Flores Morán y Carlos Sánchez León

71

Diseño de un modelo de e-logística para un operador logístico peruano

Design of a model of e-logistic for a peruvian logistic operator

L. Walter Valderrama Pérez, Ben Y. P. Yabar-Vega, Jehovanni F. Velarde Molina y Yván F. Díaz Zelada

87

/01/

EVALUACIÓN ERGONÓMICA Y PROTOTIPO DE MEJORAS EN MOLESTIAS GENERADAS A NIVEL OSTEOMUSCULAR POR UNA GUADAÑA EN LA AGRICULTURA

ERGONOMIC EVALUATION AND PROTOTYPE OF IMPROVEMENTS IN DISCOMFORTS GENERATED AT THE OSTEOMUSCULAR LEVEL BY A FARMER IN AGRICULTURE

Juan Carlos Cayán Martínez

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial, Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. (Ecuador).

E-mail: jcayan@esepoch.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9573-3706>

Jhonny Marcelo Orozco Ramos

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial, Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. (Ecuador).

E-mail: ingjmorozco@gmail.com

Gloria Elizabeth Miño Cascante

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial, Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. (Ecuador).

E-mail: gloriamino@esepoch.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2896-3987>

Eduardo Francisco García Cabezas

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial, Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. (Ecuador).

E-mail: edugarciac_87@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3547-472X>

Carlos Oswaldo Serrano Aguiar

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial, Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. (Ecuador).

E-mail: carlos.serrano@esepoch.edu.ec

Recepción: 20/01/2018. Aceptación: 24/02/2018. Publicación: 14/12/2018

Citación sugerida:

Cayán Martínez, J. C., Orozco Ramos, J. M., Miño Cascante, G. E., García Cabezas, E. F. y Serrano Aguiar, C. O. (2018). Evaluación ergonómica y prototipo de mejoras en molestias generadas a nivel osteomuscular por una guadaña en la agricultura. 3C Tecnología. Investigación y pensamiento crítico. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n4e28.10-27/>

RESUMEN

La investigación se centra en la evaluación ergonómica y análisis de cargas en el arnés de sujeción para guadaña (podadora) en el uso prolongado durante la jornada laboral incrementando en un 35% después de la segunda hora de exposición. El diseño y distribución de cargas en las correas de sujeción sobre el operario presenta molestias a nivel lumbar y de hombros, por lo que la evaluación ergonómica de la influencia de las cargas determina las consecuencias sobre movimientos repetitivos en esta máquina-herramienta. De esta manera se realiza una propuesta de sujeción y soporte de la guadaña que mejore el tiempo de exposición a esta herramienta. El análisis del sistema de sujeción se realiza en Solidworks educacional exponiéndole a una fuerza de 77,42 N con una deformación de 0,012 mm y Ergo IBV. Mediante el método REBA, el nivel de actuación para posturas son inadecuadas, evidenciando claramente que existen riesgos significativos para los operarios que están expuestos y se requiere cambios urgentes en la tarea determinando un prototipo nuevo con valores de molestia a las cuatro horas de trabajo con un 40% de molestia en un 50% de los trabajadores evaluados. Se genera de esta manera un arnés con una distribución de cargas en las correas y soportes a nivel de todo el cuerpo y descargando el peso en las piernas, que es lo más adecuado en levantamiento de cargas según el código de trabajo y normas reduciendo los niveles de fatiga en los operarios.

ABSTRACT

The research focuses on the ergonomic evaluation and analysis of loads in the clam harness for scythe (pruner) in the prolonged use during the working day increasing by 35% after the second hour of exposure. The design and distribution of loads in the restraint straps on the operator present discomfort at the lumbar and shoulder level, so, the ergonomic evaluation of the influence of the loads determines the consequences on repetitive movements in this machine tool. In this way a proposal of support and support of the scythe is made to improve the exposure time to this tool. The analysis of the fastenings system is performed in Solidworks educational exposing it to a force of 77.42 N with a deformation of 0.012 mm and Ergo IBV. Using the REBA method, the level of action for postures are inadequate, clearly showing that there are significant risks for operators who are exposed and urgent changes are required in the task, determining a new prototype with nuisance values after four hours of work with 40% of discomfort in 50% of the evaluated workers. It is generated in this way a harness with a distribution of loads in the belts and supports at the level of the whole body and unloading the weight in the legs, that is the most appropriate in lifting loads according to the work code and norms reducing fatigue levels in the operators.

PALABRAS CLAVE

Ergonomía, Guadaña, Arnés de sujeción, Ansys, REBA.

KEY WORDS

Ergonomics, Scythe, Clamping harness, Ansys, REBA.

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura puede ser definida como la producción, procesamiento, comercialización y distribución de cultivos y productos de ganado, siendo este con concepto moderno, ya que anteriormente se concebía como un término exclusivo hacia los cultivos vegetales.

La agricultura desempeña un papel crucial en la economía de un país. En Ecuador, es la columna vertebral del sistema económico, no sólo proporciona alimentos y materias primas, sino también oportunidades de empleo a una importante cantidad de población. Es la principal fuente de empleo en el país, representando un 25% de la Población Económicamente Activa, es decir, es la principal fuente de empleo ya que más de 1,6 millones de personas laboran en el sector (Ingeniería Agropecuaria UTN 2017).

La agricultura desempeña un papel crucial en la economía de un país. En Ecuador, es la columna vertebral del sistema económico, no sólo proporciona alimentos y materias primas, sino también oportunidades de empleo a una importante cantidad de población.

El Ecuador es un país potencialmente agrícola, en el cual se utilizan herramientas y máquinas para cumplir las labores de trabajo en el campo, teniendo una gran incidencia en la agricultura, de manera que es de gran ayuda para la optimización de recursos y mano de obra. Un 65% de los agricultores tienen una podadora, de manera que notaron que es de mucha ayuda para los diferentes tipos de limpiezas de sus huertas. Sin embargo, con esto también llegaron los problemas, debido a los largos periodos que se ven expuestos a la utilización de este tipo de máquina, de manera que un 75% de los operarios que trabajan con una máquina de este tipo presentan molestias físicas, según una encuesta realizada por el diario el Comercio.

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) presentes en las actividades agrícolas de origen laboral son un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, nervios, articulaciones, etc. causadas o agravadas fundamentalmente por el trabajo y los efectos del entorno en el que este se desarrolla. La mayor parte de los TME son trastornos acumulativos resultantes de una exposición repetida a cargas más o menos pesadas durante un período de tiempo prolongado. No obstante, los TME también pueden deberse a traumatismos agudos, como fracturas, con ocasión de un accidente.

La Agencia Europea para la Salud y Seguridad en el Trabajo (2007), determinó que los trastornos musculoesqueléticos constituyen un problema especial en la agricultura, como demuestran las siguientes cifras: casi el 60% de los trabajadores en el sector de la agricultura y la pesca tiene que adoptar posturas dolorosas en el trabajo la mitad del tiempo o más, siendo éste el sector con el porcentaje más alto. Casi el 50% de los trabajadores en el sector de la agricultura y la pesca tiene que manipular cargas pesadas la mitad del tiempo o más, y más del 50% de los trabajadores en el sector de la agricultura y la pesca está expuesto a movimientos repetitivos de las manos la mitad del tiempo o más.

La ergonomía se delimita como el método científico encargado de instruirse en las interacciones entre los individuos y otros compendios de un régimen y la carrera que aplica la presunción, los compendios, la indagación y las técnicas para perfeccionar la prosperidad humana y la ocupación general del régimen (Rodríguez Ruiz, Pérez Mergarejo, 2014).

El arnés es una herramienta de seguridad que tiene diferentes tipos de utilidad, ya sean estos en deportes extremos, trabajos a desnivel, o trabajos con máquinas herramientas. Se puede decir que hay tres tipos de arnés: de cintura, integrales y combinados (OHSAS, 2013).

La sobreexposición o el uso prolongado de esta máquina herramienta durante la jornada laboral genera dificultades y disminución en los movimientos del trabajador, por ello se precisa realizar el estudio para determinar dichas molestias y proponer mejoras al equipo de sujeción de la guadaña.

2. METODOLOGÍA

2.1. PERCEPCIÓN MÁQUINA - HERRAMIENTA

Para determinar la problemática se realizaron encuestas para una muestra de trabajadores expuestos a la actividad de limpieza de terrenos cultivables, con preguntas como:

1. ¿El uso de la guadaña es prolongado durante la jornada de trabajo?
2. ¿Se fatiga por el trabajo realizado con la guadaña?
3. ¿Según el tiempo de exposición identifique la hora que se presenta las primeras molestias?
4. ¿Qué zonas de su cuerpo presentan mayor malestar, luego del uso de la guadaña?

5. ¿Considera que la distribución de cargas en el arnés de sujeción del equipo es adecuada?
6. ¿Pensaría en mejorar el diseño del arnés de sujeción?
7. ¿Qué mejoras consideraría al diseño del arnés de sujeción?

2.2. ANÁLISIS DE CARGAS

El análisis de cargas se aplicó al sistema de sujeción del arnés para determinar la deformación de sus partes por el peso que debe sostener, considerando los materiales del que está hecho, mediante el software Solidworks educacional. Se verificaron los límites de fluencia y a su vez, la distribución correcta del peso y mejora de la utilización de este tipo de maquinaria por las personas como se observa en el Gráfico 1.

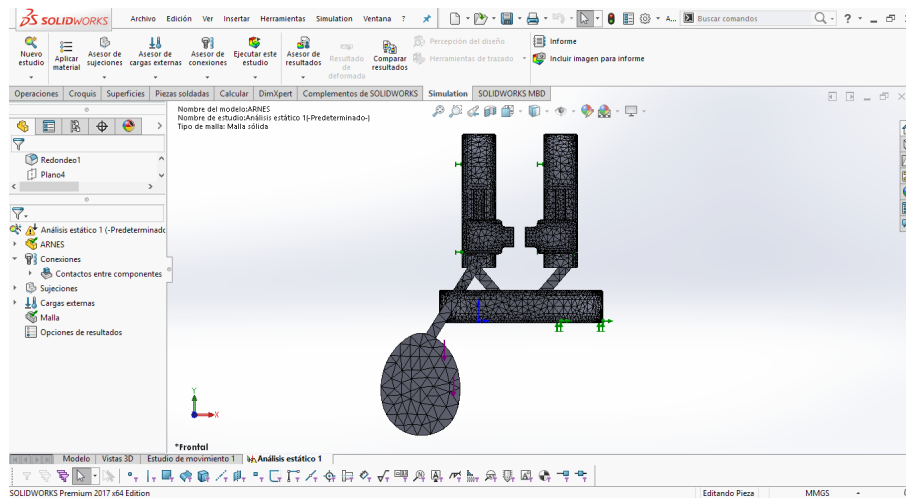


Gráfico 1. Software Solidworks.

Fuente: Solidworks educacional.

2.3. EVALUACIÓN ERGONÓMICA

Para evaluar las posturas de trabajo con la máquina – herramienta, se procedió aplicar el método REBA, utilizando el software Ergo/IBV (Gráfico 2). Este software permite aplicar cuestionarios de chequeo para cada riesgo con preguntas técnicas que permite obtener resultados con un alto porcentaje de confiabilidad en el estudio.



Gráfico 2. Software Ergo/IBV.

Fuente: Ergo/IBV.

Para la evaluación del riesgo de posturas forzadas, se seleccionó el método REBA, en la pantalla de presentación del software (Gráfico 3).

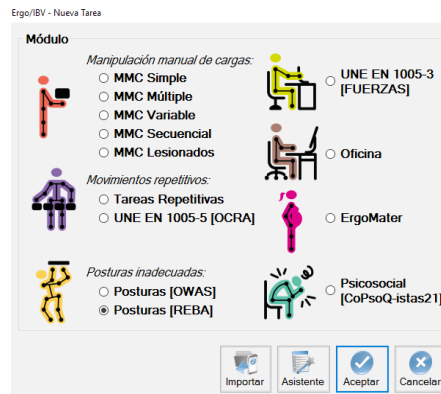


Gráfico 3. Selección del método para evaluar.

Fuente: Ergo/IBV.

Determinado el método que se utilizará para la evaluación se procede a identificar el nivel de riesgo y el nivel de intervención, para considerar posibles mejoras, según Tabla 1.

Tabla 1. Determinación del nivel de riesgo - método REBA.

Puntuación REBA		
Puntuación REBA	Nivel de riesgo (NR)	Nivel de intervención (NI)
1	Inapreciable	No necesaria
2-3	Bajo	Puede ser necesaria
4-7	Medio	Necesaria
8-10	Alto	Necesaria pronto
11-15	Muy alto	Necesaria ahora

Fuente: Ergo/IBV.

3. RESULTADOS

3.1. PERCEPCIÓN MAQUINA - HERRAMIENTA

Mediante las encuestas se determinó la problemática en los operarios expuestos a la actividad de limpieza de terrenos cultivables.

1. ¿El uso de la guadaña es prolongado durante la jornada de trabajo?

De 25 operarios encuestados el 100% respondió que sí.



Gráfico 5. Uso prolongado guadaña.

Fuente: autores (2017).

2. ¿Se fatiga por el trabajo realizado con la guadaña?

De 25 operarios encuestados el 92% respondió que sí.

FATIGA POR USO DE LA GUADAÑA

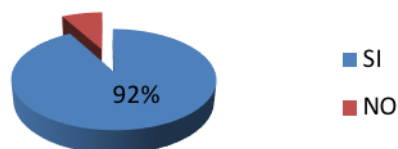


Gráfico 6. Fatiga por uso guadaña.

Fuente: autores (2017).

3. ¿Según el tiempo de exposición identifique la hora en que se presenta las primeras molestias?

De 23 operarios que mencionaron fatiga, el 35% dice presentar molestias luego de la segunda hora de exposición.

% MOLESTIAS POR TIEMPO EXPOSICIÓN

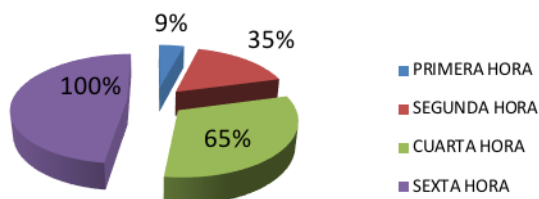


Gráfico 7. % molestias por tiempo exposición.

Fuente: autores (2017).

4. ¿Qué zonas de su cuerpo presentan mayor malestar, luego del uso de la guadaña?

De los 23 operarios, el 83% menciona malestar a nivel de hombros y el 96% menciona la zona lumbar.

ZONAS AFECTADAS EN % POR EXPOSICIÓN

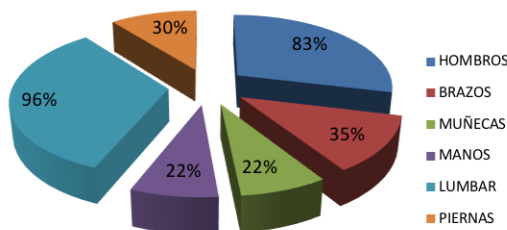


Gráfico 8. Zonas afectadas por exposición.

Fuente: autores (2017).

5. ¿Considera que la distribución de cargas en el arnés de sujeción del equipo es adecuada?

De los 23 operarios, el 78% menciona que la distribución de cargas no es adecuada.

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN ARNÉS ADECUADO

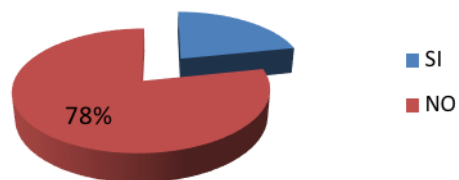


Gráfico 9. Distribución de cargas adecuado.

Fuente: autores (2017).

6. ¿Pensaría en mejorar el diseño del arnés de sujeción?

El 100% propone mejorar el arnés.

RECOMENDARIA MEJORAS AL ARNÉS

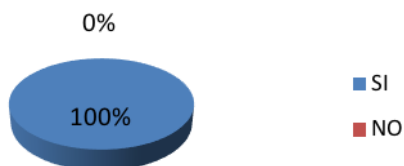


Gráfico 10. Recomendación mejoras.

Fuente: autores (2017).

7. ¿Qué mejoras consideraría al diseño del arnés de sujeción?

Los operarios en un 96% consideran que al implementar una correa tipo faja en la zona lumbar (cintura) se corregiría la mala distribución de cargas. Mientras que un 78% menciona que debería aumentarse el área de las correas a nivel de los hombros.

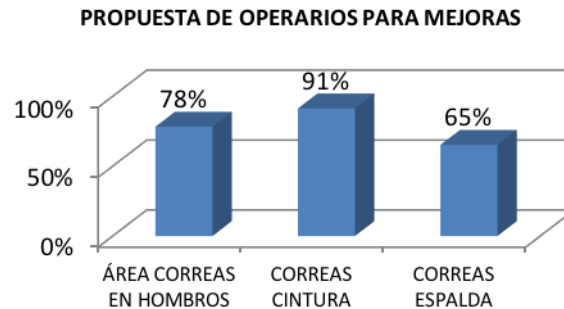


Gráfico 11. Propuesta mejoras.

Fuente: autores (2017).

Se identifica que la exposición al uso prolongado de la guadaña durante la jornada laboral es un detonante para la presencia de molestias como dolor lumbar y de hombros, que provocarían lesiones y bajas en estos puestos de trabajo. Se debe recordar que este tipo de máquina – herramienta genera niveles de ruido superiores a 90db según especificaciones técnicas, lo que podría provocar hipoacusia.

3.2. ANÁLISIS DE CARGAS DEL NUEVO PROTOTIPO

Mediante el software Solidworks educacional se realiza el análisis de cargas al sistema de sujeción del arnés, determinando la deformación en sus partes, considerando los materiales del que está hecho en este caso de textil poliéster, y en el caso del conjunto de unión una impresión con relleno hexagonal de un material Plástico PLA utilizado en las impresoras 3D. De esta manera se asegura la recuperación inmediata de esta parte, en el caso de que sufra alguna rotura en las pruebas realizadas se le expone a una fuerza de 77,42 N, obteniendo una deformación de 0,012 mm. Es imperceptible debido a que la prenda textil poliéster puede deformarse y recuperar sus propiedades iniciales encontrándose muy por debajo del límite de fluencia admisible del material, como se muestra en la Gráfico 12.

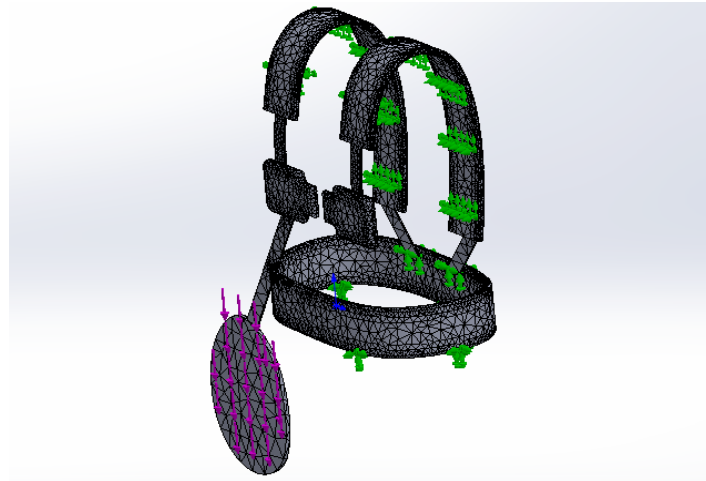


Gráfico 12. Análisis mediante SolidWorks del arnes modificado ergonómicamente.

Fuente: Solidworks educacional.

3.3. EVALUACIÓN ERGONÓMICA PROTOTIPO NORMAL VERSUS NUEVO PROTOTIPO DE ARNES

Para evaluar las posturas de trabajo con la máquina – herramienta, se procedió aplicar el método REBA, como se observa en la Gráfico 13 y Gráfico 14.



Gráfico 13. Trabajador desmalezando.

Fuente: autores (2017).

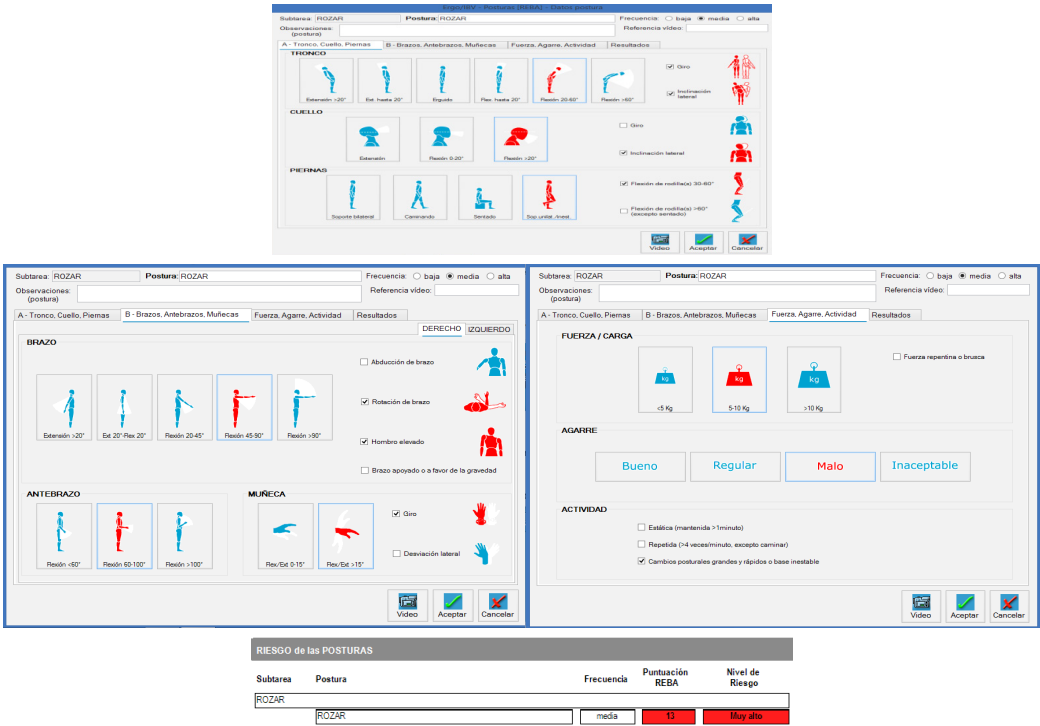


Gráfico 14. Evaluación REBA.
Fuente: Ergo/IBV.

Los resultados para la evaluación de los riesgos ergonómicos, mediante la metodología REBA, se detalla a continuación:

Tabla 2. Determinación nivel de riesgo.

NIVEL DE RIESGO ERGONOMICO OBTENIDO EN EL SOFTWARE ERGO/IBV UTILIZANDO MÉTODO REBA		
PUESTO DE TRABAJO	PUNTUACIÓN	NIVEL DE RIESGO
Podador	13	Muy alto

Fuente: Ergo/IBV.

De los resultados obtenidos, mediante encuestas y aplicación de software, se procedió a diseñar un prototipo de arnés de sujeción de mejores características que el fabricante entrega con la máquina-herramienta, utilizando el software SOLIDWORK para la modelación y simulación. Se construyó

el prototipo que hoy en día se encuentra en fase de pruebas y que se considera que minimiza las molestias en el operario y permite maximizar la productividad del sector agrícola y precautelar la salud ocupacional de este sector tan vulnerable en Ecuador.

3.4. RESULTADOS CON EL NUEVO PROTOTIPO DE ARNÉS

Al implementar el nuevo sistema de arnés en los mismos trabajos que realizaban las personas de este ámbito de agricultura, se procede a realizar nuevamente el análisis ergonómico y el tiempo de exposición a este tipo de trabajos como se muestra en la Gráfico 15.



Gráfico 15. Evaluación Ergonómica REBA con el nuevo prototipo.
Fuente: Ergo/IBV.

Los resultados para la evaluación de los riesgos ergonómicos, mediante la metodología REBA, a las dos horas de trabajo, se detalla a continuación:

Tabla 3. Determinación nivel de riesgo a las dos horas de trabajo con el nuevo prototipo.

NIVEL DE RIESGO ERGONÓMICO OBTENIDO EN EL SOFTWARE ERGO/IBV UTILIZANDO MÉTODO REBA		
PUESTO DE TRABAJO	PUNTUACIÓN	NIVEL DE RIESGO
Podador	1	Inapreciable

Fuente: Ergo/IBV.

Los resultados para la evaluación de los riesgos ergonómicos, mediante la metodología REBA, a las cuatro horas, se detalla a continuación:

Tabla 4. Determinación nivel de riesgo a las cuatro horas de trabajo con el nuevo prototipo.

NIVEL DE RIESGO ERGONÓMICO OBTENIDO EN EL SOFTWARE ERGO/IBV UTILIZANDO MÉTODO REBA		
PUESTO DE TRABAJO	PUNTUACIÓN	NIVEL DE RIESGO
Podador	3	Bajo

Fuente: Ergo/IBV.

Los resultados para la evaluación de los riesgos ergonómicos, mediante la metodología REBA, a las ocho horas, se detalla a continuación:

Tabla 5. Determinación nivel de riesgo a las ocho horas de trabajo con el nuevo prototipo.

NIVEL DE RIESGO ERGONÓMICO OBTENIDO EN EL SOFTWARE ERGO/IBV UTILIZANDO MÉTODO REBA		
PUESTO DE TRABAJO	PUNTUACIÓN	NIVEL DE RIESGO
Podador	6	Medio

Fuente: Ergo/IBV.

El prototipo nuevo muestra valores de molestia a las cuatro horas de trabajo, con un 40% de molestia en un 50% de los trabajadores evaluados. En una jornada completa de ocho horas se tiene un incremento de nivel de riesgo considerando el cansancio y el tiempo prolongado de uso a este equipo, por lo que se considera realizar un descanso en la media jornada de esta manera se precautela la integridad de las personas y el tiempo útil de trabajo más prolongado.

4. CONCLUSIONES

El tiempo de exposición de trabajo con la guadaña es un factor importante que considerar. Más aún cuando su uso es prolongado, denotando la presencia de molestias a nivel osteomuscular a partir de la segunda hora en el 35% de operarios encuestados.

La distribución de cargas en las correas de sujeción presenta molestias a nivel lumbar en un 96% y de hombros 83% de los operarios.

El prototipo minimiza las molestias en hombros y zona lumbar significativamente, su diseño permite que las cargas sean distribuidas de mejor manera en espalda hombros y cintura.

El área reducida en las correas del arnés provoca malestar en ciertas zonas del cuerpo.

El prototipo minimiza las molestias en hombros y zona lumbar significativamente, su diseño permite que las cargas sean distribuidas de mejor manera en espalda hombros y cintura.

Los agricultores, por falta de conocimiento, minimizan la exposición en el tiempo prolongado de trabajo durante las jornadas laborales, al usar la máquina – herramienta.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICOS

Cruz, A. y Garnita, G. (2011). Ergonomía Aplicada. Bogotá, Colombia: Alfa Omega. pp. 7 – 10.

Andrade, C. (1989). Mantenimiento preventivo, predictivo y monitoreo industrial. Córdoba, Argentina: Dimas. pp. 50.

Avallone, E. y Baumeister, T. (1995). Manual del Ingeniero Mecánico. México D.F., México: McGraw-Hill. pp. 39 – 42.

Callister, W. (1995). Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Tomo 2. Barcelona, España: Reveté. pp. 67 – 69.

Creus, S. y Arenas, S. (2012). Técnicas para la prevención de riesgos laborales. Madrid, España: Marcombo. pp. 53.

Creus Sole, A. y Mangosio, J. (2011). Seguridad e higiene en el trabajo un enfoque integral. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega. pp. 24.

Cortés, D. y Jara, M. (1987). Técnicas de prevención de riesgos laborales. Madrid, España: Tebar. pp. 45 – 49.

Cuatrecasas, L. y Erraes, M. (2000). TPM Hacia la competitividad a través de la eficiencia en los equipos de producción. Barcelona, España: Gestión. pp. 54.

Ingeniería Agropecuaria UTN. (2017). La agricultura en el país. Recuperado de: <http://www.utm.edu.ec/ficaya/carreras/agropecuaria/?p=1091>

García, J. y Puetatae, A. (2004). Fundamentos del diseño mecánico. Bogotá, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle. pp. 74.

González, R. y Sornosa, K. (2011). Manual básico prevención de riesgos laborales. Madrid, España: Thomson. pp. 21 – 23.

Melo, L. (2009). Guía Práctica de Ergonomía. 1ª ed. Buenos Aires, Argentina: Contartese Gráfico S.R.L. pp. 55 – 65.

/02/

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DEL ALGORITMO DE COLONIA DE HORMIGAS EN UN SERVICIO LOGÍSTICO

EFFECT OF THE APPLICATION OF THE ANT COLONY ALGORITHM IN A LOGISTIC SERVICE

Ángel Geovanny Guamán Lozano
Profesor investigador. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
Riobamba. (Ecuador).
E-mail: a_guaman@esPOCH.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5145-6994>

Gloria Elizabeth Miño Cascante
Profesora investigadora. Vicerrectora Académica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
Riobamba. (Ecuador).
E-mail: vracademico@esPOCH.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2896-3987>

Julio Cesar Moyano Alulema
Profesor investigador. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
Riobamba. (Ecuador).
E-mail: j_moyano@esPOCH.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6672-9409>

Alcides Napoleón García Flores
Profesor investigador. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
Riobamba. (Ecuador).
E-mail: an_garcia@esPOCH.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6883-7067>

Juan Carlos Cayán Martínez
Profesor investigador. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
Riobamba. (Ecuador).
E-mail: j_cayan@esPOCH.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9573-3706>

Recepción: 22/01/2018. Aceptación: 27/02/2018. Publicación: 14/12/2018

Citación sugerida:

Guamán Lozano, Á. G., Miño Cascante, G. E., Moyano Alulema, J. C., García Flores, A. N. y Cayán Martínez, J.C. (2018). Efecto de la aplicación del algoritmo de colonia de hormigas en un servicio logístico. 3CTecnología. Investigación y pensamiento crítico. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n4e28.28-47/>

RESUMEN

Con el desarrollo tecnológico que se evidencia en la actualidad, el uso de algoritmos enfocados a la resolución de problemas de la vida real se da con mayor frecuencia. La presente investigación tuvo como objetivo determinar una ruta eficiente para la distribución de productos en la ciudad de Riobamba en el Ecuador, utilizando un vehículo repartidor mediante la aplicación de un algoritmo de optimización denominado colonia de hormigas y considerando variables como la distancia, costo y visibilidad. La recopilación de los datos se ejecutó a través del levantamiento en campo de todas las rutas de la empresa panificadora. A continuación, se desarrolló el algoritmo informático utilizando el lenguaje de programación C# en Visual Basic. El programa generó una ruta con menores distancias de recorrido. Una vez determinada la solución de enrutamiento se evaluaron los tiempos de respuesta del programa considerando el número de iteraciones ejecutadas. Como conclusión se observa que existen problemas en los tiempos de procesamiento, evidenciándose que el algoritmo optimización de colonias de hormigas presenta soluciones cercanas a la óptima en tiempos extensos de respuesta.

ABSTRACT

With the technological development that is evidenced at present, the use of algorithms focused on solving real-life problems occurs more frequently. The objective of the present investigation was to determine an efficient route for the distribution of products in the city of Riobamba in Ecuador, using a delivery vehicle through the application of an optimization algorithm called an ant colony and considering variables such as distance, cost and visibility. The data collection was carried out through the field survey of all routes of the bakery company, then the computer algorithm was developed using the C # programming language in Visual Basic. The program generated a route with shorter travel distances. Once the routing solution was determined, the program response times were evaluated considering the number of iterations executed. As a conclusion it is observed that there are problems in the processing times, evidencing that the ant colony optimization presents solutions close to the optimum.

PALABRAS CLAVE

Enrutamiento, modelo, optimización de colonias de hormigas, logística.

KEY WORDS

Routing, model, optimization of ant colonies, logistics.

1. INTRODUCCIÓN

Un servicio logístico de calidad está orientado a la satisfacción de los clientes a través de múltiples ventajas competitivas que hacen que un consumidor prefiera un producto y no el de la competencia. La distribución comercial es responsable de la eficiencia de la entrega del producto hacia los clientes en el tiempo y lugar exacto (Perez, 2013).

Una característica de calidad se presenta en el tiempo de ejecución de las actividades en la cadena de suministro. Con el fin de mejorar el panorama de las organizaciones, se han formulado soluciones exactas, heurísticas y genéticas que reducen el consumo de recursos y mejoran los tiempos de entrega de productos y servicios.

Los algoritmos genéticos son procesos que están dados por la evolución que ha surgido en la selección natural, y al relacionarles con la vida real resultan factibles especialmente cuando se tratan de casos con datos en cadenas finitas en alfabeto finito (Luaces, Beyris y Rosales, 2011). Los operadores genéticos proporcionan potenciales soluciones que se generan por iteraciones, actualizando su sistema a cada instante, para lo cual se señalan tres tipos: un operador de selección de las mejores soluciones, un operador de cruce que otorga nuevas soluciones a partir de dos respuestas previas y, un operador de mutación que realiza una pequeña transformación sobre una solución previa.

Por otra parte, una alternativa de solución es el llamado Algoritmo de Optimización de Colonia de Hormigas (ACO). El modelo fue desarrollado en la década de los 90 (Robles, 2010) y es un considerado un método heurístico porque presenta una serie de procedimientos antes de llegar a la solución factible, entre los que se encuentran el establecer el problema, delimitar y mostrar el problema para volver a verificar los resultados de las actividades.

El desarrollo del algoritmo se basa en la capacidad de las hormigas para comunicarse entre sí sin contar con una adecuada visibilidad, sin embargo, utilizan una sustancia química llamada feromona que permite establecer las rutas más cortas para encontrar alimentos en el menor tiempo. Previamente a este resultado debieron realizar un recorrido de exploración, es decir, su trabajo se ejecuta en equipo y se transforma en la manera más adecuada de funcionar y subsistir, de ahí el nombre del algoritmo "Ant Colony Optimization" (Perez, 2011).

La meta del algoritmo es dar soluciones aproximadas a problemas generales, permitiendo que su

implementación en la vida real sea posible por la facilidad de obtener resultados sin recorrer todo el espacio de búsqueda. El grado de aceptación que presenta la solución es dependiente de los objetivos que se deseen satisfacer o garantizar (Fernandez, 2015).

Los ACO persiguen, precisamente, explotar esta realidad: a través de un conjunto de agentes individuales simples (hormigas), trabajando en conjunto (colonia), se pretende obtener soluciones a problemas de optimización complejos. En concreto, los algoritmos simulan el comportamiento de recolección de comida de una colonia de hormigas. En el ejemplo que se muestra en la Figura 1, se puede observar como las hormigas salen desde su colonia en busca de comida recorriendo todas las posibles rutas hasta llegar a su destino.

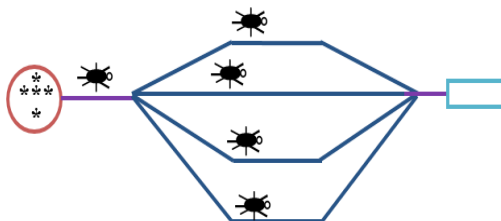


Gráfico 1. Exploración de las hormigas a la ruta más corta, en busca de alimentos.

Fuente: elaboración propia.

Debido a que estos insectos no tienen una visión desarrollada, su comunicación con el entorno se lleva a través de un rastro de feromonas (Cobo & Maria, 2005). Las hormigas, en su camino del nido a la fuente de alimento y viceversa, depositan feromonas en el suelo formando un rastro que el resto de componentes de la colonia son capaces de oler. Contra mayor es la concentración en una ruta, mayor es la probabilidad de que una hormiga la siga. Por tanto, en un principio las hormigas se desplazan por un camino u otro indiferentemente, pero con el paso del tiempo se acumula más feromona en el camino más transitado, por lo que las hormigas lo escogen con mayor probabilidad (Aparicio, 2012).

Las hormigas, en su camino del nido a la fuente de alimento y viceversa, depositan feromonas en el suelo formando un rastro que el resto de componentes de la colonia son capaces de oler. Contra mayor es la concentración en una ruta, mayor es la probabilidad de que una hormiga la siga.

Las hormigas tienen la capacidad de recordar las rutas que han visitado y las que son desconocidas para ellas (Tito, Silva, Alfaro, & Evelyn, 2015). En la Figura 2, se ilustra los depósitos de feromonas que dejan las hormigas como rastro para que sus colegas sigan la ruta hasta que completen el trabajo.

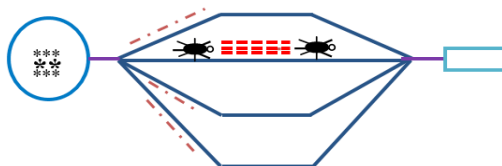


Gráfico 2. Depósito de feromonas y ruta.

Fuente: elaboración propia.

Al hablar de las feromonas se encuentran aspectos muy interesantes como la dependencia directa que tienen con el entorno natural, y se debe a que este es el encargado de evaporarlas después de que transcurra un tiempo. Según estudios biológicos la rapidez con la que desaparece la feromona está dada por la clase de hormigas y el suelo, ya que pueden tardar horas o hasta meses según sea el caso (Alonso, 2012).

ACO ha sido exitosamente utilizado en la resolución de problemas de combinación así como algunas de sus extensiones como el SoSACO-v2 (Sense of Smell - Ant Colony Optimization) (Calle, Rivero, Cuadra & Isasi), siendo sus elementos básicos las variables que se procede a detallar: la variable que hace relación a las hormigas artificiales y la matriz de feromonas τ . Por otro lado, están los algoritmos de EACO o evolutivos, este algoritmo puede resolver los problemas de topología, lo que hace que EACO sea muy atractivo para resolver problemas de optimización no combinatoria (Buntara, et al., 2017).

La matriz τ es el medio indirecto que utilizan las hormigas para comunicarse, depositando y censando a la vez feromonas durante un recorrido en la construcción de una solución sobre un grafo $G(E, V)$ (Insfrán, Pinto, & Benjamín, 2006), siendo este una representación de un mapa de recorrido que las hormigas persiguen hasta encontrar su objetivo, por ello es importante establecer lugares de llegada conocidos como nodos.

Básicamente, la elección de un nodo j mientras una hormiga se encuentra en un nodo i es dada por la siguiente ecuación probabilística:

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{g \in N_i} \tau_{ij}^{\alpha} \eta_{ij}^{\beta}} & \text{si el enlace } (i, j) \in E \\ 0 & \end{cases} \quad (1)$$

Dónde:

τ_{ij} = representa el nivel de feromonas depositado en el enlace (i,j);

N_i = es el conjunto de nodos factibles, vecinos del nodo i.

La convergencia hacia la solución óptima utilizando la ecuación (1), es relativamente lenta, quedando en muchas ocasiones estancada en óptimos locales. Para intentar superar este problema, algunos trabajos han propuesto el concepto de visibilidad. La visibilidad en su forma más simple es la deseabilidad en función de algún parámetro asociado a los enlaces (Cruz, 1999). En ese contexto, la elección del siguiente nodo es regido por la ecuación (2).

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{g \in N_i} \tau_{ij}^{\alpha} \eta_{ij}^{\beta}} & \text{si el enlace } (i, j) \in E \\ 0 & \end{cases} \quad (2)$$

Dónde:

η_{ij} = representa la visibilidad del enlace (i, j),

α y β = Parámetros que determinan la importancia relativa entre τ_{ij} y η_{ij} .

Para evitar una convergencia prematura hacia óptimos locales, otros trabajos han introducido el concepto de evaporación de las feromonas. La evaporación es regida por la ecuación 3:

$$\tau_{ij} = (1 - \rho)\tau_{ij} \quad (3)$$

Dónde:

$0 \leq \rho \leq 1$ es el factor de persistencia de las feromonas.

La teoría de grafos es de gran ayuda para modelar estructuras matemáticas y para representar fenómenos discretos, se hace referencia al algoritmo de la colonia de hormigas para resolver el modelo matemático con un análisis inductivo (Luaces, Beyris, & Rosales, 2011).

En este caso, el trabajo se centra en la aplicación del algoritmo colonia de hormigas para la distribución de productos de una empresa panificadora, para de esta manera llegar a determinar la ruta más adecuada en un tiempo corto. En su desarrollo ACO se manifiesta en dos problemas, tanto estática como dinámicamente, entendiéndose como la aplicación de la parte estática, esto se debe a que la topología y los costos no cambian mientras se ejecuta el algoritmo, claro está que son dos circunstancias muy similares, pero difieren en la implementación, lo que significa que se destinan según la necesidad y requerimientos (Dorigo-Stützle, 2006).

2. METODOLOGÍA

La investigación es de tipo experimental, el estudio transversal cuantitativo fue desarrollado en el año 2017, con el registro del recorrido completo de distribución con 15 destinos de recepción de mercadería. La toma de datos se realizó partiendo desde el lugar de producción e incluyó todos los destinos establecidos en la planificación de la empresa "La Vienesa", que cuenta con una matriz de producción en la ciudad de Riobamba, y una sucursal ubicada a 4 kilómetros del lugar, la investigación fue realizada en la matriz de producción.

La ruta se generó partiendo desde una perspectiva realista que se obtuvo una vez realizada la medición cuantitativa, haciendo uso de una muestra de tamaño amplio, pues la toma de datos se dio en tiempo real. Con lo cual, permitió conocer la importancia de adquirir cierto tipo de consideraciones a tener en cuenta en el desarrollo de este problema en particular, fundamentada en el algoritmo de colonia de hormigas (Collazos, 2013).

Se establecen dos tipos de variables para la resolución de este tipo de problemas, siendo una de ellas el nivel de feromonas depositadas por las hormigas durante el trayecto hacia el lugar de origen. En este caso son las calles, no obstante es ineludible el número de nodos que existentes acorde a cada sitio de distribución que se encuentran sujetos a las siguientes restricciones: el número de veces que el vehículo debe pasar por un nodo específico no excederá una, sin tomar en cuenta los tiempos de aprovisionamiento del producto y de mora que conlleva este tipo de actividad comercial. El principal

propósito al realizar este estudio es determinar la ruta optima de distribución de la panificadora de la ciudad de Riobamba ubicada en las calles Larrea y 10 de agosto.

Las fuentes de información son de tipo secundaria y primaria, entendiendo por secundaria aquella prevista que se relaciona con todas las investigaciones realizadas en años anteriores por diversos autores, sin olvidar la importancia de partir de modelos de tipo heurístico (Gutiérrez, 2007). La información primaria corresponderá a los trabajos producidos en campo por parte de los sujetos participantes.

Los instrumentos utilizados en la investigación fueron todos aquellos que permitieron la toma de muestras precisas y acertadas. Se contó con una ficha de observación diseñada para la toma de datos de acuerdo a recorrido del vehículo, validando la recepción de muestras a través del software libre Google Maps existente en la Web 2.0. Por otro lado, se programó una hoja de cálculo en el programa Excel que permite observar y obtener las posibles rutas que el camión puede seguir. Todas estas herramientas son útiles porque permiten que los datos sean de manera precisa y eficaz. Con la aplicación del Algoritmo de Colonia de Hormigas se realizan varias iteraciones que permiten encontrar una solución factible al problema antes planteado. Estos datos se presentan antes, durante y después de la investigación debido a que ayudan a dar soluciones eficaces y pertinentes haciendo un método totalmente justificable para enrutamiento vehicular.

3. RESULTADOS

3.1. SITUACIÓN ACTUAL

La empresa comienza la repartición del producto a las 05h00 visitando 15 centros de distribución dentro de la ciudad. En la Tabla 1 se observa una recopilación de datos obtenidos en la ruta que se realiza por cada punto de entrega desde el punto de distribución o de inicio, además de presentar la dirección de llegada facilitando así la red de distribución que se muestra continuación con la ayuda de Google Maps.

ITEM	DIRECCIÓN LLEGADA
1	Paseo Shopping
2	Calle SN
3	Edelberto Bonilla y Antonio José de Sucre
4	Junín y Diego de Ibarra
5	Eucaliptos y Arrayanes
6	Junin y Jacinto Gonzales
7	Av. La Prensa y Argentinos

ITEM	DIRECCIÓN LLEGADA
8	Av. 11 de Noviembre y Lizarzaburo
9	Romero y Cordero
10	Río Quininde y Río Amazonas
11	Pasaje Río Quevedo y Río Amazonas
12	Río Quevedo y Panamericana Lizarzaburo
13	Av. Monseñor Leónidas Proaño y Panamericana Lizarzaburo
14	Av. Monseñor Leónidas Proaño y Araucanos
15	Larrea y 10 de Agosto

Tabla 1. Puntos de visita de carro repartidor de “La Vienesita”. **Fuente:** elaboración propia.

En la Tabla 2 se especifica la distancia y el tiempo empleado por el camión repartidor de la “La Vienesita”, la distancia fue calculada mediante la ayuda de Google Maps mientras que el tiempo se midió con el empleo del cronometro.

ITEM	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)
1	2090	7
2	400	1
3	1100	2
4	1200	5
5	850	4
6	300	2
7	550	2
8	1300	6
9	1600	4
10	1400	6
11	190	2
12	210	2
13	600	3
14	1500	7
15	5900	16
TOTAL	19190	69

Tabla 2. Datos de distancia y tiempo empleado en cada distribución. **Fuente:** elaboración propia.

3.2. DESARROLLO DEL ALGORITMO

El programa se basa en un bucle repetitivo que establece un número determinado de iteraciones, buscando siempre una solución factible actualizando las variables en cada ciclo.

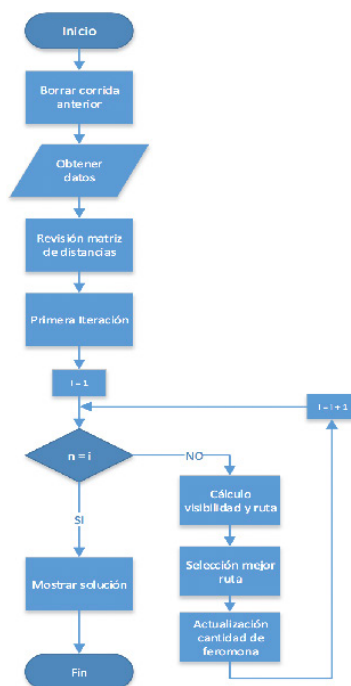


Gráfico 3. Diagrama de flujo del programa. **Fuente:** elaboración propia.

A continuación, se muestra el código de la programación utilizada en la macro desarrollada, es importante detallar el número nodos por los cuales las hormigas seguirán su ruta determinada y los bucles de repetición de acuerdo al número de ciudades ingresadas. Con estas dos variables se realizan las iteraciones para comparar y mandar a ejecutar la siguiente línea de código. En el bucle de comparaciones se aplica la fórmula (2), con el valor obtenido se procede a vincular a otra sub función. La resolución se hizo con 10 vinculaciones de sub funciones, cada una de ellas con una programación definida, una parte del código se detalla a continuación.

```
Sub Iteraciones ()
'Determinación iterativa de las rutas de las hormigas
For w = 1 To Ciudades - 1 'Numero de Iteraciones del Algoritmo
    For a = 1 To h 'Iteracion Hormiga
        'Borrado de la Iteracion de Hormiga Anterior
        ReDim Dist_Temp(Ciudades)
        ReDim P(Ciudades, Ciudades)
        revisionmatrizdistancias 'Llama la rutina "revisionmatrizdistancias"
        'Calcula la matriz de probabilidades
        For j = 1 To Ciudades ' El 8 lo determina el numero de ciudades
            If Dist_Temp(j) <> "" Then
                If Dist_Temp(j) <> 0 Then
                    cociente = 0
                    For f = 1 To Ciudades
                        If Dist_Temp(f) <> 0 Then
                            If Dist_Temp(f) <> "" Then
                                cociente = cociente + (t(k(a, w), f) ^ alfa) * (1
/ (Dist_Temp(f) ^ beta))
                            End If
                        End If
                    Next f
                    If cociente <> 0 Then
                        P(k(a, w), j) = ((t(k(a, w), j) ^ alfa) * (1 / (Dist_
Temp(j) ^ beta))) / cociente
                    Else
                        P(k(a, w), j) = 0
                    End If
                End If
            End If
        Next j
        'Eleccion de la siguiente Ciudad
        For j = 1 To Ciudades ' El 8 lo determina el numero de ciudades
            If P(k(a, w), j) = WorksheetFunction.Max(P()) Then
                k(a, w + 1) = j
                N(a, j) = "x"
```

```
        Exit For
    End If
Next j
Next a
Next w
End Sub
Sub revisionmatrizdistancias()
For j = 1 To Ciudades ` Columna
    If N(a, j) <> "x" Then
        Dist_Temp(j) = distancias(k(a, w), j)
    End If
Next j
End Sub
```

Para el algoritmo antes expuesto fue necesaria la recolección de datos de dos variables de importancia: las rutas de distribución y nodos que se obtuvieron a través de una indagación de campo. La ejecución de las variables parte de conocer las variables distancia y sitios de distribución, que hacen referencia a las feromonas y a las hormigas que siguen por dicho camino respectivamente. Entonces, una hormiga (vehículo repartidor) parte del nodo inicial i hacia a otro nodo j , comenzando de un grafo que se obtuvo al realizar la representación de la repartición del producto en cuestión.

La distancia hacia cada nodo de las diferentes coordenadas con una probabilidad, está marcada por la entrada de nodos del grafo, lo que quiere decir que mientras más sean los datos de ingreso mayor será el número de rutas posibles. Es así como el nivel de dificultad se incrementa debido a las posibles permutaciones que se pueden presentar para resolverlo.

El número de soluciones posibles dependerá de la cantidad de nodos ingresados por la factorial del mismo número para compararlas entre sí, así, la complejidad de resolución del problema se incrementará.

Los datos de cada nodo se ingresan y se procede a encontrar la distancia aplicando distancias euclidianas entre dos puntos. Con estos resultados se realizan iteraciones que corresponden a la hormiga en un ciclo completo mientras ejecuta una probabilidad, siempre y cuando se tenga en cuenta que la ciudad no haya sido visitada dos veces en el ciclo.

La visibilidad de las ciudades representadas por los coeficientes α y β , tienen una característica en común, su valor es 1, pero también se presentan como parámetros ajustables, porque al final del recorrido cada hormiga debe depositar una cierta cantidad de feromona en cada nodo por el que ha pasado dependiendo del recorrido obtenido con respecto a otras hormigas. Por lo tanto, se recomienda tomar tantas hormigas como nodos exista. La cantidad de feromona que se encuentra presente en los nodos del algoritmo es una información renovada a cada instante debido a la dependencia del número de veces que se ha pasado por dicha ruta.

3.3. POSIBLES ESCENARIOS

En la Tabla 4 se establecen los valores o parámetros utilizados para la aplicación de la fórmula del ACO mencionada anteriormente.

Tabla 3. Parámetros empelados en ACO.

PARÁMETROS	
Alfa	1
Beta	1
ρ	0,8
Max Iteraciones	5
Nº Hormigas	5
Ciudades	16

Fuente: elaboración propia.

Para encontrar la solución factible es necesario colocar los datos en una matriz cuadrática, que está dada por las distancias mostradas en la Tabla 2, además se despliega la matriz inversa, de esta manera se tiene la Tabla 4.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
PARAMÉTRICOS				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Alfa	0,8			1	0,0	2.030,0	2.430,0	3.530,0	4.730,0	5.640,0	5.340,0	6.430,0	7.730,0	9.330,0	10.730,0	10.380,0	11.130,0	11.730,0	13.230,0	13.130,
Beta	0,8			2	2.090,0	0,0	2.490,0	1.500,0	2.700,0	3.550,0	3.850,0	4.400,0	5.700,0	7.300,0	8.700,0	8.890,0	9.100,0	9.200,0	11.200,0	17.100,
Ro	0,8			3	2.430,0	400,0	0,0	1.100,0	2.300,0	3.150,0	3.450,0	4.000,0	5.300,0	6.900,0	8.300,0	8.430,0	8.700,0	9.300,0	10.800,0	16.700,
Max Iteraciones:	10			4	3.530,0	1.500,0	1.100,0	0,0	2.050,0	2.350,0	2.350,0	2.900,0	4.200,0	5.800,0	7.200,0	7.330,0	7.600,0	8.200,0	9.700,0	15.600,
NI Normales	5			5	4.730,0	2.700,0	2.300,0	1.200,0	0,0	850,0	1.150,0	1.700,0	2.500,0	4.600,0	6.000,0	6.130,0	6.400,0	7.000,0	8.500,0	14.400,
Caudales	16			6	5.640,0	3.550,0	3.150,0	2.050,0	850,0	0,0	300,0	850,0	2.150,0	3.750,0	5.150,0	5.340,0	5.550,0	6.150,0	7.650,0	13.550,
13:34:40				7	5.340,0	3.850,0	3.450,0	2.350,0	1.150,0	300,0	0,0	550,0	1.850,0	3.450,0	4.850,0	5.040,0	5.250,0	5.850,0	7.350,0	13.250,
13:34:37				8	6.430,0	4.400,0	4.000,0	2.900,0	1.700,0	850,0	550,0	0,0	1.300,0	2.900,0	4.300,0	4.430,0	4.700,0	5.300,0	6.800,0	12.700,
EJECUTAR MACRO	0:00:03			9	7.730,0	5.700,0	5.300,0	4.200,0	3.300,0	2.150,0	1.850,0	1.300,0	0,0	1.600,0	3.000,0	3.130,0	3.400,0	4.000,0	5.500,0	11.400,
				10	9.330,0	7.300,0	6.900,0	5.800,0	4.600,0	3.150,0	2.350,0	1.400,0	1.000,0	1.600,0	0,0	1.400,0	1.530,0	1.800,0	2.400,0	3.900,0
				11	10.730,0	8.700,0	8.300,0	7.200,0	6.000,0	4.750,0	3.450,0	2.300,0	3.000,0	1.400,0	0,0	150,0	400,0	1.000,0	2.300,0	8.400,
				12	10.380,0	10.380,0	10.400,0	9.100,0	8.100,0	6.400,0	5.340,0	4.500,0	3.700,0	2.500,0	1.400,0	0,0	210,0	500,0	1.100,0	7.400,
				13	11.130,0	9.100,0	8.700,0	7.600,0	6.400,0	5.550,0	5.250,0	4.700,0	3.400,0	1.800,0	400,0	210,0	0,0	600,0	0,0	8.000,
				14	11.730,0	9.700,0	9.300,0	8.200,0	7.000,0	6.150,0	5.850,0	5.300,0	4.000,0	2.400,0	1.000,0	810,0	600,0	0,0	1.500,0	7.400,
				15	13.230,0	11.200,0	10.800,0	9.700,0	8.500,0	7.650,0	7.350,0	6.800,0	5.500,0	3.900,0	2.500,0	2.310,0	2.100,0	1.500,0	0,0	5.300,
				16	13.130,0	17.100,0	16.700,0	15.600,0	14.400,0	13.550,0	13.250,0	12.700,0	11.400,0	9.300,0	8.600,0	8.210,0	8.000,0	7.400,0	5.900,0	0,
				17																
				18																
				19																
				20																
				21																

Tabla 4. Matriz e inversa en función a distancias. **Fuente:** elaboración propia.

El programa presenta mediante la macro las rutas factibles que el camión podría seguir en sus entregas, también muestra las distancias cuando en un inicio los camiones salen en busca de comida sin conocer el camino como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Solución factible presentada por el programa.

Distancias	Ruta Óptima
38.380	15
38.380	14
38.380	13
38.380	12
38.380	11
	10
	9
	8
	7
	6
	5
	4
	3
	2
	1
	16
	15

Fuente: elaboración propia.

La investigación necesitaba ser aún más detallada, por este motivo se utilizó el programa “AntAlgorithm Simulator” mediante el cual se simulan las rutas que el camión puede seguir representado por hormigas variando los parámetros de ingreso. En la Figura 4 se muestra la ruta del primer tramo que se realizó de 5 puntos de entrega a partir de las calles Larrea y 10 de agosto hasta Eucaliptos y Arrayanes.

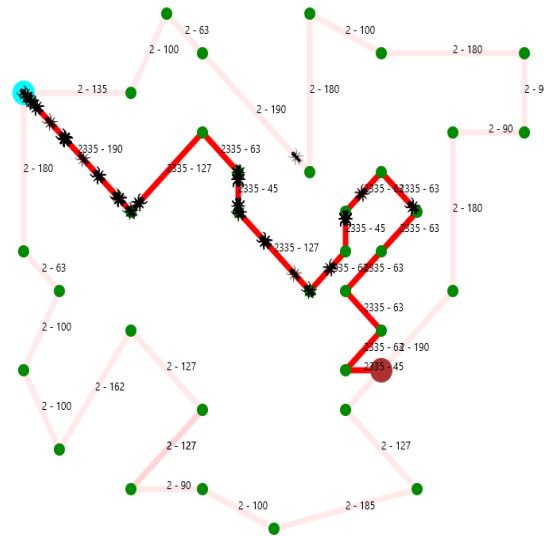


Gráfico 4. Ruta desde Larrea y 10 de agosto hasta Eucaliptos y Arrayanes.
Fuente: elaboración propia.

Los resultados alcanzados indican que existen varias rutas adecuadas para realizar el recorrido de distribución de pan, disminuyendo el tiempo de repartición, reduciendo costos de producción debido al transporte e incrementado la eficiencia de entrega del producto, brindando así un mejor servicio a los clientes y satisfaciendo sus necesidades.

3.4. FACTOR DE TIEMPO DE PROCESO

Las simulaciones anteriormente detalladas fueron ejecutadas en un computador con procesador Intel Core i7-4510U, 2.00 GHz y memoria RAM de 8GB. Con estos antecedentes se establecieron de forma aleatoria 50 corridas para el programa, con incrementos de 5 iteraciones en cada ciclo como se muestra en la Figura 5.

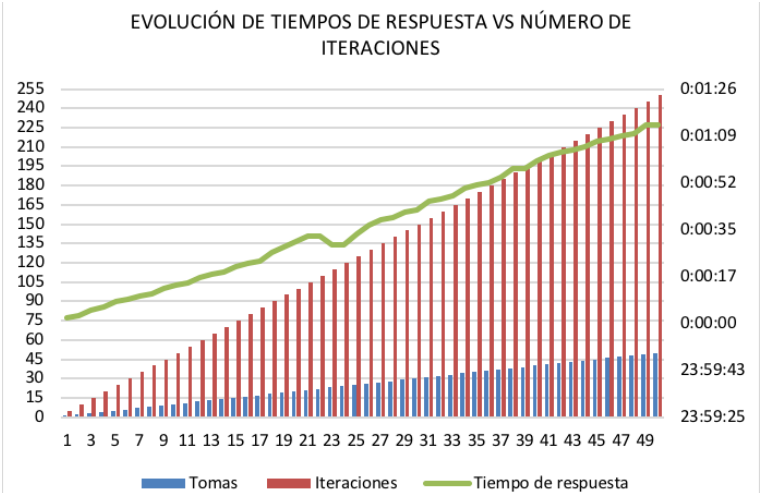


Gráfico 5. Ruta desde Larrea y 10 de agosto hasta Eucaliptos y Arrayanes.

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento de los datos establece una tendencia lineal (Figura 6), mediante un método de regresión lineal se puede predecir el tiempo en que tardaría en realizar todas las combinaciones posibles y encontrar la solución óptima agotando todas las alternativas.

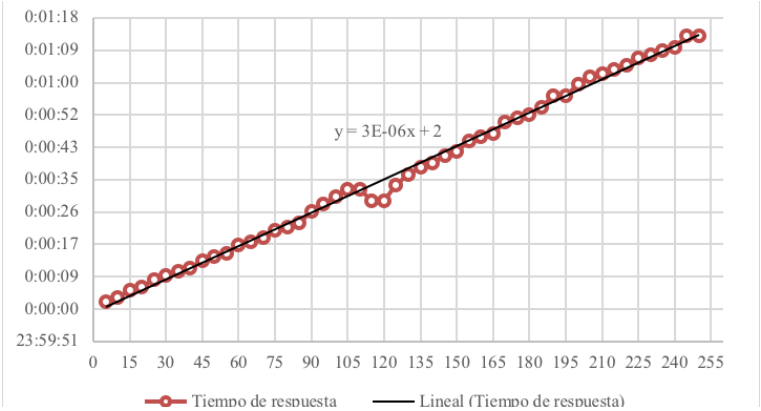


Gráfico 6. Tendencia lineal ascendente.

Fuente: elaboración propia.

Aplicando estos métodos se obtienen las siguientes relaciones matemáticas de la ecuación 4.

$$y = a + bx \quad (4)$$
$$y = 1,99998855820106 + 0,00000343759726112663x$$

Donde:

y: tiempo de respuesta

x: número de iteraciones

El número de combinaciones para el caso llega a $n=15!$ permutaciones posibles, es decir que $n=1307674368000$, resultando como tiempo análisis total 513,16 años. Un valor improcedente que hace que el algoritmo sea útil para soluciones cortas de pocos nodos o a su vez para las primeras iteraciones.

4. CONCLUSIONES

Si bien es cierto, el algoritmo de la colonia de hormigas es de tipo heurístico, por lo cual no asegura soluciones óptimas. Sin embargo, es de gran contribución para obtener resultados aceptables reduciendo el tiempo de cómputo en el desarrollo con respecto a métodos alternativos, mediante una adecuada definición de variables dependientes e independientes.

En la distribución de mercadería, es necesario encontrar rutas factibles que ayuden a los distribuidores a entregar su producto en el lugar y tiempo indicado. Los resultados obtenidos muestran claramente que en el algoritmo colonia de hormigas es importante tomar en cuenta η_{ij} como la visibilidad del enlace (i, j) para el problema la inversa de las distancias, α y β factores asumidos con el valor de uno porque destaca la solución factible, ya que incrementa las feromonas dejadas en el camino, τ_{ij} hizo referencia a las diferentes rutas por donde el camión realiza el recorrido habitualmente.

Los resultados obtenidos muestran claramente que en el algoritmo colonia de hormigas es importante tomar en cuenta η_{ij} como la visibilidad del enlace (i, j) para el problema la inversa de las distancias, α y β factores asumidos con el valor de uno porque destaca la solución factible.

Es necesario considerar que al aplicar el mencionado algoritmo existen diferentes factores que no se consideran, tales como: en primer punto el estado de la vía, debido a la situación geográfica de una ciudad puede tener algunas vías en mejores condiciones que otras. En segundo punto el tránsito, que en el caso de estudio fue bajo en el horario de las 4:15 a.m. hasta las 5:23 a.m., garantizando de esta manera una toma de datos certera, pero no exacta. Como tercer punto el tiempo de espera, por las señales de tránsito que se debe seguir. Como cuarto punto el clima que es independiente de mejoras, pero es clave ya que en el transporte resulta una variable no definida.

Los tiempos de procesamiento hacen que el ACO sea un método limitado y se acepten tan solo soluciones viables, más no totalmente optimizadas, elevando de forma considerable la búsqueda de una ruta óptima de servicio en el caso de estudio presentado.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, S., Cordon, O., Fernandez de Viana, I. y Herrera, F. (2012). La Metaheurística de optimización basada en colonias de hormigas: modelos y nuevos enfoques. Granada, España: Universidad de Granada.

Aparicio, D. (2012). Aplicación de los algoritmos de hormigas para la resolución de un RALBP. Barcelona, España: ETSEIB.

Calle, J., Rivero, J., Cuadra, D. e Isasi, P. (2017). Extending ACO for fast path search in huge graphs and social networks. *Expert Systems With Applications*, 86, pp. 292–306. doi: [10.1016/j.eswa.2017.05.066](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.05.066)

Cobo, A., y Maria, S. A. (2005). Un algoritmo híbrido basado en colonias de hormigas para la resolución de problemas de distribución en la planta orientados a procesos. Recuperado de: https://www.uv.es/asepuma/XIII/comunica/comunica_04.pdf

Collazos, C. (2013). Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12157/1/8912504.2013.pdf>

Cruz, I. (1999). Los canales de distribución de productos de gran consumo. Barcelona, España: Piramide.

Dorigo, M. (2006). The Ant Colony Optimization Metaheuristic: Algorithms, Applications, and Advances. En *International Series in Operations Research & Management Science* (pp. 250–285). doi: https://doi.org/10.1007/0-306-48056-5_9

Buntara, G., Takahiro, H., Aylie, H., Alisjahbana, S. y As'ad, S. (2017). Evolutionary ACO algorithms for truss optimization problems. *Procedia Engineering*, 171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.467>

Fernandez, J. (2005). Equipo de Algoritmos Evolutivos Multiobjetivo Paralelos (Tesis de Final de Grado). Recuperado de: https://www.cnc.una.py/publicaciones/4_130.pdf

Gutiérrez,V.(2007).ModelosdeGestióndeInventariosenCadenas.Recuperadode:<http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n43/n43a12.pdf>

Insfrán, C., Pinto, D. y Benjamín, B. (2006). Diseño de Topologías Virtuales en Redes Ópticas. Recuperado de: https://www.cnc.una.py/publicaciones/4_143.pdf

Luaces, R., Beyris, M., y Rosales, M. (2011). Colonia de hormigas aplicada a la teoría de grafos. En *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (pp.545-552). Cuba: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A.C.

Ortega, A., y Ana, S. (2005). Un Algoritmo Híbrido Basado en Colonias de Hormigas para la Resolución de Problemas. *XIII Jornadas de ASEPUMA*, 3.

Perez,I.(2011).Heurísticainspiradaenelánálissistémicodeel“vecinomáscercano”parasolucionarinstancias simétricasTSPempleandounabasecomparativamulticriterio.(TesisdeFinaldeMáster).Recuperadode: <http://bdigital.unal.edu.co/5443/1/71225056.2011.pdf>

Perez,S.(2013).ImplementacióndeunalgoritmobasadoenColoniasdeHormigasparalaoptimizaciónde funciones con datos mezclados. Santa Clara: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

/03/

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA CAPA DE ZINC SOBRE ACERO AL VARIAR CALIDAD SUPERFICIAL Y VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO

MECHANICAL BEHAVIOR OF THE ZINC LAYER ON STEEL WHEN VARYING SUPERFICIAL QUALITY AND COOLING SPEED

Juan Chico Chamorro
Ingeniero Mecánico por la Escuela Politécnica Nacional. Quito.(Ecuador).
E-mail: juan.chico@epn.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4287-8447>

Carlos Díaz Campoverde
Ing. Mecánico, Máster en Ciencias por la Escuela Politécnica Nacional, Docente, Jefe de Laboratorio de Metalografía, Desgaste y Falla del Departamento de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional. Quito. (Ecuador).
E-mail: carlos.diaz@epn.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6978-3638>

Patricia Proaño Sánchez
Ingeniera Mecánica, Departamento de Materiales, Escuela Politécnica Nacional. Quito. (Ecuador).
E-mail: patricia.proanio@epn.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6217-9059>

Recepción: 06/06/2018. Aceptación: 17/10/2018. Publicación: 14/12/2018

Citación sugerida:

Chico Chamorro, J., Díaz Campoverde, C. y Proaño Sánchez, P. (2018). Comportamiento mecánico de la capa de zinc sobre acero al variar calidad superficial y velocidad de enfriamiento. 3CTecnología. Investigación y pensamiento crítico. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n4e28.48-69/>

RESUMEN

La corrosión del acero estructural es un problema recurrente en el Ecuador, llegando a afectar a muchas edificaciones, y la forma en que se aplica el revestimiento protector de zinc es la principal causa. El presente estudio analiza el comportamiento mecánico adhesivo de la capa protectora depositada sobre acero estructural, variando la calidad superficial y la velocidad de enfriamiento del recubrimiento. La metodología aplicada consiste en caracterizar la materia prima (perfiles estructurales de tipo angular), aplicar pretratamientos superficiales a los perfiles angulares mediante pulido, lijado, esmerilado y como viene de fábrica, galvanizar los perfiles angulares en las empresas A y B, medir la capa de galvanizado, identificar y medir el espesor de las fases, medir rugosidad superficial, cuantificar durezas de la fase zeta, y finalmente, medir la adhesividad del recubrimiento al sustrato. De los resultados obtenidos se desprende que la rugosidad permite un mejor anclaje de la capa de zinc a la superficie metálica, las altas velocidades de enfriamiento permiten obtener una capa de zinc con más brillo, mayor dureza y adherencia, aunque sacrifica la ductilidad de la capa de recubrimiento al tener un comportamiento más frágil. La presencia de defectos en las fases formadas por el zinc influye en el comportamiento mecánico durante el ensayo de pull-off, ya que puede llegar a romper el sustrato al momento de desprenderse de la superficie del acero. Los elevados espesores de la capa de zinc confieren al acero una mayor vida útil y resistencia a la corrosión. Los datos obtenidos en este estudio sirven para corregir o mejorar la forma de aplicación de este recubrimiento.

ABSTRACT

The corrosion of structural steel is a recurrent problem in Ecuador, affecting many buildings, and the way in which the zinc protective coating is applied is the main cause. The present study analyzes the adhesive mechanical behavior of the protective layer deposited on structural steel, varying the surface quality and cooling rate of the coating. The applied methodology consists of characterizing the raw material (structural profiles of angular type), applying surface pre-treatments to the angular profiles by polishing, sanding, grinding and as it comes from the factory, galvanizing the angular profiles in companies A and B, measuring the layer of galvanizing, identifying and measuring the thickness of the phases, measuring surface roughness, quantifying hardness of the zeta phase, and finally, measuring the adhesiveness of the coating to the substrate. From the results obtained it can be seen that the roughness allows a better anchorage of the zinc layer to the metallic surface, the high cooling speeds allow to obtain a zinc layer with more brightness, greater hardness and adherence, although it sacrifices the ductility of the layer of coating when having a more fragile behavior. The

presence of defects in the phases formed by the zinc influence the mechanical behavior during the pull-off test, since it can break the substrate when it is released from the steel surface. The high thicknesses of the zinc layer give the steel a longer life and resistance to corrosion. The data obtained in this study serve to correct or improve the application form of this coating.

PALABRAS CLAVE

Adherencia, Difusión, Aleación Fe-Zn, Galvanizado por inmersión en caliente, Recubrimiento de zinc.

KEY WORDS

Adhesion, Diffusion, Fe-Zn alloy, Hot-dip galvanizing, Zinc coating.

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales metálicos en ambientes húmedos sufren un proceso de corrosión espontáneo no deseado que es causado por las acciones químicas o físico-químicas del ambiente. Esta corrosión destruye gradualmente los metales y los transforma irreversiblemente hasta que vuelvan a su estado mineral (Kuklik y Kudlacek, 2016). Por esta razón, las superficies se protegen de los agentes corrosivos a través de los denominados métodos activos y pasivos, siendo los más destacados los procedimientos pasivos y dentro de estos, los recubrimientos metálicos (Maaß, 2011).

Por lo tanto, el zinc (Zn) se convierte en una buena opción para brindar al acero una adecuada protección anticorrosiva. Esta protección es de naturaleza catódica, de modo que el zinc adquiere el papel de ánodo de sacrificio, y además, le confiere inmunidad al hierro. Igualmente, sobre esta capa protectora se crea una barrera de alta resistencia y adherencia llamada pátina, la cual desacelera el proceso corrosivo. Por esta razón, para promover la calidad del recubrimiento de zinc se han desarrollado diversas tecnologías como chapado metálico, galvanoplastia, rociado térmico, sherardizado y galvanizado por inmersión en caliente (Kuklik y Kudlacek, 2016).

En consecuencia, se considera que el galvanizado por inmersión en caliente es uno de los métodos más convenientes y útiles como protección. Para ello, se requiere sumergir el sustrato de acero en una tina de zinc fundido con el fin de crear un recubrimiento aleado, donde intervienen procesos de difusión, reacciones metalúrgicas y transformaciones termodinámicas (Kuklik y Kudlacek, 2016). Estas superficies galvanizadas no muestran apariencia ni composición homogéneas, pues las reacciones no ocurren al mismo tiempo, se originan en zonas localizadas y dependen de ciertas diferencias estructurales, de la humedad y de la presencia de partículas extrañas (Van Eijnsbergen, 2012).

Para generar menor contaminación y menor demanda energética se emplean más comúnmente temperaturas entre 440-460°C, donde el recubrimiento adherido firmemente al hierro normalmente presenta las siguientes fases: la fase gamma (γ), la fase delta (δ), la fase zeta (ζ), y la fase eta (η).

Asimismo, dentro de este método de protección, se tiene que uno de los procesos empleados para este fin es el galvanizado discontinuo por lotes, donde los sustratos metálicos son tratados individualmente y sus superficies se limpian y se activan al atravesar varias etapas previas a la inmersión en la tina de zinc fundido, estas etapas son: desengrasado, lavado, decapado, enjuague, fluxado y secado. Por otra parte, el recubrimiento se produce a causa de la difusión entre átomos de hierro y zinc, la cual

a su vez genera enlaces intermetálicos y promueve la formación de ciertas fases a temperaturas de entre 435-620°C. No obstante, para generar menor contaminación y menor demanda energética se emplean más comúnmente temperaturas entre 440-460°C, donde el recubrimiento adherido firmemente al hierro normalmente presenta las siguientes fases: la fase gamma (γ) que es difícil de observar, la fase delta (δ) que posee un gran espesor, la fase zeta (ζ) donde los cristales se disuelven y flotan permanentemente, y la fase eta (η) que es completamente zinc (Maaß, 2011).

Entre 440-460°C, la estructura de las fases hierro-zinc depende fuertemente de los diferentes parámetros de galvanizado. Así también, estos productos tienen que cumplir con sus respectivos estándares de calidad, para lo cual es necesario considerar los factores que influyen sobre las propiedades y espesor del recubrimiento, tales como el contenido de silicio en el acero, los tratamientos mecánicos superficiales del sustrato, la temperatura y los tiempos de inmersión en la tina de zinc fundido, las velocidades de enfriamiento, entre otros (Kuklik y Kudlacek, 2016).

En el presente estudio se busca establecer la relación existente entre la calidad superficial del sustrato y el espesor de la capa de galvanizado obtenido, así como también la influencia que ejercen la calidad superficial y temperatura de enfriamiento sobre el grado de adhesión y difusión del sistema cuando se expone el recubrimiento a determinados esfuerzos mecánicos. La información obtenida beneficiará al sector industrial y artesanal dedicado al recubrimiento de aceros estructurales en el Ecuador, ya que ayudará a mejorar o corregir métodos de aplicación de la capa de galvanizado, con la consecuente mejora en calidad, adherencia, resistencia a la abrasión, corrosión y una mayor vida útil de estos recubrimientos.

2. METODOLOGÍA

Para la investigación se emplean perfiles de acero de bajo contenido de carbono, con dimensiones AL 65x6 mm y 400 mm de largo. Este acero presenta un contenido de elementos químicos y propiedades mecánicas que se encuentra dentro de los valores establecidos en la norma (ASTM A36, 2014), estas propiedades se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición química y propiedades mecánicas del acero estructural utilizado.

	Descripción	Valor
Composición Química	Carbono, C [%]	0,094
	Manganeso, Mn [%]	0,624
	Azufre, S [%]	0,012
	Fósforo, P [%]	0,017
	Silicio, Si [%]	0,172
Propiedades Mecánicas	Esfuerzo de fluencia [MPa]	370,9
	Resistencia a la tracción [MPa]	483,5
	Elongación en 50 mm [%]	36,4
	Dureza [HV]	146

Los perfiles estructurales a usarse reciben tratamiento superficial, a excepción del primer perfil, estos tratamientos son: pulido, lijado y esmerilado (ver Gráfico 1). Posteriormente, cada sección de perfil con variación superficial se somete a un proceso específico de galvanizado por inmersión en caliente, el cual es realizado por dos empresas diferentes. La codificación de las muestras utilizadas se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Procesos superficiales aplicados a los perfiles.

Proceso	A0 / B0	A1 / B1	A2 / B2	A3 / B3
Empresa A	Sin tratamiento superficial	Superficie pulida (papel abrasivo grano 1200)	Superficie lijada (papel abrasivo grano 60)	Superficie esmerilada (Disco BDA 443)
Empresa B				

El primer método de galvanizado corresponde a uno de tipo industrial realizado en una empresa ubicada en la ciudad de Quito (en adelante denominada empresa A), y el otro proceso de galvanizado es realizado de manera artesanal por parte de la empresa B ubicada en la ciudad de Cuenca. La diferencia entre estos procesos radica en los parámetros de galvanizado empleados por cada una de las mencionadas empresas (ver Tabla 3).

Tabla 3. Variación de los parámetros de galvanizado.

Proceso	Temperatura de inmersión [°C]	Tiempo de inmersión [s]	Enfriamiento (tiempo)
Empresa A	460	5 min	Al ambiente
Empresa B	450	1 min 20 s	Agua (10 s)

La microestructura y espesor de la capa de zinc fue analizada con el Microscopio Olympus GX41F, y el procesamiento de las figuras se realiza con el software libre Python, para mejorar la calidad de las microestructuras. Para la medición de las microdurezas se empleó el Durómetro Micro-Vickers

DUROLINE M. La carga utilizada para la indentación de las muestras fue de 100 gf con un tiempo de aplicación de 10 segundos. La rugosidad y adherencia se la cuantifica utilizando los equipos calibrados Elcometer 224 y Elcometer 510.

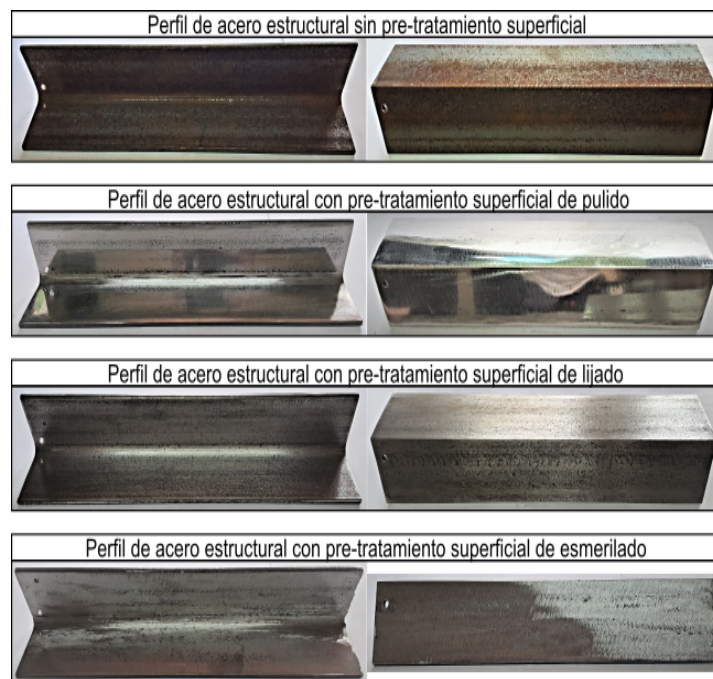


Gráfico 1. Tratamiento superficial aplicado a perfiles de estudio.

Fuente: elaboración propia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ESPESOR DE LA CAPA DE GALVANIZADO

A partir de los resultados presentados en el Gráfico 2, se aprecia que los perfiles galvanizados por la empresa A superan el valor mínimo de aceptación de $75 \mu\text{m}$, establecido en la norma ASTM A123M-15.

En cuanto a las probetas de la empresa B, las muestras pulidas (B1) y esmeriladas (B3) cumplen estrechamente con los criterios de aceptación, por el contrario, los lotes sin tratamiento superficial (B0) y con superficie lijada (B2) no cumplen dicha norma.

Las diferencias de espesor entre empresas, es el resultado de emplear un menor tiempo de inmersión en el baño de zinc por parte de la empresa B.

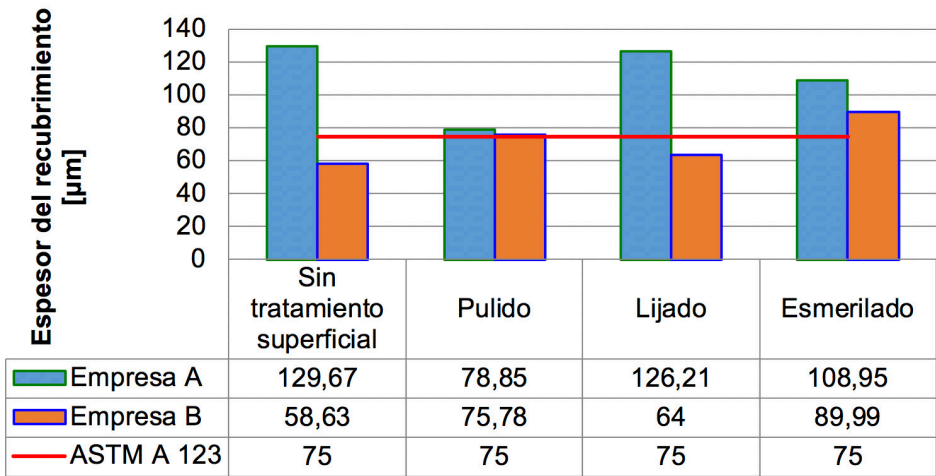


Grafico 2. Espesor de los recubrimientos obtenidos por la empresa A y B.

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, en el Gráfico 3 se aprecian las metalografías de los recubrimientos obtenidos tanto para la empresa A como para la empresa B. Así, se tiene que para ambos casos las capas protectoras se encuentran compuestas por las fases delta (δ), zeta (ζ) y eta (η), lo cual de acuerdo a Maaß (2011) es producto de combinar una temperatura de inmersión de alrededor de 450°C y un contenido de silicio que se encuentra dentro del rango Sebisty.

Se puede apreciar además que la fase gamma (γ) está ausente, y esto se debe a que a cortos periodos de inmersión del sustrato recubierto no permiten que se realice la incubación de esta fase y solamente se observa una línea entre el acero y la fase delta (Rico, 2012).

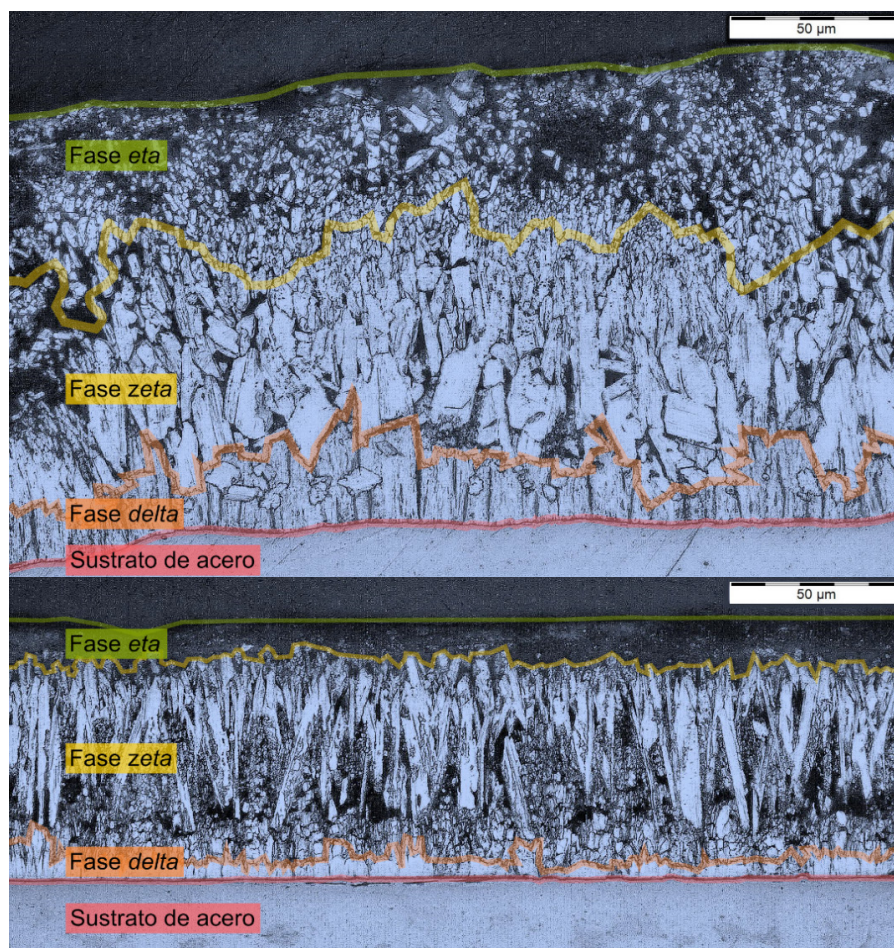


Gráfico 3. Identificación de fases en capa de galvanizado, a) empresa A, y b) empresa B.
Fuente: elaboración propia.

Del Gráfico 4 se desprende que los valores más altos de espesor de las fases eta (η), zeta (ζ) y delta (δ) son obtenidos en la capa de galvanizado aplicado por la empresa A. Esto se explica por el control en cuanto a la temperatura y velocidad de enfriamiento adoptados por esta empresa, ya que las fases eta (η), zeta (ζ) y delta (δ) dependen de parámetros como: la temperatura del zinc fundido y la velocidad con la cual el calor es extraído durante la solidificación.

Las bajas velocidades de enfriamiento de la fase zeta son favorecidas con la difusión de sus cristales a través de la fase eta (Rico, 2012). Con altas velocidades de enfriamiento como las usadas por la empresa B, la fase delta presenta un desarrollo limitado (American Galvanizers Association, 2016).

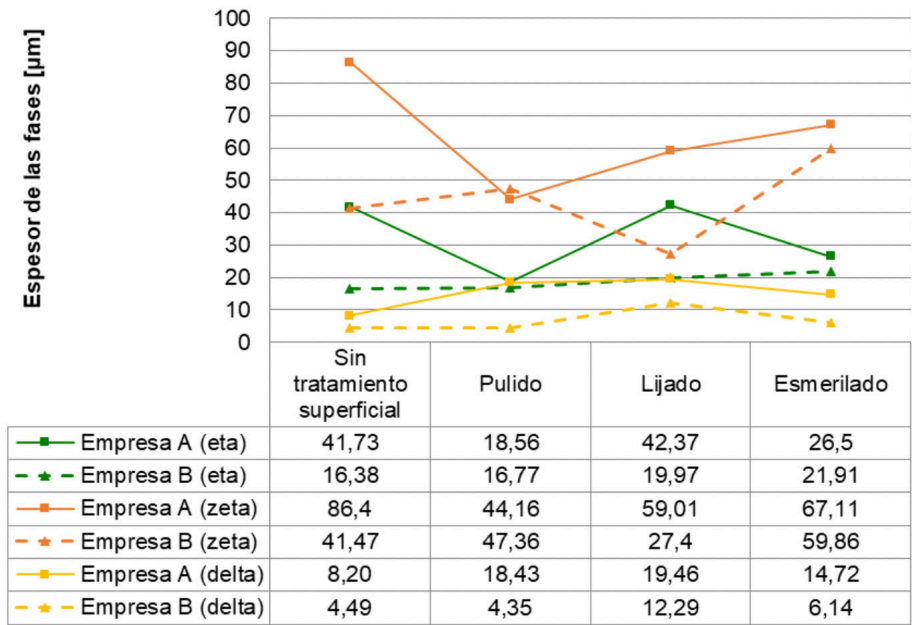


Gráfico 4. Espesor de fases en la capa de galvanizado empresa A y empresa B.
Fuente: elaboración propia.

Analizando las estructuras cristalinas de las fases se tiene que, la fase zeta presente en los recubrimientos obtenidos en la empresa A, presentan cristales equiaxiales, pequeños y menos desarrollados, mientras que los de la empresa B son de tipo columnar y en los que resulta común encontrar una frontera tenue dentada entre la fase zeta y delta. Hay que añadir que resultados similares fueron observados por Cervantes, et al. (2013) y Valdés (2010). Así también, algunos productos de la empresa A presentan una grieta horizontal a lo largo de la fase zeta, resultado de emplear temperaturas de inmersión mayores a 450 °C (Maaß, 2011).

Por tanto, al observar la apariencia superficial de los perfiles galvanizados, se obtiene que los elaborados por la empresa A son de aspecto poco brillante combinado con zonas opacas o incluso de aspecto gris mate, debido a la difusión de cristales individuales de la fase zeta a través de la eta,

pues procesos con tiempos de inmersión grandes producen mayores tiempos de enfriamiento y dan como resultado la reacción metalúrgica entre el zinc y el hierro (American Galvanizers Association, 2016), en la cual el hierro tomado de la fase delta se difunde hasta la superficie del recubrimiento, brindándole así su aspecto mate (Valdés, 2010).

Por el contrario, los recubrimientos de la empresa B poseen una fase zeta con cristales extendidos a lo largo de la superficie del acero y una fase delta esporádica y de espesor limitado. Este comportamiento resulta de aplicar una elevada velocidad de enfriamiento, misma que provee una estructura cristalina más fina y una capa de zinc puro sobre las superficies intermetálicas (American Galvanizers Association, 2016).

Finalmente, las propiedades del recubrimiento van a estar determinadas fundamentalmente por el tamaño y arreglo de los cristales individuales. Estos cristales, pueden crecer a partir de los ya existentes y serán cristales grandes, pero en pequeñas cantidades, o también pueden crearse nuevos cristales a partir de la formación de núcleos y tendrán depósitos de granos más finos, pero en mayor cantidad. Los depósitos finos son más tersos, brillantes, duros y resistentes, pero menos dúctiles a comparación de los gruesos. Por ello, se señala que el tamaño de las partículas y su naturaleza determinan la resistencia y dureza del recubrimiento (Valdés, 2010).

3.2. RUGOSIDAD DEL RECUBRIMIENTO DE ZINC

En base a los resultados mostrados en el Gráfico 5, se obtiene que los valores de rugosidad para los lotes galvanizados por la empresa A, presentan un comportamiento creciente, manteniendo el siguiente orden: perfil sin tratamiento superficial, esmerilado, lijado y pulido. El incremento de la rugosidad se explica con ayuda del trabajo realizado por (Gill y Langill, 2005), en el cual mencionan que: un recubrimiento en donde la fase δ es consumida completamente por la capa zeta y que es expuesta a la superficie, presenta un perfil de superficie de elevada rugosidad, mientras que si la fase δ se encuentra intacta se presentará una superficie lisa.

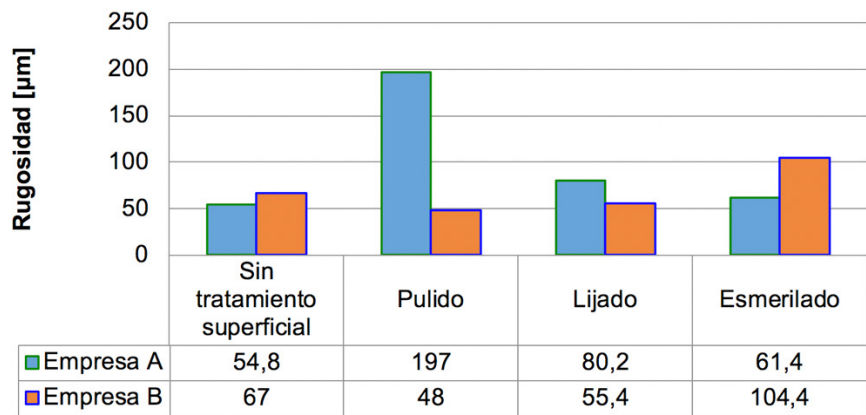


Gráfico 5. Rugosidad superficial en la capa de galvanizado.

Fuente: elaboración propia.

En contraste, para la empresa B, los espesores de galvanizado son más delgados y su rugosidad aumenta (48 – 104,4 micras) en un orden diferente al dado para la empresa A, este orden es: superficie pulida, lijada, sin tratamiento superficial y esmerilado. Como ya se explicó anteriormente, las altas velocidades de enfriamiento aplicadas por esta empresa, permiten la obtención de una fase zeta de zinc puro de aspecto brillante y más liso.

En ciertas circunstancias, una capa de galvanizado lisa y brillante es deseable, ya que existen menos posibilidades de retener partículas o contaminantes que pueden inducir a corrosión el recubrimiento de zinc. En recubrimientos con valores de rugosidad elevada existirá mayor posibilidad de incrustación de contaminantes o que se acumulen sustancias corrosivas sobre su superficie, lo cual favorecerá a la corrosión.

Una capa de galvanizado lisa y brillante es deseable, ya que existen menos posibilidades de retener partículas o contaminantes que pueden inducir a corrosión el recubrimiento de zinc.

3.3. DUREZA DEL RECUBRIMIENTO POR MICRO-INDENTACIÓN

Para este ensayo, la indentación se realiza en la zona central del recubrimiento como se muestra en el Gráfico 6, por lo que, en las muestras de mayor espesor, la indentación se ubica en la fase más gruesa correspondiente a la capa zeta, y en aquellos recubrimientos delgados la marca

puede llegar a abarcar las fases zeta, eta y delta. Los valores promedio de microdureza de la capa de galvanizado zeta se muestran en el Gráfico 7, encontrándose sus valores entre un valor mínimo de 123.76 [HV] y un máximo de 179.68 [HV] para aquellas probetas galvanizadas por la empresa A, y entre 121.49 [HV] y 127.57 [HV] para la empresa B.

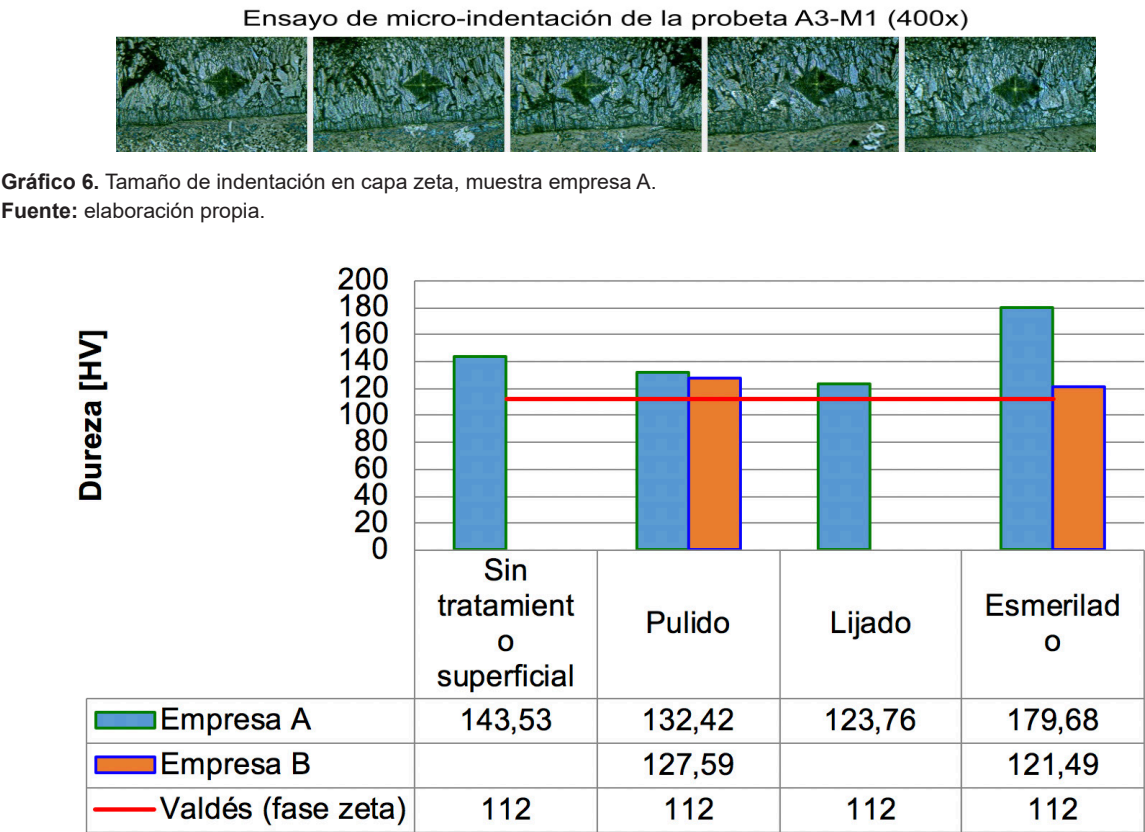


Gráfico 7. Durezas obtenidas en capa zeta de muestras con diferente calidad superficial.
Fuente: elaboración propia.

Resulta complicado obtener la dureza de recubrimientos muy delgados, tal como sucede con los recubrimientos del perfil sin tratamiento superficial y con superficie lijada de la empresa B, ya que en la medición, la marca del indentador además de las 3 fases llega a marcar también al acero

y/o la resina de montaje (ver Gráfico 8). O, por otra parte, si la marca del indentador abarca solo las tres fases de aleación, en las zonas más suaves y de mayor espesor que son las capas zeta y eta, el indentador penetrará más, mientras que en la zona más delgada y dura que es la fase delta, el indentador penetrará menos y entonces las esquinas opuestas de la marca aparecerán en diferentes planos, generándose así una diferencia pronunciada entre estas diagonales, lo cual es rechazado por la norma (ASTM E384, 2017).

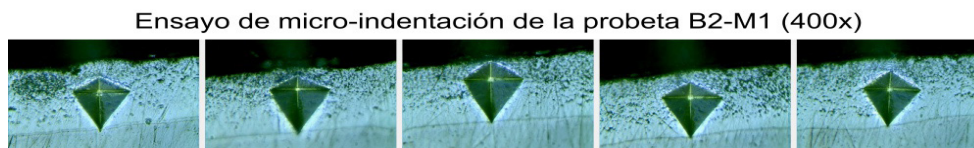


Gráfico 8. Tamaño de indentación en capa zeta, muestra empresa B.

Fuente: elaboración propia.

Tomando en consideración la investigación de Valdés (2010), los valores de dureza de la zona zeta obtenidos en este estudio, superan los 112 HV de la fase zeta del mencionado autor.

3.4. ADHESIVIDAD DEL RECUBRIMIENTO

En el Gráfico 9 se muestra el esfuerzo requerido para desprender la capa de galvanizado tanto para los lotes de la empresa A como de la empresa B. Los máximos valores de adherencia son alcanzados por aquellas probetas cuya superficie ha sido pulida (A1) y esmerilada (A3) para el caso de la empresa A, y para la empresa B los máximos valores se obtienen en las probetas sin tratamiento superficial (B0) y esmeriladas (B3).

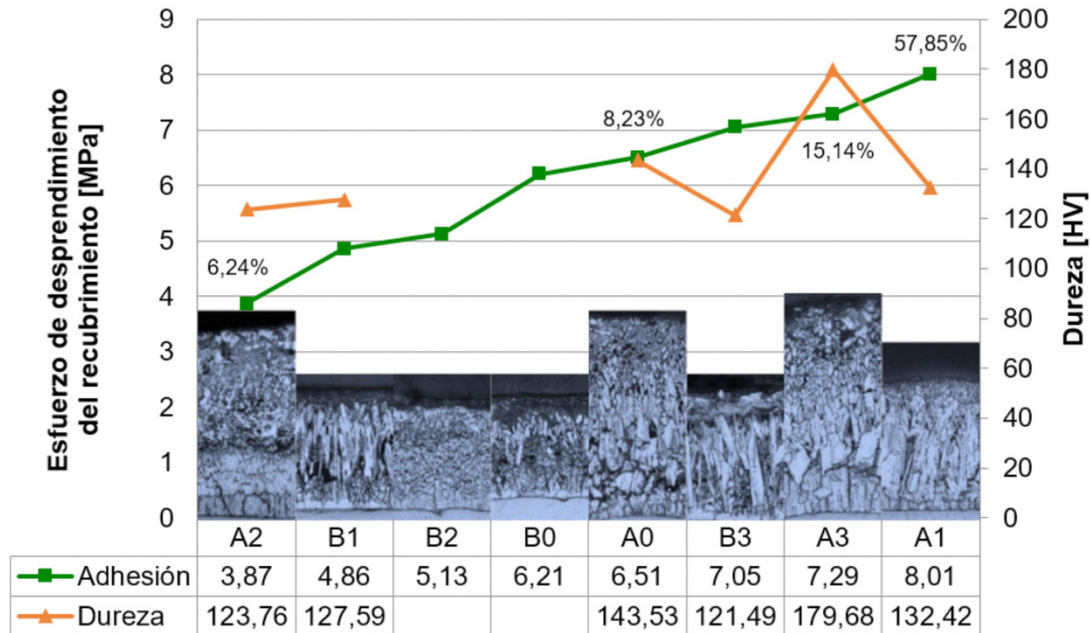


Gráfico 9. Relación existente entre adhesión, dureza y estructura metalográfica.

Fuente: elaboración propia.

Con el fin de validar los resultados de adhesión obtenidos en este estudio, se cuenta con el trabajo de investigación realizado por Handa y Takazawa (1998), quienes utilizan un sistema dúplex de zinc fundido y poliéster rociado sobre una placa de acero de 4 mm de espesor. El recubrimiento de zinc tiene un espesor de 100 μm y el ensayo de adhesión realizado con una muñeca de 20 mm de diámetro presenta un esfuerzo de desprendimiento de aproximadamente 3 MPa. Al comparar este esfuerzo con los obtenidos en el presente estudio, se tiene que el menor valor de esfuerzo (3,87 para la muestra A2) es un 29% superior, para la muestra con tratamiento superficial de pulido (A1) el incremento se encuentra en el orden del 167%, determinándose que la capa de galvanizado aplicada a todas las muestras ensayadas no presentan la posibilidad de descamarse durante su manipulación, como sí lo harían los recubrimientos excesivamente gruesos ($>300 \mu\text{m}$) (Nordic Galvanizers, 2017). El Gráfico 10 muestra el grado de desprendimiento de la capa de galvanizado en la muestra A1.



Gráfico 10. Porcentaje de desprendimiento de la capa de recubrimiento en la probeta A1.

Fuente: elaboración propia.

3.5. RELACIÓN ENTRE ADHESIÓN, DUREZA Y ESTRUCTURA METALOGRÁFICO DEL RECUBRIMIENTO

La microestructura de un material es muy importante, ya que ayuda a explicar comportamientos mecánicos inusuales. En este estudio los valores más bajos obtenidos de dureza y adherencia de la capa galvanizada pertenecen a la muestra A2. La presencia de microfisuras en la fase delta determina que al ser expuestas a los esfuerzos de tracción durante el ensayo de adherencia, estas microfisuras crezcan y continúen desplazándose hasta alcanzar la superficie desprendiendo la capa delta del sustrato.

Las altas velocidades de enfriamiento aplicadas a las muestras B1, B2 y B0 permiten obtener valores de adhesión mayores a los obtenidos en la muestra A2. La formación de la capa zeta es importante, puesto que, al presentar una forma de agujas como en el caso B1, una estructura granular como en el caso B2 y una mezcla de estas dos microestructuras como en el caso B0, se tiene una dureza y resistencia creciente, pero su flexibilidad se ve afectada y ante altos esfuerzos la tendencia es a fallar de forma frágil, por lo que es necesario indicar que la presencia de porosidades en esta fase también contribuye a la falla del recubrimiento.

En cuanto a los valores más altos de dureza y adherencia de las muestras A0, B3, A3 y A1, tiene mucho que ver con la mayor presencia de la fase zeta y la forma en que se presenta microestructuralmente. Para los casos A0 y A3, ésta fase se muestra con presencia de granos equiaxiales de tamaño variado y de mayor espesor, sin embargo, para la muestra A3 la presencia de porosidades y defectos es menor por lo que su comportamiento a la adherencia es bueno. Para los casos B3 y A1, es algo singular, las dos microestructuras son parecidas con una fase zeta predominante y de gran espesor, sin embargo,

la muestra B3 presenta en su microestructura una fase zeta mixta con placas verticales y gránulos, así como la presencia de la fase eta, la cual es menos dura que la fase zeta y esto causa que su microdureza se vea reducida. En cuanto a la muestra A1, la fase zeta es alargada muy compacta, la fase delta y eta tienen un espesor muy pequeño, lo que implica una mayor resistencia y adherencia. Finalmente, se tiene que la tenacidad y ductilidad del galvanizado, así como su grado de adhesión dependen del tipo de microestructura generada después del proceso de enfriamiento y de cómo se encuentran distribuidas las fases eta, zeta y delta en la capa de galvanizado.

3.6. DESPRENDIMIENTO DE LA CAPA DE GALVANIZADO EN EL ENSAYO DE PULL-OFF

Realizado el ensayo de Pull-Off, se toma un ejemplar tanto de la empresa A como de la empresa B, para analizar cómo fue el desplazamiento de las grietas durante el ensayo. En la muestra con tratamiento superficial depulido de la empresa A (ver Gráfico 11-a) se presenta un desprendimiento a lo largo de la zona inferior de la fase zeta, lugar donde existen microgrietas. Además, la fractura se desplaza a lo largo de los espacios intercristalinos, siendo esta zona menos resistente que la unión entre la fase zeta y delta. En contraste, en la muestra de la empresa B con el mismo tratamiento superficial (ver Gráfico 11-b), los cristales de la fase zeta alargados y en forma de aguja con espesor delgado tienen mayor resistencia a la tracción, de modo que superan la adhesión que existe entre la fase delta y el sustrato, ocasionando el posterior desgarre de la superficie del acero.

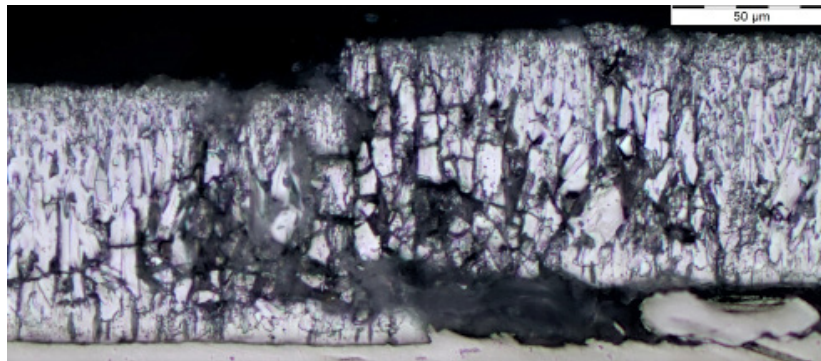


Gráfico 11a. Falla del recubrimiento en ensayo Pull-Off para muestra A1, empresa A.
Fuente: elaboración propia.

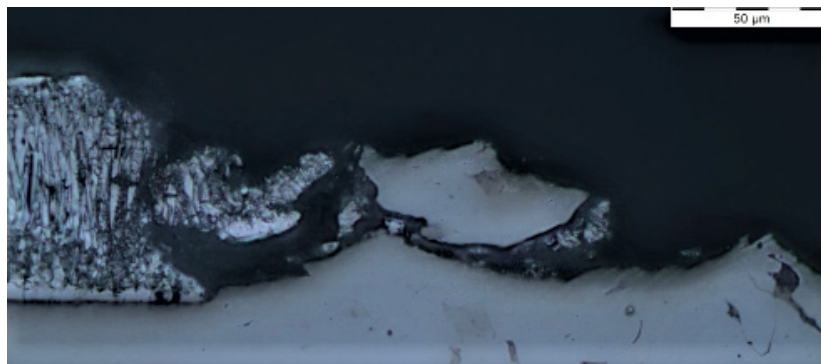


Gráfico 11b. Falla del recubrimiento en ensayo Pull-Off para muestra B1 de la empresa B.

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, se tiene que las muestras de la empresa A presentan desprendimientos de carácter cohesivo en el recubrimiento, ya que la ruptura se produce en una de las fases de aleación, mientras que la empresa B presenta un fallo cohesivo del sustrato metálico, pues el acero falla antes que la interface sustrato-recubrimiento. De acuerdo al estudio realizado por Pardo (2006), cuando la falla tiene lugar en el sustrato metálico, se considera sobredimensionada la zona de unión y la calidad adhesiva del recubrimiento será superior a la mecánicamente necesaria.

Por consiguiente, si la superficie metálica queda desnuda debido al desprendimiento del recubrimiento, la durabilidad y la resistencia a la corrosión del sistema pueden verse afectadas. Mientras que, en el desprendimiento de carácter cohesivo del recubrimiento, el arranque se produce a lo largo de la fase zeta, en el cual queda adherido al sistema un remanente de esta capa y por debajo de esta una fase delta intacta, lo cual resulta beneficioso pues esta fase posee un elevado valor de dureza y además tendrá la capacidad de seguir brindando protección contra la corrosión al sustrato metálico.

4. CONCLUSIONES

Todas las muestras galvanizadas a 460 °C, por 5 minutos y enfriadas al aire, presentan una capa de revestimiento de zinc acorde a especificación en cuanto a espesor, de ahí su buen comportamiento mecánico, aunque si la rugosidad es un factor a tener en cuenta, las probetas sin tratamiento superficial o superficie esmerilada, son una buena opción.

El comportamiento de la capa de galvanizado está muy ligado al espesor y microestructura que presenta la fase zeta, cuando la microestructura presenta cristales de forma granular, el recubrimiento presenta durezas en el rango de 132 a 180 [HV]. Por el contrario, si los cristales son en forma de agujas alargadas, las durezas se encuentran en el orden de 121 a 128 [HV]. Estas variaciones microestructurales y de dureza se deben a los tiempos y velocidades de enfriamiento aplicados por cada empresa y defectos internos.

La baja resistencia a la adherencia que presentan las muestras A2, B1, B2 y B0, está muy relacionada con la presencia de defectos al interior de la fase zeta, las microfisuras y vacíos se convierten en concentradores de esfuerzos que multiplican la carga aplicada durante el ensayo de Pull-Off, ocasionando que la fractura se desplace por los espacios intercristalinos para el caso de la empresa A. En el caso de la empresa B al tener una predominancia de la fase zeta y la microestructura tipo aguja, el desprendimiento se produce arrancando parte del sustrato.

Espesores gruesos de la fase eta conferirán una mayor vida útil y resistencia a la corrosión al sustrato cuando éste se encuentre en ambientes húmedos. Así también, es importante el espesor de la fase delta, ya que al ser la capa que mayor dureza presenta, en caso de desprendimiento de la fase eta y zeta a causa de una falla cohesiva de capa de aleación hierro-zinc, el material de zinc restante que queda adherido al sustrato continúa brindando protección contra la corrosión.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGA (American Galvanizers Association). (2016). Inspección de Productos de Acero Galvanizado en Caliente. Recuperado de: <https://galvanizeit.org/education-and-resources/publications/inspeccion-de-productos-de-acero-galvanizado-en-caliente>

Cervantes, J., Barba, A., Hernández, et al. (2013). Obtención y caracterización de recubrimientos Zn-Al-Cu por inmersión en caliente sobre aceros de bajo carbono. Revista de Metalurgia, 49(5), pp. 351-359. doi: <https://doi.org/10.3989/revmetalm.1316>

Gill, M. y Langill, T. (2005). The Slip Resistance of Galvanized Surfaces. En Galvanizing Note: process and design notes on hot-dip galvanizing. American Galvanizers Association. Recuperado de: [https://www.galvanizeit.org/images/uploads/memberGalvanizingNotes/SlipResistanceofGalvanizedSurfaces,MattGillThomasLangillPh.D._\(GalvanizingNotes,2005Jan\)_.pdf](https://www.galvanizeit.org/images/uploads/memberGalvanizingNotes/SlipResistanceofGalvanizedSurfaces,MattGillThomasLangillPh.D._(GalvanizingNotes,2005Jan)_.pdf)

Handa, T. y Takazawa, H. (1998). Duplex Protection System of Powder Coating and Metal Spraying on Steel Articles. En CORROSION 98 (pp. 516). San Diego, Estados Unidos: NACE International. Recuperado de: <https://store.nace.org/98516-duplex-protection-system-of-powder>

Kuklik, V. y Kudlacek, J. (2016). Hot-Dip Galvanizing of Steel Structures. New York, Estados Unidos: Elsevier.

Maaß, P. y Peißker, P. (2011). Handbook of hot-dip galvanization. Wangen, Alemania: John Wiley & Sons.

Nordic Galvanizers. (2017). Steels suitable for galvanizing. Suecia: Nordic Galvanizers. Recuperado de: <http://www.nordicgalvanizers.com/narvar/Steelssuitableforgalvanizing.htm>

Pardo, D. (2006). Propiedades Superficiales y Evaluación de Adherencia Mecánica-Química de Laminados Metal-Polímero (Trabajo fin de grado). Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmf cip226p/doc/bmf cip226p.pdf>

Rico, Y. (2012). Estructura y caracterización de los recubrimientos galvanizados por inmersión en caliente, sobre aceros. Revista Digital de Investigación y Postgrado, 2(5). Recuperado de: <http://redip.bqto.unexpo.edu.ve/index.php/redip/article/view/180/88>

Valdés, C. (2010). Galvanizado por difusión sobre aleaciones de cobre y caracterización de los revestimientos obtenidos (Tesis doctoral). Recuperado de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3823/tesis.pdf?sequence=1>

Van Eijnsbergen, J. (2012). Duplex systems: hot-dip galvanizing plus painting. Amsterdam, Países Bajos: Elsevier.

/04/

SISTEMA DE GESTIÓN DE PROCESOS EN LA NUBE. CONTROL Y MONITOREO PARA EL MANTENIMIENTO MECÁNICO

PROCESS MANAGEMENT SYSTEM IN THE CLOUD. CONTROL AND MONITORING FOR MECHANICAL MAINTENANCE

Lídice Haz López

Ingeniera en Sistemas Computacionales, Master en Docencia y Gerencia en Educación Superior, Master en Seguridad Informática, Docente de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad (Ecuador).

E-mail: victoria.haz@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1291-1875>

Manuel Eduardo Flores Morán

Ingeniero en Electrónica, Master en Ciencias en Control y Automatismo. La Libertad (Ecuador).

E-mail: eduardofloresmoran@ieee.org

Carlos Sánchez León

Ingeniero en Sistemas Computacionales, Master en Gerencia de Tecnologías de la Información (MGTI), Docente Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad (Ecuador).

E-mail: cslupse@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2965-9189>

Recepción: 23/02/2018. Aceptación: 02/10/2018. Publicación: 14/12/2018

Citación sugerida:

Haz López, L., Flores Morán, M. E. y Sánchez León, C. (2018). Sistema de gestión de procesos en la nube. Control y monitoreo para el mantenimiento mecánico. 3CTecnología. Investigación y pensamiento crítico. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n4e28.70-85/>

RESUMEN

En la actualidad, las organizaciones requieren aumentar la calidad de la información y mejorar la administración de los procesos mediante la aplicación de herramientas tecnológicas que faciliten el conocimiento y aplicación de estrategias referentes al core del negocio. Estas tareas pueden realizarse mediante el modelamiento de la información generada en ambientes específicos. Este trabajo presenta el prototipo de un sistema en la nube con características ubicuas que mejora la calidad del proceso de mantenimiento mecánico para automóviles. En general, los resultados de funcionalidad del sistema permitieron mejorar los tiempos de respuesta de atención al cliente, optimizar la carga de trabajo de los empleados y facilitar la toma de decisiones mediante la generación de reportes dinámicos y en tiempo real según las necesidades de la alta gerencia.

ABSTRACT

Nowadays, the organizations need to raise the information quality and enhance the process management by implementing technological instruments that ease the application of strategies regarding to the business core areas. This work shows a system prototype based on cloud computing which possesses ubiquitous characteristics to improve mechanic maintenance process quality for vehicles. Overall the results of the system functionality allow to obtain better customer service response time, optimize the staff workload and facilitate to make decisions through generating dynamic reports in real time according to the senior management needs.

PALABRAS CLAVE

Inteligencia de negocios, gestión de procesos del negocio, gestión de la información, gestión del conocimiento, sistema ubicuo.

KEY WORDS

Business intelligence, Business process management, information management, knowledge management, ubiquitous system.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos y las características del último siglo hasta la actualidad definen nuestro tiempo como la era de la información y del conocimiento. Ésta se distingue, entre otros aspectos, porque casi todas las funciones sociales básicas están fuertemente influenciadas por el uso de dispositivos electrónicos inteligentes y por el desarrollo de las tecnologías de procesamiento y almacenamiento de la información para generar conocimientos (Parra, 2008).

La información se ha convertido actualmente en un recurso estratégico en los escenarios organizacionales. Una adecuada gestión de la información ayuda a minimizar los riesgos en la administración de una empresa, facilitando la toma de decisiones para la alta gerencia, permitiendo así evaluar los resultados, determinar los errores y controlar los procesos core del negocio (Visinescu, 2017).

La inteligencia de negocios aplicada en el sector automotriz, específicamente en la administración de los servicios de mantenimiento mecánico proporciona la obtención y análisis de los datos de forma inmediata y en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones, y provee un ambiente de interacción proactivo y reactivo entre los interesados del negocio (Ortiz, 2010). En este sentido, las empresas buscan múltiples alternativas para aumentar el conocimiento mediante el modelamiento de la información generada en los procesos core del negocio (Portela, 2014). El diseño e implementación de un sistema de información en la nube aumenta la calidad de atención al cliente facilitando el acceso a múltiples servicios a través de diversos dispositivos electrónicos. Esta característica permite monitorear y optimizar la carga de trabajo de los empleados proporcionando datos generados de forma dinámica para la toma de decisiones gerenciales.

El diseño e implementación de un sistema de información en la nube aumenta la calidad de atención al cliente facilitando el acceso a múltiples servicios a través de diversos dispositivos electrónicos.

Este documento está organizado de la siguiente manera: tras la sección de introducción, se presenta la descripción de la calidad de los procesos del negocio y cuestiones relevantes relacionadas con la administración y el conocimiento del negocio, y la calidad de los datos, en la tercera sección se detallan las características del diseño y las pruebas del prototipo del sistema de gestión de procesos, y por último, en la sección cuarta se presentan las conclusiones.

2. CONOCIMIENTO E INTELIGENCIA DEL NEGOCIO

2.1. PROCESOS DEL NEGOCIO

La gestión de procesos de negocio BPM es una herramienta necesaria que facilita a las organizaciones administrar y optimizar sus procesos de negocio, permitiendo que éstos evolucionen para optimizar la calidad de los servicios que promueve la empresa (Duipmans, 2014), (Ferreyra, 2014). BPM mejora la ejecución de actividades individuales, además de facilitar la gestión de un conjunto de eventos, actividades y decisiones que agregan valor a la empresa y sus clientes, que en conjunto forman los procesos del negocio. Un proceso de negocio consiste en un conjunto de actividades que se llevan a cabo de manera coordinada en el contexto empresarial (Dumas, 2013).

El BPM surge de la evolución y el desarrollo de las arquitecturas de software y de la gestión de negocios. Esta última contribuye al BPM mediante dos grandes factores: (1) las cadenas de valor, definidas como la descomposición funcional de los procesos de una empresa para analizar su aporte en el logro de sus objetivos, y (2) la orientación por procesos como forma de organizar las actividades (Pérez, 2017). El logro de los objetivos del negocio se puede alcanzar de manera eficiente y eficaz sólo si las personas y otros recursos empresariales, como los sistemas de información, son alineados a los objetivos organizacionales. Por lo que, los procesos de negocio contribuyen a alcanzar uno o más objetivos de la empresa (Weske, 2012).

En el Gráfico 1 se muestra el ciclo de vida de BPM, compuesto por cuatro fases: diseño y análisis, configuración, ejecución y evaluación. En la fase de diseño y análisis se identifican los procesos de negocio, lo cual implica analizar el estado actual de los procesos con el fin de detectar problemas existentes e identificar oportunidades de mejora para su rediseño. En la fase de configuración, se especifican aspectos necesarios y se configuran para que los modelos de procesos puedan ser interpretados por un sistema de gestión de procesos de negocio BPMS. En la fase de ejecución, el BPMS facilita la ejecución de los procesos configurados. Por último, en la fase de evaluación se analiza el resultado de la ejecución para identificar problemas y aspectos que puedan ser mejorados (Van Der Aalst, 2012).

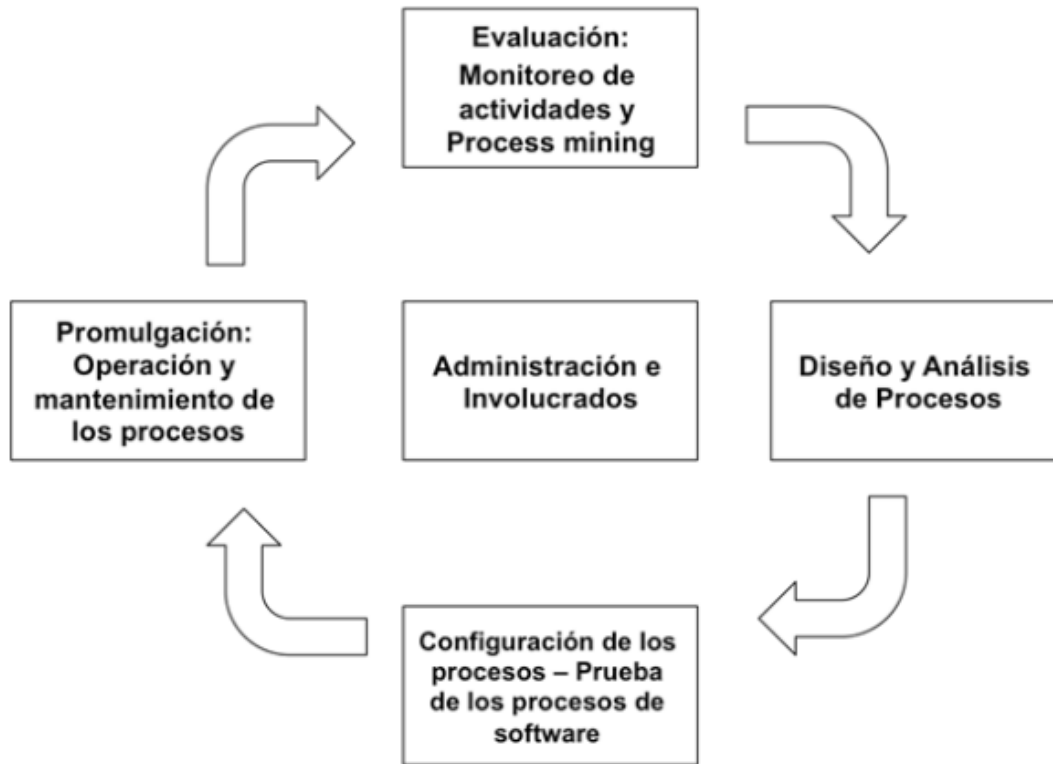


Gráfico 1. Ciclo de vida de BPM.

Fuente: M. Weske (2012).

2.2. INTELIGENCIA DE NEGOCIOS

La calidad y cantidad de información a la que puede acceder una empresa define su poder competitivo en el mercado facilitando la toma de decisiones. La implementación de Inteligencia de Negocios proporciona herramientas tecnológicas necesarias para aprovechar los datos almacenados en las bases de datos de los sistemas transaccionales, de esta forma se utiliza la información como respaldo a la toma de decisiones, minimizando el efecto negativo que puede generar una mala decisión (Richards, 2017).

La inteligencia de negocios se define como la habilidad empresarial para tomar decisiones acertadas. Para esto, se utilizan metodologías, aplicaciones y tecnologías que permiten recopilar, depurar, transformar datos, y aplicar en ellos técnicas analíticas de generación de conocimiento. La estructuración de los datos es realizada para determinar las características de un área de interés, de esta forma se obtiene el conocimiento sobre los problemas y las oportunidades del negocio para que pueden ser corregidos y aprovechados (Laursen, 2016).

Implementar herramientas de BI dentro de la empresa facilita la toma de decisiones; soportando al nivel interno en la gestión del personal y al nivel externo produce ventajas sobre sus competidores. La eficacia de estas herramientas se puede valorar a partir de 5 indicadores (Sauter, 2014):

- 1) Rapidez: Facilita al usuario la información procesada en el menor tiempo posible.
- 2) Fiabilidad: Nivel de confianza sobre la información presentada.
- 3) Nivel de abstracción: Capacidad de responder a preguntas complejas en base al procesamiento de unidades más pequeñas de información.
- 4) Navegación en profundidad: Múltiples vistas que se presentan desde lo general a lo específico.
- 5) Presentación de la información: Facilidad de interpretación, de manera natural e intuitiva.

2.3. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO

La gran mayoría de las empresas actualmente cuenta con un sistema de información que facilita la ejecución de las actividades diarias propias del negocio. Dependiendo de las exigencias y complejidad del negocio, el sistema de información puede ser sencillo o robusto. Estos sistemas ayudan en la toma de decisiones dada la información que contienen principalmente datos históricos almacenados en las bases de datos (Alberts, 2012).

Para lograr los objetivos de la empresa, uno de los recursos importantes es la gestión de la información, la cual puede ser actual (en tiempo real) e histórica, recopilada de distintas fuentes de datos de la organización (Alberts, 2012).

Es importante estructurar e interpretar los datos como parte de la gestión de la información. Este proceso facilita la obtención de conocimiento, su origen está dado en la información, misma

que requiere análisis, síntesis, visión dialéctica y determinación de inferencias, estas técnicas son necesarias para soportar la toma de decisiones gerenciales (Risso, 2012).

La gestión de la información promueve la generación de conocimiento. Los beneficios que percibe la empresa son valores agregados que permiten optimizar los procesos core del negocio. La organización se muestra en una espiral sistemática de mejora continua a través de la innovación, creatividad, crecimiento continuo, competitividad y toma de decisiones (Risso, 2012). Los avances tecnológicos, el entorno dinámico y globalizado en el que se encuentran las organizaciones, conlleva a que la información, el conocimiento, las metodologías, las estrategias de gestión, y las tecnologías de la información y la comunicación incidan en el desempeño integral de la empresa a través de su interrelación (Mariño, 2014).

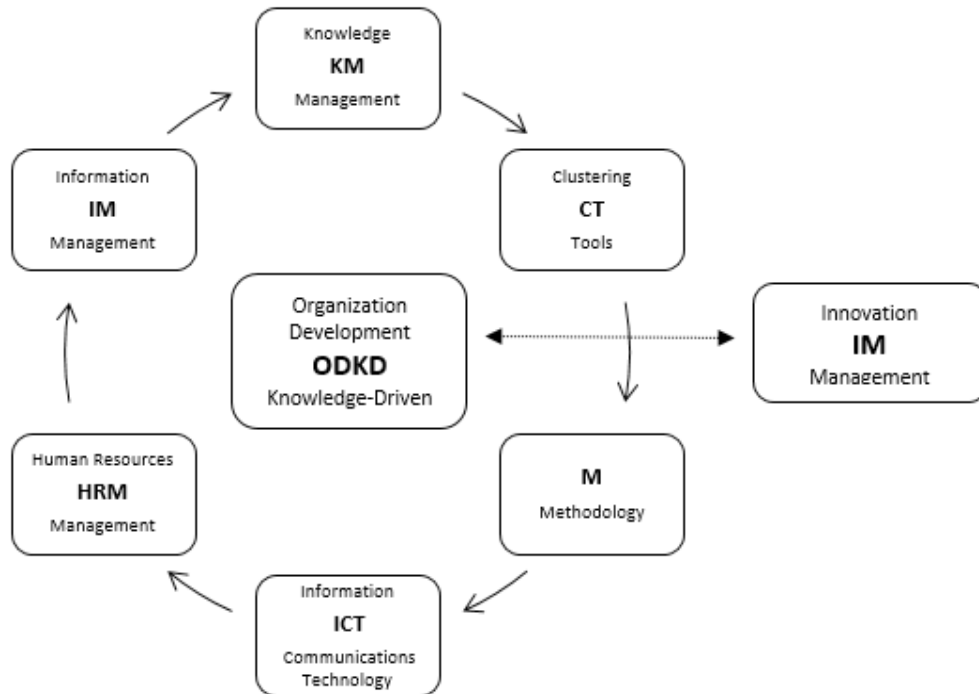


Gráfico 2. Modelo de gestión de la información y del conocimiento.
Fuente: knowgarden.

En el Gráfico 2 se presenta el modelo de gestión de conocimiento propuesto por knowgarden, se interrelacionan los diferentes ámbitos del desarrollo empresarial basado en un modelo hexagonal que tiene en el centro el Desarrollo Organizacional Basado en el Conocimiento, como herramienta de gestión integrada y sistémica. El uso de las tecnologías de información están ligadas con la generación y gestión del conocimiento (Fernández Marcial, 2006).

Por lo antes expuesto, es importante gestionar la información mediante herramientas específicas para análisis de datos que a su vez permitan generar o actualizar la gestión de conocimiento para soportar la ejecución de las tareas de las personas y facilitar la toma de decisiones. Se refiere a la disponibilidad de la información y de la generación del conocimiento que sea aplicable en los procesos críticos del negocio, niveles estratégicos y gerenciales, fundamentales para alcanzar las metas y los objetivos de la empresa (Aja Quiroga, 2002).

3. SISTEMA DE GESTIÓN DE PROCESOS EN LA NUBE

El prototipo propuesto implementa herramientas para análisis de datos enfocado principalmente a la generación de reportes dinámicos que proporciona conocimiento en la ejecución de las tareas y contribuye a la toma de decisiones.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PROCESOS EN LA NUBE

El proceso de mantenimiento mecánico se identifica como uno de los procesos críticos del negocio, siendo necesario mejorar el servicio de atención al cliente, distribuir la carga de trabajo de los empleados y optimizar la toma de decisiones para las áreas interesadas. Para cumplir con estos objetivos se desarrollan seis módulos que permiten simular y evaluar los escenarios antes descritos. Los módulos son:

- Registros: corresponde a la creación de usuarios internos y externos de la empresa. Se definen los niveles de seguridad según el perfil de usuario asignado. Para los clientes externos, se asocia el formulario de registro de automóviles.
- Inventario: facilita el ingreso y control de los suministros y repuestos utilizados en el proceso de facturación. Se envían notificaciones a los responsables cuando el stock de un

determinado producto se encuentra en el límite o está cercano a su fecha de caducidad.

- **Reservaciones:** permite realizar reservaciones para atención mecánica. La disponibilidad de cita depende del tipo de mantenimiento, la cantidad de técnicos libres, la fecha y la hora. En este proceso se genera el balanceo de la carga de trabajo de los empleados, definido según el número de reservaciones atendidas, tiempo de duración del mantenimiento y número de horas semanales trabajadas por cada técnico.
- **Orden de Trabajo:** la orden de trabajo se genera in situ cuando el cliente llega al taller con su vehículo. Dependiendo del tipo de mantenimiento se agregan los suministros o repuestos que se requieran, actualizando el inventario de productos. En este proceso se mide el tiempo de atención al cliente desde que inicia el mantenimiento hasta que termina, además de su calificación referente a la atención recibida.
- **Facturación electrónica:** con la información generada en la orden de trabajo, se procede a realizar la facturación electrónica por los servicios prestados y repuestos consumidos en el mantenimiento o reparación del automóvil.
- **Reportes dinámicos:** con los datos generados en cada subproceso del mantenimiento se realizan informes dinámicos parametrizables según las necesidades de los interesados. Se crean reportes estadísticos en línea según los parámetros definidos por la alta gerencia.

3.2. ESQUEMA DE ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO PARA EL SISTEMA DE GESTIÓN DE PROCESOS EN LA NUBE

Las técnicas aplicadas para el análisis de datos son:

- **Administración de repositorios de datos (Datawarehouse, data mart):** usada para extraer la información a partir de las fuentes y estructurarlas para las fases posteriores. Los datos se validan y se limpian para eliminar errores.
- **Minería de datos (Data Mining):** conjunto de procesos que facilitan la extracción de hechos a partir de las fuentes en los repositorios cuidando la integridad referencial de la información.
- **Procesamiento Analítico en Línea (OLAP – Online Analytical Processing):** generación de “cubos de información” que pueden responder a uno de los tres esquemas existentes para OLAP.

En este esquema se resume la integración con los modelos de minería de datos aplicados para la inteligencia de negocios, establecida como la “preparación de datos, modelado y evaluación” (Romero, 2017).

En el Gráfico 3 se resume el proceso y las interacciones entre los elementos que componen el sistema de gestión de procesos del negocio. El modelo tiene tres fases: recopilación de información, descubrimiento de conocimiento, evaluación e implementación. Inicialmente, los datos son recopilados de diversas fuentes, fuentes externas e investigación interna (Guarda, 2018). Estas actividades permiten soportar el proceso core del negocio y mejorar la toma de decisiones por parte de los interesados a través de la gestión de la información.

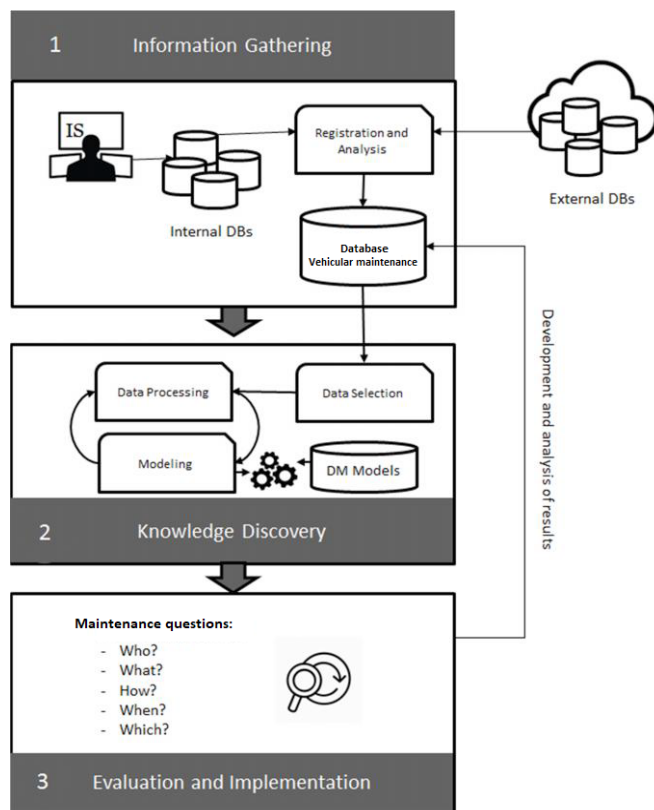


Gráfico 3. Esquema de administración de la información y del conocimiento para el sistema de gestión de procesos en la nube.

Fuente: T. Guarda (2018).

3.3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La arquitectura de comunicación usada en el prototipo del sistema de gestión de procesos fue cliente servidor. El servidor web distribuye la información solicitada a través de una conexión de red hacia el cliente. Una vez que el cliente solicita la información el servidor web recibe la petición, busca y localiza la página, reenviándola al navegador que la solicitó (López, 2017). El uso de este modelo permite que se distribuya la carga de procesos de la aplicación web entre los clientes y los servidores, en el Gráfico 4 se muestra el esquema general de su funcionamiento.

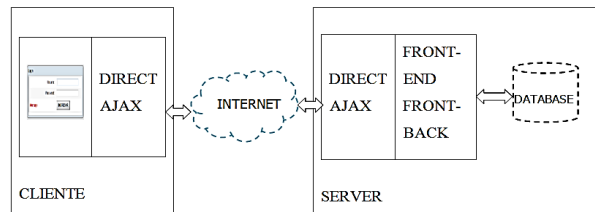


Gráfico 4. Arquitectura server-centric.

Fuente: elaboración propia.

La arquitectura lógica utilizada en el desarrollo del prototipo del sistema es MVC (Modelo-Vista-Controlador) que permite separar la lógica del negocio de la interfaz de usuario (López, 2017). En el Gráfico 5 se muestra su esquema general de funcionamiento.

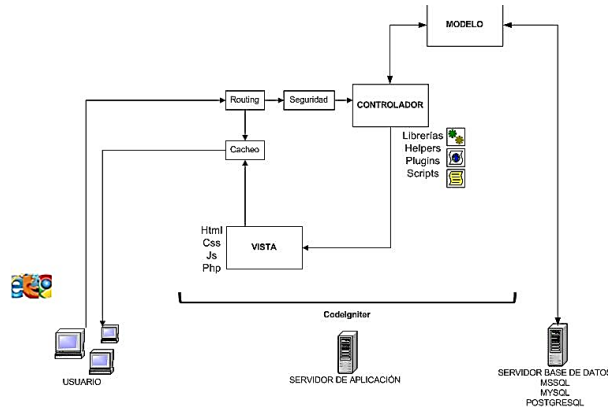


Gráfico 5. Modelo vista controlador.

Fuente: elaboración propia.

3.4. PRUEBAS E IMPLEMENTACIÓN

Para verificar que se cumplan las especificaciones planteadas en el análisis del proceso core del negocio se elaboraron y ejecutaron diferentes escenarios de pruebas que sirvieron para validar el flujo de información y resultados obtenidos en los procedimientos que realiza el sistema, y en caso de detectar errores corregirlos. A continuación, se describen cuatro escenarios de prueba:

Escenario 1, ingreso del sistema: valida la seguridad del sistema, respecto a los accesos definidos según los roles de usuario.

Escenario 2, relación menú-ventana: valida que la relación existente entre las opciones del menú y la ventana mostrada sean las correctas.

Escenario 3, administración de información: verifica la funcionalidad de los formularios, respecto a campos obligatorios, tipos de datos y consultas en la base de datos.

Escenario 4, registro de información: verifica los procesos de registro, edición y eliminación de información en la base de datos se ejecute sin errores. Valida el manejo de excepciones y errores en la base de datos.

Estos escenarios validaron en un 75% el cumplimiento de los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos por el usuario y definidos en el análisis del proceso core del negocio. En esta actividad, participaron analistas desarrolladores, técnicos mecánicos, usuarios externos, personal administrativo y la alta gerencia, quienes realizaron tareas planificadas en relación al perfil de usuario asignado verificando los resultados obtenidos y evaluando el tiempo de respuesta del sistema.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo, se utilizó un enfoque de administración de procesos orientado principalmente a la gestión de la información y generación de conocimiento. El prototipo presentado busca sistematizar las actividades del proceso de mantenimiento vehicular. Monitorear la carga de trabajo de los empleados y facilitar la toma de decisiones mediante la generación de reportes dinámicos como parte de la gestión de conocimiento organizacional. El contexto empresarial actual se centra en el cliente, por lo que es necesario mejorar la calidad de atención optimizando los procesos para lo cual se aplican tecnologías ubicuas que permiten el fácil acceso y gestión de la información para las partes interesadas.

El prototipo del sistema de gestión de procesos tuvo como enfoque principal el diseño e implementación de una aplicación web con características ubicuas de fácil acceso para el usuario. Se validaron los tiempos de respuestas en relación a las actividades definidas para el proceso core del negocio. Los resultados obtenidos en estas pruebas, sugieren que el uso de este sistema permite mejorar en un 80% la eficacia y eficiencia del proceso de mantenimiento desde la reservación hasta el término del servicio concluido con la facturación electrónica.

El contexto empresarial actual se centra en el cliente, por lo que es necesario mejorar la calidad de atención optimizando los procesos para lo cual se aplican tecnologías ubicuas que permiten el fácil acceso y gestión de la información para las partes interesadas.

También se integran criterios para gestionar la información asegurando su confidencialidad, integridad y disponibilidad. Las técnicas de minería de datos facilitan la generación del conocimiento y proporcionan a la alta gerencia una mejor comprensión del negocio y toma de decisiones, además de brindar un mejor servicio a sus clientes.

Por último, se establece claramente que el uso de las tecnologías y los servicios web tienen un gran impacto en la gestión de la información y del conocimiento. Esto presenta desafíos interesantes para futuras investigaciones e implementaciones de sistemas de información ubicuos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aalst, Van Der, W. M., Ter Hofstede, A. H., y Weske, M. (2003). Business process management: A survey. In *International conference on business process management* (pp. 1-12). Heidelberg, Alemania: Springer.

Aja Quiroga, L. (2002). Gestión de información, gestión del conocimiento y gestión de la calidad en las organizaciones. *Acimed*, 10(5), pp. 7-8.

Alberts, D. S., Vassiliou, M., y Agre, J. (2012). C2 information quality: an enterprise systems perspective. In *MILITARY COMMUNICATIONS CONFERENCE, 2012-MILCOM 2012* (pp. 1-7). IEEE.

Duipmans, E. F., Pires, L. F., y da Silva Santos, L. O. B. (2014). A transformation-based approach to business process management in the cloud. *Journal of grid computing*, 12(2), pp. 191-219.

Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., y Reijers, H. A. (2013). Introduction to business process management. In *Fundamentals of Business Process Management* (pp.1-31). Heidelberg, Alemania: Springer.

Fernández Marcial, V. (2006). Gestión del conocimiento versus gestión de la información. *Investigación bibliotecológica*, 20(41), pp. 44-62.

Ferreira, J.P. (2016). *Gestión de Procesos de Negocio basada en Computación en la Nube*. (Trabajo Final Integrador de Especialización). Córdoba, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.

Guarda, T., et al. (2018). Marketing Knowledge Management Model. In *International Conference on Information Theoretic Security* (pp. 234-241). Heidelberg, Alemania: Springer.

Laursen, G. H., y Thorlund, J. (2016). *Business analytics for managers: Taking business intelligence beyond reporting*. Nueva Jersey, EE.UU.: John Wiley & Sons.

López, L. V. H., Vera, J. M., Aquino, J. S., y León, C. S. (2017). Implementación de un sistema en la nube para controlar y gestionar procesos clínicos: Caso veterinaria de mascotas. *3C Tecnología*, 6(2), pp. 17-31.

Mariño, S. I. (2014). Los sistemas expertos para apoyar la gestión inteligente del conocimiento. *Revista vínculos*, 11(1), pp. 101-108.

Ortiz, S. (2010). Taking business intelligence to the masses. *Computer*, 43(7), pp. 12-15.

Parra, D. Q. (2008). Metodología para hacer prospectiva empresarial en la sociedad de la información y el conocimiento. *Economía y administración*, 45(70), pp. 25-44.

Pérez, M., Ferreira, J. P., Verino, C., y Cocconi, D. (2017). Definición de una arquitectura de procesos utilizando la metodología BPTrends para la aplicación del ciclo de vida BPM. En *XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires)*.

Portela, F., et al. (2014). Pervasive and intelligent decision support in intensive medicine—the complete picture. In *International Conference on Information Technology in Bio-and Medical Informatics* (pp. 87-102). Heidelberg, Alemania: Springer.

Richards, G., Yeoh, W., Chong, A. Y. L., y Popovič, A. (2017). Business intelligence effectiveness and corporate performance management: An empirical analysis. *Journal of Computer Information Systems*, pp. 1-9.

Risso, V. G. (2012). Aproximación teórica a la relación entre los términos gestión documental, gestión de información y gestión del conocimiento. *Revista española de documentación científica*, 35(4), pp. 531-554.

Romero, M. J. A., y García, J. L. R. (2017). Comparación de opciones para inteligencia de negocios en los principales sistemas gestores de bases de datos del mercado. *Economía y Administración (E&A)*, 7(1), pp. 5-20.

auter, V. L. (2014). *Decision support systems for business intelligence*. Nueva Jersey, EE.UU.: John Wiley & Sons.

Visinescu, L. L., Jones, M. C., y Sidorova, A. (2017). Improving decision quality: the role of business intelligence. *Journal of Computer Information Systems*, 57(1), pp. 58-66.

Weske, M. (2012). *Business process management architectures*. In *Business Process Management* (pp. 333-371). Heidelberg, Alemania: Springer.

/05/

DISEÑO DE UN MODELO DE E-LOGÍSTICA PARA UN OPERADOR LOGÍSTICO PERUANO

DESIGN OF A MODEL OF E-LOGÍSTIC FOR A PERUVIAN LOGISTIC OPERATOR

L. Walter Valderrama Pérez

Doctoren Administración por la Universidad Privada de Tacna - Perú Docente Principal Universidad Privada de Tacna.

E-mail: walter_valderrama@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6061-2736>

Ben Y. P. Yábar Vega

Doctor (c) en Administración por la Universidad Privada de Tacna - Perú Docente Escuela de Postgrado Neumann Business School.

E-mail: byabar@nbs.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1809-2727>

Jehovanni F. Velarde Molina

Doctor (c) en Administración por la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna - Perú Docente, UNJBG, Tacna – Perú.

E-mail: jvelardem@unjbg.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4382-1736>

Yván F. Díaz Zelada

Doctorando en Administración por la Universidad Privada de Tacna - Perú Docente Escuela de Postgrado Neumann Business School.

E-mail: ydiaz@nbs.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9149-068X>

Recepción: 05/11/2018. Aceptación: 27/11/2018. Publicación: 14/12/2018

Citación sugerida:

Valderrama Pérez, L. W., Yábar Vega, B. Y. P., Velarde Molina, J. F. y Díaz Zelada, Y. F. (2018). Diseño de un modelo de e-logística para un operador logístico peruano. 3C Tecnología. Investigación y pensamiento crítico. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n4e28.86-103/>

RESUMEN

Los operadores logísticos, en caso de no sistematizar su unidad de negocio, que corresponde a la logística, estarán en riesgo de perder competitividad, posicionamiento y participación del mercado. En ese sentido es de suma importancia poder optimizar la unidad operativa del negocio de un operador logístico a través de un modelo e-logístico. La metodología considerada se dividió en dos partes, la primera parte consideró un diagnóstico de todos los procesos del operador logístico, para lo cual se aplicó la técnica de la observación no estructurada. Luego del diagnóstico, se procedió a configurar el modelo logístico, conformados por hardware, software y plataforma web.

ABSTRACT

Logistics operators, if they do not systematize their business unit, which corresponds to logistics, will be at risk of losing competitiveness, positioning and market share. In this sense, it is very important to be able to optimize the operational unit of a logistics operator's business through an e-logistic model. The methodology considered was divided into two parts, the first part considered a diagnosis of all the processes of the logistics operator, for which the technique of unstructured observation was applied. After the diagnosis, the logistic model was configured whose components are made up of hardware, software and web platform.

PALABRAS CLAVE

Logística, e-logística, operador logístico, logística inversa, modelo.

KEY WORDS

Logistics, e-logistics, logistics operator, reverse logistics, model.

1. INTRODUCCIÓN

El gobierno peruano, a partir de la constitución política de 1993, ha adoptado el modelo económico denominado economía social de mercado, que implica la apertura de los sectores productivos a los mercados internacionales de forma bilateral y multilateral, lo que ha permitido el acelerado desarrollo de las empresas peruanas, sin importar el tamaño. Los operadores logísticos no han desaprovechado las bondades del modelo económico.

El estado peruano promueve la competitividad de las empresas, sin que importe la nacionalidad de los capitales, por lo cual en los últimos veinte años ha llegado una gran cantidad de inversión extranjera directa a través de diferentes modalidades que van desde joint venture hasta subsidiarias de producción lo que exige que las empresas nacionales busquen ser más competitivas que sus pares extranjeras. Para los operadores logísticos es un gran reto la innovación continua.

La empresa objeto de estudio es un operador logístico especializado en el transporte de carga nacional e internacional hacia empresas mineras ubicadas en territorio peruano, cuyo crecimiento ha sido sostenido en el tiempo por la gran demanda de insumos para la explotación minera. Hasta la fecha, todos los procesos de la empresa han sido convencionales y reactivos de acuerdo a la demanda de sus clientes. La coyuntura empresarial peruana también amenaza a la empresa en estudio, ya que podrían hacer su ingreso nuevos competidores con procesos más sistematizados y optimizados. Es de suma importancia que la empresa mejore su modelo actual de operaciones logísticas si desea conservar e incrementar su competitividad, posicionamiento y participación con miras a su expansión y diversificación.

La empresa objeto de estudio es un operador logístico especializado en el transporte de carga nacional e internacional hacia empresas mineras ubicadas en territorio peruano, cuyo crecimiento ha sido sostenido en el tiempo por la gran demanda de insumos para la explotación minera.

Actualmente, las empresas buscan optimizar sus procesos con la finalidad de obtener la ventaja competitiva. La empresa sujeto de estudio no puede estar ajena a la sistematización de sus procesos, sobre todo si tiene como objeto social ofrecer servicios logísticos a los mercados nacionales e internacionales.

La empresa se dedica al transporte terrestre de carga nacional e internacional con una trayectoria de 25 años de experiencia. Se observa que la empresa ofrece precios poco competitivos a sus clientes, demoras en la tercerización del servicio y en el último año una reducción de la demanda.

Los precios poco competitivos se deben a no contar con los suficientes vehículos de carga que los clientes finales demandan, y por esta razón se tiene que subcontratar a otras empresas que prestan este servicio. Esto encarece los costos y precios del servicio, además, incrementa los tiempos de entrega de la carga a los clientes. Así, en los dos últimos años se ha producido una disminución de la demanda, debido a la reducción del precio de los metales e incremento de empresas informales.

La empresa viene experimentando una relativa desaceleración en sus operaciones logísticas, y si la situación actual continúa, la empresa reducirá sus ingresos y podría incluso poner en riesgo la permanencia de la organización en el mercado. Para poder solucionar esta situación problemática, se requiere evolucionar el actual modelo de negocios a través de nuevas propuestas estratégicas apoyados en la tecnología para generar una plataforma e-logística sustentada en la subasta inversa que permita incrementar la demanda de los mercados a precios competitivos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICO

2.1. LA LOGÍSTICA

La logística tiene su origen y desarrollo en la organización militar, y actualmente, según el DRAE (2014) la logística es el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución. Con la definición del DRAE podríamos decir que la finalidad de la logística es proveer de productos y servicios a los clientes de acuerdo a sus necesidades y requerimientos, de la manera más eficiente.

Asimismo, tenemos el siguiente concepto: “La logística es parte de la cadena de suministro que planea, implementa y controla el eficiente, efectivo flujo y almacenamiento de bienes, servicios y la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el propósito de satisfacer los requerimientos del cliente” (CLM, 1998, citado en Stock y Lambert, 2001). Según Castellanos (2009), la logística es la gestión del flujo, y de las interrupciones en éste, de insumos (materias primas, componentes, subconjuntos, productos acabados y suministros) y/o personas asociados a una empresa. Por otro lado, según Christopher (2000):

...seentienedeporlogística,elprocesodeplaneación,instrumentaciónycontrol eficienteyefectivoencostosdel flujoyalmacenamientodemateriasprimas,delosinventariosdeproductos enprocesos terminados,asícomodel flujodelainformaciónrespectivadesdeelpuntodeorigenhastaelpuntodeconsumo,conelpropósitodecumplir con los requerimientos de los clientes.

Se puede sintetizar que la logística es un proceso en la que intervienen una serie actividades que van desde la planeación hasta el almacenamiento de bienes o materias primas por parte de una empresa. Sin embargo, es preciso indicar que corresponde al concepto clásico de la logística, y que hoy ha evolucionado considerando los servicios que ofrecen las empresas, y que va más allá de los productos, y el uso de la tecnología para tal fin.

2.2. LAS ACTIVIDADES DE LA LOGÍSTICA

Según Ballou (2009), las actividades de la logística van a ser distintas en una organización, según su diseño y estructura organizacional. Sin embargo, los componentes típicos de cualquier sistema logístico están divididos en actividades clave y actividades de soporte.

Ballou (1987), plantea que estas actividades son consideradas en todo proceso logístico porque logran el efectivo manejo logístico, contribuyen a la mayor parte de los costos totales logísticos y son esenciales para obtener una coordinación efectiva. Las actividades claves son las siguientes: transportación, administración de inventario, procesamiento de órdenes, actividades de soporte, almacenamiento, manejo de materiales, compras, embalaje de protección, cooperación con producción y operaciones, mantenimiento de información. A las anteriores se deberían agregar los recursos humanos necesarios y las actividades de soporte administrativo.

2.3. TRANSPORTE

El desarrollo de los pueblos tiene como factor determinante la existencia de infraestructuras de comunicaciones que permita dinamizar el sector empresarial, y hoy, en un mundo globalizado no nos referimos solo a un ámbito nacional, sino necesariamente a un plano internacional. Tampoco es necesario contar solamente con vías de comunicación, sino que también es importante contar con los medios de transporte acorde con las infraestructuras viarias desarrollados en un territorio.

Para Daniels, Radebaugh y Sullivan (2010) el transporte es uno de los elementos clave del sistema logístico. La clave consiste en conectar a los proveedores y fabricantes por un lado, y a los fabricantes

y consumidores finales por el otro. Asimismo, Gómez (2013) lo define como el conjunto de actividades que nos permiten el traslado de los materiales y productos terminados de los proveedores a la empresa, y de ella a los clientes, de forma que lleguen a su destino en las condiciones pactadas.

Según Ballou (2004) el transporte es esencial porque ninguna empresa moderna puede operar sin el movimiento de sus materias primas o de sus productos terminados. Esta importancia es subrayada por la tensión financiera que sufren muchas empresas por desastres, como una huelga nacional de transporte ferroviario o porque los transportistas independientes se niegan a mover los bienes por disputas de tarifas. En estas circunstancias, no puede darse sentido a los mercados y los productos retornan en forma logística directa por deterioro o por volverse obsoletos.

2.4. LA E-LOGÍSTICA

Según Seoane (2005), la e-logística se puede definir como la logística del e-commerce, es decir, la logística asociada al comercio electrónico. Las funciones de la e-logística son: el transporte, el almacenaje, el control de existencias, los sistemas de información de seguimiento y los servicios de valor añadido.

Desde un enfoque más organizacional, Green y Rodríguez (2005), nos indica que la empresa de tipo e-logística toma a su cargo todo lo que concierne al control técnico y operativo del transporte, de las rupturas de carga y de la preparación de pedidos. Las tareas y funciones a desarrollar las puede realizar la misma empresa o coordinar tareas realizadas por otras empresas funcionando en subcontratación.

De acuerdo a Ramalinho-Lourenco (2005), por e-logística se entiende al uso de Internet y nuevas tecnologías para desarrollar e implantar soluciones para el área de la logística. Internet será una herramienta esencial para facilitar el intercambio de información, integración y colaboración entre empresas. Y a manera de síntesis sobre la necesidad y ventajas de la e-logística Torres (2007), manifiesta:

...se puede evidenciar que la logística comporta la eliminación de importantes costes en la cadena de suministro, ya que con ello se aprovecha al máximo en estos procesos las ventajas de las nuevas tecnologías, llegando a la conclusión que gracias a Internet, se ha logrado el just in time virtual, lo que comporta la optimización del servicio logístico de una empresa.

2.5. LA SUBASTA INVERSA

Finalmente, como último concepto básico y en palabras de Ricón (2006), la subasta inversa es un:

...proceso repetitivo basado en un dispositivo electrónico de presentación de nuevos precios, revisados a la baja, o de nuevos valores relativos a determinados elementos de las ofertas que tienen lugar tras la primera evolución completa de las ofertas y que permite proceder a su calificación mediante métodos de evaluaciones automáticas.

La subasta inversa será el mecanismo central para el desarrollo del modelo de e-logística para ser aplicado por la empresa para con los clientes interesados de acceder al servicio que se diseña.

3. METODOLOGÍA

3.1. VARIABLES A ANALIZAR

- Procesos de la Empresa
 - Procesos de negociación con clientes
 - Agenciamiento
 - Depósitos Temporales
 - Escolta particular
 - Escolta policial
 - Vía alterna para cargas especiales
 - Seguros
 - Cotización
 - Permisos de Sobredimensión y Sobre peso
 - Representante Legal de empresas Extranjeras
 - Procesos de traslado de mercadería directo
 - Procesos de traslado de mercadería indirecto
 - Procesos de cobros por servicios
- Desempeño de los recursos humanos
- Sistemas y equipos de soporte administrativo

3.2. ANÁLISIS

Tabla 1. Análisis de procesos, recursos humanos y soporte administrativo.

1. Procesos:
Procesos de negociación: Los procesos de negociación están conformados por nueve subprocesos y son fundamentales para que el objeto social de la empresa. A continuación describiremos los problemas que se suscitan.
Agenciamiento: Problema: El problema radica en que la empresa necesariamente tiene que tercerizar el servicio, ya que la Superintendencia de Administración Tributaria (SUNAT) autoriza a un grupo de empresas que cumplen con requisitos estrictos; y por lo tanto actualmente la empresa contrata los servicios de una sola empresa dedicada al Agenciamiento en la localidad de Tacna. Pronóstico: Si se continúa con el sistema actual, se perderá competitividad, por consiguiente se reducirá participación en el mercado. Propuesta de Mejora: A través de una plataforma virtual se pretende obtener una mayor cantidad de cotizaciones de las empresas de agenciamiento del mercado nacional, las cuales puedan cotizar directamente al cliente final, en donde la empresa se beneficiará con la comisión de la transacción por este servicio.
Depósitos Temporales: Problema: El problema radica en que la empresa necesariamente tiene que tercerizar el servicio, ya que la Superintendencia de Administración Tributaria (SUNAT) autoriza a un grupo de empresas que cumplen con requisitos estrictos; y por lo tanto actualmente la empresa contrata los servicios de una sola empresa dedicada a depósitos temporales en la localidad de Tacna. Pronóstico: Si se continúa con el sistema actual, se perderá competitividad, por consiguiente se reducirá participación en el mercado. Propuesta de Mejora: A través de una plataforma virtual se pretende obtener una mayor cantidad de cotizaciones de las empresas de depósito temporal en el mercado nacional, las cuales puedan cotizar directamente al cliente final, en donde la empresa se beneficiará con la comisión de la transacción por este servicio.
Escolta particular: Problema: En la actualidad por lo general éste servicio se brinda solo de Tacna al interior del país. Se observa como principal problema la capacidad ociosa en el retorno de las unidades a la sede principal. Pronóstico: Si este problema persiste en un futuro, la empresa se desarrollará sin la optimización de este proceso contraviniendo los fundamentos de la productividad. Propuesta de Mejora: A través de una plataforma virtual se busca obtener mayor cantidad de servicios al retornar la unidad a su sede central o lugar más cercano.

1. Procesos:

Escolta policial:

Problema:

Consiste en normas obligatorias que asigna el gobierno peruano a través del MTC (Ministerio de Transportes de Comunicaciones), para cargas especiales a nivel nacional, de acuerdo a las características de la carga a especial a transportar centralizándose en la capital.

Pronóstico:

Si persiste este problema no controlado por la empresa, la capacidad de respuesta con sus clientes continuará siendo en muchas ocasiones lenta.

Propuesta de Mejora:

No se propone una mejora debido a que es un problema gubernamental, al cual la empresa no tiene la potestad de controlarlo y está ligado a su disposición y entrega de documentos.

Vía alterna para cargas especiales:

Problema:

Este servicio se brinda esporádicamente exclusivamente para cargas especiales, el cual depende del lugar donde se realice las modificaciones con la empresa contratista, asimismo muchas veces los factores tiempo y sobre costos son los principales obstáculos.

Pronóstico:

Si el problema persiste tendrá una influencia desfavorable en la competitividad.

Propuesta de Mejora:

A través de una plataforma virtual se pretende obtener mayor cantidad de cotizaciones por empresas contratistas, sin tercerización lo más cerca al punto crítico de modificación para el traslado de carga especial.

Seguros:

Problema:

En la actualidad se opera con un “corredor de seguros” en la localidad de Tacna, para asegurar la mercadería siempre y cuando el cliente lo requiera. En la ciudad de Tacna, todos los corredores, son locales y al no manejar economía de escala, sus costos comparativamente son mayores a los corredores de seguros de la capital.

Pronóstico:

Si el problema persiste tendrá una influencia desfavorable en la competitividad.

Propuesta de Mejora:

A través de una plataforma virtual se busca tener una mayor cantidad de corredores de seguros a nivel nacional, con la finalidad de ser más competitivos y brindar un conglomerado de servicios.

1. Procesos:
<p>Cotización: Problema: No existe una sistematización para generar las cotizaciones en tiempo real o lo más pronto posible. Pronóstico: Si el problema persiste, podremos perder clientes actuales y potenciales y a la vez el prestigio de la empresa. Propuesta de Mejora: A través de una plataforma virtual se busca tener una respuesta inmediata y/o en el menor tiempo posible al cliente con respecto a su servicio contratado.</p>
<p>Permisos de Sobredimensión y Sobrepeso Problema: Los permisos son burocráticos y son obligatoriamente presentados vía fax en la ciudad de Lima, cuando son empresas provinciales o extranjeras, ésta última a través de su representante legal, pero si se tramita un permiso desde Lima al interior del Perú, tienen que ser presentados físicamente en mesa de partes. Pronóstico: Si el problema persiste tendrá una influencia desfavorable en la competitividad. Propuesta de Mejora: No se propone una mejora debido a que es un problema gubernamental, al cual la empresa no tiene la potestad de controlarlo y está ligado a su disposición y entrega de documentos.</p>
<p>Representante Legal de empresas Extranjeras: Problema: El proceso requiere una persona física en la capital durante un considerable tiempo de 30 a 60 días por cada cliente nuevo, generando sobre costos. Pronóstico: Si el problema persiste tendrá una influencia desfavorable en la competitividad. Propuesta de Mejora: No se propone una mejora debido a que es un problema gubernamental, al cual la empresa no tiene la potestad de controlarlo y está ligado a su disposición y entrega de documentos.</p>
<p>Proceso de traslado de mercadería directa: Problema: No se observa problemas. Pronóstico: No requiere No se propone una mejora debido a qué No requiere</p>

1. Procesos:

Proceso de traslado de mercadería indirecta:

Problema:

En muchas ocasiones genera demoras en llegar la unidad al centro de carguío, mala presencia de las unidades (antigüedad), falta de implementos de seguridad.

Pronóstico:

Si el problema persiste, se podría generar la pérdida de clientes actuales y potenciales y a la vez el prestigio de la empresa.

Propuesta de Mejora:

Sistematizar el proceso través de la informática.

Procesos de cobros por servicios:

Problema:

Las grandes empresas generan los pagos en un plazo de 30, 60 hasta 90 días entregada la factura, pero las empresas tercerizadas exigen el pago por los servicios antes de descargar.

Pronóstico:

Si el problema persiste tendrá una influencia desfavorable en la competitividad.

Propuesta de Mejora:

Sistematizar los procesos de cobros a través de la informática.

Desempeño de los recursos humanos:

Problema:

No se observa que la empresa tiene en sus planillas empleados con las capacidades y competencias requeridas por la empresa.

Pronóstico:

Sin embargo ante los futuros procesos de sistematización y optimización del operador logístico, el personal podría perder eficiencia.

Propuesta de Mejora:

A mediano plazo se requiere la capacitación del personal en los nuevos sistemas a implementar con la finalidad de no perder eficiencia y ganar competitividad.

Sistemas y equipos de soporte administrativo:

Sistemas de soporte administrativo:

Problema:

Actualmente contamos con un sistema básico de creación de presupuesto para carga especial en Excel, y un sistema de facturas, guía de remisión, CRT con deficiencias al emitirlas.

Pronóstico:

Si el problema persiste tendrá una influencia desfavorable en la competitividad.

Propuesta de Mejora:

Generar sistemas óptimos de acuerdo a las necesidades de los clientes y al tamaño de la empresa.

1. Procesos:

Equipos de soporte administrativo:

Problema:

Contamos con deficiencias de espacio en la oficina, algunos equipos de cómputo relativamente antiguos.

Pronóstico:

Si el problema persiste tendrá una influencia desfavorable en la competitividad.

Propuesta de Mejora:

Adquirir equipos óptimos de acuerdo a las necesidades de los clientes, tamaño de la empresa y de los sistemas a implementar.

Fuente: elaboración propia

3.4. HALLAZGOS

- Procesos

- Procesos de negociación

- Agenciamiento: Tercerización obligatoria

- Depósitos Temporales: Tercerización obligatoria

- Escolta Particular: Capacidad ociosa

- Escolta policial: Rigidez legal

- Vía alterna para cargas especiales: tiempo y costos

- Seguros: Oferta local con precios elevados.

- Cotización: Proceso no sistematizado

- Permisos de Sobredimensión y Sobre peso: Excesiva burocracia e ineficiencia gubernamental.

- Representante Legal de empresas Extranjeras: Burocracia centralizada en la capital.

- Proceso de traslado de mercadería directa: Sin cuellos de botella

- Proceso de traslado de mercadería indirecta: Carencia de empresas para subcontratación a nivel nacional e internacional con todos los requisitos necesarios.

- Proceso de cobro por servicio: No sistematizado ni óptimo

- Desempeño de los recursos humanos: Sin cuellos de botella

- Sistemas y equipos de soporte administrativo:

- Sistemas de soporte administrativo: Sistemas desfasados

- Equipos de soporte administrativo: Equipos insuficientes

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODELO LOGÍSTICO

Con el modelo logístico denominado e-logística se busca obtener un gran tráfico de clientes finales, transportistas y empresas complementarias o relacionadas al transporte de carga, donde pueda encontrar una logística completa para su necesidad, con un precio muy competitivo a través de las pujas online inversas.

4.2. COMPONENTES DEL MODELO LOGÍSTICO

Software

El modelo requiere un software holístico que integre los siguientes procesos básicos que la empresa hasta la fecha lo realiza de manera convencional:

- Registro de Clientes Finales, Transportistas y empresas complementarias.

- Cotización online.

- Búsqueda de empresas catalogadas, que cumplan con los requerimientos.

- Envío de requerimientos vía correo a los proveedores registrados.

- Los proveedores interesados en el servicio, realizarán pujas inversas en tiempo real.

- Las 03 mejores cotizaciones serán enviadas al cliente final, con las respectivas calificaciones del historial de servicios brindados por el transportista o empresas anexas.

- El cliente al aceptar el servicio y elegir su transportista, deberá realizar el pago por adelantado (dependerá de su ranking y categoría).

- El transportista recibirá un porcentaje del servicio en forma de pago adelantado (dependerá de su ranking y categoría).

- El transportista entrega la mercadería al cliente final, y deberá adjuntar el documento de conformidad de entrega.

- El sistema deberá verificar los documentos y realizar la cancelación del servicio.

- Sistema de verificación de datos de los transportistas y empresas complementarias.

Hardware

El modelo requiere una arquitectura informática muy robusta que esté en la Nube trabajando las 24 horas.

Ram: 5Gb

Memoria: 200Gb

Transmisión de datos de entrada: ilimitado

Transmisión de datos de salida: ilimitado

Procesador: 4 núcleos

Portal Web

El modelo requiere un portal web que reúna las siguientes características:

Sistema XAMP: Apache, MySQL, PHP.

Módulo de Headerh (imagen interactiva).

Módulo de menú

Módulo de galería de fotos.

Módulo de registro de cuenta.

Módulo de vista de estado de subasta.

Módulo de contáctanos.

Módulo de clientes conectados online.

Módulo de empresas de transporte afiliadas.

Módulo de clientes afiliados.

Módulo de chat online.

Módulo de empresas anexas.

5. CONCLUSIONES

En base al diagnóstico realizado en la presente memoria, se decidió diseñar un modelo logístico (e-logística) sustentado en las tendencias virtuales de los departamentos funcionales, que hoy persiguen las modernas organizaciones que pretenden expandirse y diversificarse internacionalmente, acompañados con el comercio electrónico, un ERP basado en la web, sniper inverso, con una interacción B2B, permitiendo reducir sobre costo.

De acuerdo al diagnóstico realizado en la empresa se detectó una serie de “cuellos de botellas” que impiden obtener una mejor productividad, y por ende una mejor rentabilidad. El diagnóstico permitió detectar las variables que impiden ofrecer de manera más eficiente y eficaz los servicios logísticos de la empresa. Y en síntesis las variables deficitarias están asociadas directamente a procesos manuales, que por su naturaleza genera más costos y gastos a la empresa.

El estudio presenta el diseño de un modelo logístico, cuya finalidad es sistematizar las operaciones del operador logístico, fundamentado en la integración: hardware - software - plataforma virtual - recursos. El referido modelo pretende revolucionar los procesos convencionales propios de los operadores logísticos.

En la empresa se detectó una serie de “cuellos de botellas” que impiden obtener una mejor productividad, y por ende una mejor rentabilidad. El diagnóstico permitió detectar las variables que impiden ofrecer de manera más eficiente y eficaz los servicios logísticos de la empresa.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballou, R. (1987). *Basic business logistics: Transportation, materials management, physical distribution*. (2a. Ed.) Nueva Jersey, EE.UU.: Prentice Hall.

Ballou, R. (2000). *Logística: Administración de la Cadena de Suministros*. (5a Ed.) México D.F., México: Pearson Educación.

Castellanos, A. (2009). *Manual de Gestión Logística del Transporte y Distribución de Mercancías*. Barranquilla, Colombia: Ediciones Uninorte.

Christopher, M. (2000). *Logística. Aspectos estratégicos*. México D. F., México: Noriega Editores.

Daniels, J., Radebaugh, L. y Sullivan, D. (2010). Negocios Internacionales: Ambientes y Operaciones (12a. Ed.) México D.F., México: Pearson.

Real Academia de Lengua Española. (2014). Diccionario de la Real Academia Española. (23a. Ed.). Recuperado de: <http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae>

Gómez, J. (2013). Gestión Logística y Comercial. Madrid, España: McGraw Hill Interamericana de España.

Green, R. y Rodríguez, M. (2005). Mercados Agroalimentarios y Globalización: Perspectivas para las producciones mediterráneas. Madrid, España: RUMAGRAF S.A.

Lourenco, H.R. (2000-2005). E-Logistics. Barcelona, España: Gestión.

Rincón, E. (2006). Contratación Electrónica. Bogotá D.C., Colombia: Centro Editorial Universidad del Rosario.

Seoane, E. (2005). La nueva era del comercio: El Comercio Electrónico. Vigo, España: Ideas propias.

Stock, J. y Lambert, D. (2001). Administración Logística Estratégica. (5a. Ed.) México D.F., México: Mc Graw Hill.

Torres, E. (2007). Implicaciones de la logística en el comercio electrónico sobre la satisfacción del cliente final interactivo. Télématique, 6(1), pp. 208-223.

CONSEJO EDITORIAL

Director

Víctor Gisbert Soler

Editores adjuntos

María J. Vilaplana Aparicio

Inés Poveda Pastor

Vicente Sánchis Rico

Editores asociados

David Juárez Varón

F. Javier Cárcel Carrasco

COMITÉ CIENTÍFICO TÉCNICO

Área textil	Prof. Dr. Josep Valldeperas Morell Universidad Politécnica de Cataluña, España
Área financiera	Prof. Dr. Juan Ángel Lafuente Luengo Universidad Jaume I; Castellón de la Plana, España
Organización de empresas y RRHH	Prof. Dr. Francisco Llopis Vañó Universidad de Alicante, España
Estadística; investigación operativa	Prof. Dra. Elena Pérez Bernabéu Universidad Politécnica de Valencia, España
Derecho	Prof. Dra. María del Carmen Pastor Sempere Universidad de Alicante, España
Ingeniería y tecnología	Prof. Dr. David Juárez Varón Universidad Politécnica de Valencia, España
Tec. de la información y la comunicación	Prof. Dr. Manuel Llorca Alcón Universidad Politécnica de Valencia, España
Medicina y salud	Dra. Mar Arlandis Domingo Hospital de San Juan de Alicante, España



tecnología

Glosas de innovacion aplicadas a la pyme