

H T S
H T S
aphs by plato

CULCYT

Cultura Científica y Tecnológica

ISSN: 2007 - 0411

Especial 2017

H U M A N
C I V I L
H U M A N
C I V I L





**Universidad Autónoma
de
Ciudad Juárez**

Directorio

Lic. Ricardo Duarte Jáquez

Rector

§

MC David Ramírez Perea

Secretario General

§

Mtro. Francisco López Hernández

Director

Instituto de Ingeniería y Tecnología

§

Mtro. Ramón Chavira Chavira

**Dirección General de Difusión
Cultural y Divulgación Científica**

Taller Editorial CULCyT

Instituto de Ingeniería y Tecnología
Av. Del Charro 619 Nte.
Edificio "E", 2º Piso, 210-C

CULCyT se fundó en diciembre de 2003 como parte del Programa para la Formación de Investigadores del IIT. Lanzó su primer número en abril de 2004.

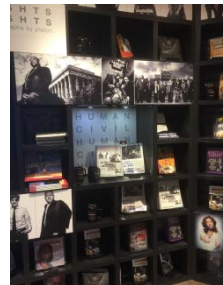
CULCyT

Fundador y Director Editorial

Dr. Victoriano Garza Almanza

Comité Editorial

Dra. Lucy Mar Camacho	TEXAS A&M
Dr. Pedro Cesar Cantú	UANL
Dr. Miguel Domínguez	UACJ
Dra. Claudia García	ITSON
Dr. Victoriano Garza	UACJ
Dra. Ana Bertha Gatica	UACJ
Dr. Víctor Hinostrroza	UACJ
Dra. Libertad Leal	UANL
Dr. Abraham L. López	UACJ
Dr. Jorge Rodas Osollo	UACJ
Dr. Jorge Salas Plata	UACJ
Dr. Barry Thatcher	NMSU



PORTADA

Human Rights

Atlanta

Foto VGA

CULCyT. Cultura Científica y Tecnológica.

Año 14, Núm. 63, Septiembre-Diciembre, Especial 2017. Es una publicación académica multidisciplinaria publicada cuatrimestralmente por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, a través del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT), desde el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental (DICA). Av. Del Charro 619 Nte., CP 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, Teléfono/fax (656) 688 4800 al 09.

Correo electrónico: vgarza@uacj.mx y/o culcyt2014@gmail.com

Editor responsable: Dr. Victoriano Garza Almanza.

Reserva de Derecho al Uso Exclusivo No. 04-2010-113011261700-102

ISSN: 2007-0411

Webmaster: Mtro. Fernando Olea

Web: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt>

CULCyT Cultura Científica y Tecnológica tiene como misión contribuir a la formación integral de los jóvenes universitarios y fomentar el interés público por la ciencia y la tecnología.

Colaboraciones: Enviarlas directamente al Director Editorial.

Los artículos firmados son responsabilidad de sus autores.

Se autoriza la reproducción total o parcial, siempre y cuando se cite la fuente.

CULCYT

CONTENIDO

Septiembre – Diciembre, 2017. Año 14, N° 63. N° Especial

ARTICULOS ORIGINALES

- 5 **Determinación de factores críticos de éxito para la implementación de programas de ergonomía en la industria maquiladora en Ciudad Juárez**
CR Alférez Padrón y AA y AA Maldonado Macías
- 11 **Sistema de localización de equipo basado en GPS**
FJ Enríquez Aguilera, G Bravo Martínez, JM Silva Aceves, AE Quezada Carreón, FF Álvarez Sánchez
- 23 **Sistema de visión para inspección de etiquetas para la industria médica**
G Bravo Martínez, FJ Enríquez Aguilera, JM Silva Aceves, RA Escudero Conde, R Vázquez Ávila
- 34 **Guía teórico metodológica para la adopción de la logística sustentable en la industria**
V Cordero Balind, V Torres Argüelles, A Hernández Gómez y S Noriega Morales
- 49 **Evolución de los sistemas de soporte a la toma de decisiones**
A Castro Vásquez, G Bravo Martínez, F Enríquez Aguilera, MV Linares Gil
- 61 **Validación de encuesta para determinar la flexibilidad de cadena de suministro**
N Ibarra Hernández, JL García Alcaraz, JR Mendoza Fong, V Martínez Loya
- 71 **Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para la mejora de procesos**
LA Mireles Salinas y FJ Estrada Orantes
- 88 **Impacto de las técnicas de producción y las prácticas de calidad en los beneficios JIT**
T Molina Salazar, JL García Alcaraz, AA Maldonado Macías y L Rico Pérez
- 102 **Control estadístico multivariante de proceso aplicado en la industria**
OJ Argumedo, RD Molina Arredondo, EA Martínez Gómez y JA Hernández Gómez

- 117 **Sistema de monitoreo de consumo eléctrico inalámbrico y analizador de la calidad de la energía**
R Acosta Tejeda, LC Méndez González, F Lom Monarrez
- 130 **Diseño en línea y validación de un instrumento que identifica los aspectos clave en la contratación de servicios 3PL**
JC Delgadillo Holguín, L Avelar Sosa, PI Ortega Gámez, JL García Alcaraz
- 149 **Impacto de los estilos de aprendizaje de los alumnos de física y su relación con el bajo aprovechamiento académico**
J Royval, J Hernández, O Ruiz Chávez, J Luna González y J Ochoa Eduardo
- 158 **Uso del software Microsoft Excel como medio de comprobación de los procesos de integración**
O Ruiz Chávez, J Luna González, LJ Royval, MC Salazar Álvarez, EJ Loera Ochoa, F Hermosillo Pérez
- 169 **Cámara climática portable para el transporte de órganos humanos y animales**
I Faudoa, R Gonzalez, E Sifuentes, J Díaz, A Gandara, D Garcia, A Quezada y J Cota
- 187 **Evaluación de un proceso productivo para la adopción de la logística inversa**
KC Estrada Jerez, SV Torres Argüelles y AI Flores Vela
- 204 **Metodología para la aplicación de Seis Sigma en la pequeña y mediana empresa**
RI García Domínguez, R Romero López, PC Parroquin Amaya
- 212 **Mejora en la flexión del concreto hidráulico utilizando el diseño de experimentos con mezclas**
MJ Gómez Payan, R Romero López, MI Rodríguez Borbón y A Alvarado Iniesta
- 227 **Validación por expertos de un instrumento para la identificación de habilidades y competencias de un profesional en el área de logística**
AC Matheus Marín, R Romero López, PC Parroquin Amaya
- 239 **Impacto de atributos verdes en proveedores en beneficios operativos y marketing**
JR Mendoza Fong, JL García Alcaraz, AA Maldonado y L Rico Pérez
- 264 **Análisis de pruebas de vida acelerada aplicadas a un sensor de nivel de gasolina de La industria automotriz**
W Ocampo Arvizu, RD Molina Arredondo, R Romero López, MI Rodríguez Arredondo
- 279 **Criterios para la selección de un proveedor 3PL**
PI Ortega Gámez, L Avelar Sosa, JG Palacios Valerio y E Barrón López

- 289 **Ciclo de vida de compañías manufactureras de Ciudad Juárez, México, bajo la perspectiva del diseño industrial**
P Peinado Coronado, D Cortés Sáenz, L Soto Nogueira, JM Madrid Solórzano
- 301 **Estrategias de enseñanza-aprendizaje en un curso de graficación para un estudiante invidente**
JS González Campos, IH Robledo Portillo, JA Acosta Favela, CAO Ortiz Zezzatti, R Noriega Armendáriz
- 313 **¿Cuáles son los efectos que produce el acoso laboral en ambientes laborales?**
FJ García Heredia y S Guillén Rodríguez
- 330 **Determinación del síndrome de burnout en mandos medios y superiores de la industria maquiladora de Ciudad Juárez, chihuahua**
OD Armenta, AA Maldonado Macías y JL García Alcaraz
- 339 **Importancia de la función de liderazgo para quienes dirigen las instituciones de educación superior**
FG García Heredia
- 351 **Bienestar animal, una verdadera actitud hacia los animales o una simple “moda” de nuestros tiempos**
MVM Alonso y R. B. Alvarado
- 354 **Labrador hembra con distensión y dolor abdominal**
MVM Alonso y RB Alvarado

Determinación de Factores Críticos de Éxito para la implementación de programas de ergonomía en la industria maquiladora en Ciudad Juárez: Revisión de literatura

Cesar Roberto Alférez Padrón, Aidé Aracely Maldonado Macías

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Resumen: Para mantenerse en el mercado, muchas empresas han tenido la necesidad de buscar información. Esta información debe ser sencilla y clara. Los factores críticos de éxito un número limitado de áreas en las que los resultados, si éstos son satisfactorios, garantizarán un rendimiento competitivo exitoso para la organización. En este artículo se realiza una revisión de literatura para describir la relación entre los beneficios y los factores críticos de éxito. La búsqueda se realizó buscando términos como Ergonomía, factores críticos y beneficios en las bases de datos como ScienceDirect, Ebsco, Springer Link, Universia periodos de octubre del 2015 a mayo del 2016. Como resultados, se incluyeron 14 artículos que cumplieron con el criterio de búsqueda establecido y se organizaron en una tabla comparativa por autor, por herramienta, y beneficio del programa de Ergonomía. Con el objetivo de que sean un apoyo para que las empresas tomen decisiones correctas al implementar programas de Ergonomía por los múltiples beneficios ofrece el programa para el empleado, la empresa y los clientes. Además de que los resultados expuestos en este artículo sirvan como apoyo para futuras investigaciones

Palabras Clave: Ergonomía, Factores Críticos de Éxito, Beneficios

1. INTRODUCCIÓN

Los trastornos músculo-esqueléticos que se originan en el ámbito laboral, son la primera causa de baja en los trabajadores (Gardea, Savilla, & García, 2015). Para los trabajadores estas lesiones producen sufrimiento, disminución de la capacidad productiva y reducción de salario (Gardea et al., 2015). La necesidad por preservar la salud de los trabajadores ha reportado un crecimiento en

los últimos años y se ha basado en los programas de Ergonomía, pero, a pesar de los diversos estudios que se han hecho, no hay información suficiente sobre los factores que afectan el éxito de la implementación de dichos programas en la industria manufacturera. En el presente artículo se busca conocer cuáles son los factores críticos que tienen un efecto directo o indirecto en la implementación exitosa de programas de Ergonomía.

Las organizaciones están apreciando cada vez más a la Ergonomía por los beneficios asociados con la aplicación de programas enfocados al diseño de los lugares y puestos de trabajo (Haines & Wilson, 1998). Por ejemplo enfatiza algunos beneficios de la Ergonomía reducción de la tasa de accidentes, disminución del cansancio crónico y los costos por re-trabajo, el incremento de la moral, la productividad y la calidad del producto, el cumplimiento con la normatividad y el entorno de trabajo confortable (Beevis, 2003; Rajanen, 2003; Rensink & van Uden, 2006). Es por esta la relevancia que tiene la Ergonomía en las áreas de trabajo.

La globalización, la competencia extranjera, los retos y los cambios en la tecnología, ha impactado a las empresas. Para mantenerse en el mercado, muchas empresas han tenido la necesidad de buscar información. Esta información debe ser sencilla y clara, por ejemplo Daniel (1961), indica que la información a los directivos debe centrarse en el éxito de la organización de tal forma que establezcan sistemas de información que faciliten la planificación y una gestión adecuada. Estos conceptos fueron destacados por Bullen & Rockart (1981), quien propone el concepto de Factores Críticos de Éxito (FCE), definiendo de la siguiente manera: “Los FCE son, para cualquier negocio, un número limitado de áreas en las que los resultados, si éstos son satisfactorios, garantizarán un rendimiento competitivo exitoso para la organización. Estas son áreas principales donde las cosas deben ir bien para que el negocio florezca: si los resultados en dichas áreas no son los adecuados, los esfuerzos de la organización, para ese período, no estarán definidos y los objetivos de gestión no podrán ser alcanzados”. A partir del concepto de FCE, Bullen & Rockart (1981) enfatiza FCE y su aplicación en: la industria, en el proceso de Benchmarking, proceso de reingeniería, estrategia competitiva y desarrollo, como base para la comunicación de prioridades gerenciales, apoyo de factores ambientales, sucesos temporales y posiciones gerenciales.

El objetivo del siguiente artículo es una revisión de literatura de diversos autores que han descrito factores de éxito de la implementación de la Ergonomía y que sirvan como apoyo para

futuras investigaciones, para realizar estudio por medio de cuestionarios o elaboración de constructos.

2. METODOLOGÍA

La revisión de documentos es muy importante para identificar factores críticos de éxito, analizar la competencia y ambiente de negocios (González & Rodenes, 2007). Para revisión de literatura se buscaron mediante la inclusión de palabras clave por ejemplo Ergonomía, factores críticos, beneficios en términos en español y en inglés en las bases de datos como ScienceDirect, Ebsco, Springer Link, Universia en los periodos de Octubre del 2015 a Mayo del 2016.

3. RESULTADOS

Algunos autores han investigado y encontrado algunas coincidencias en la identificación de los FCE. En la Tabla 3.1 se presentan los principales factores críticos de éxito reportado por diversos autores.

Tabla 3.1 Factores críticos de éxito en la adopción de un programa de Ergonomía

Factores Críticos	Autor							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
1. Apoyo de la Gerencia	x		x	x	x	x		5
2. Identificar las áreas críticas del proceso		x	x					2
3. Capacitar y entrenar en temas de Ergonomía	x	x	x	x	x	x		6
4. Involucrar al empleado			x	x	x	x	x	5
5. Realizar juntas del equipo multidisciplinario		x		x		x		3
6. Gestionar recursos económicos	x		x	x		x		4
7. Gestionar materiales para la realización del programa	x					x		2
8. Crear de un equipo multidisciplinario	x	x	x	x		x		5
9. Tener un canal de comunicación	x	x	x			x		4
10. Crear un plan de Ergonomía		x						1
11. Establecer prioridades			x					1
12. Analizar las soluciones con un equipo multidisciplinario		x	x	x		x		4
13. Crear un informe de las soluciones		x		x				2
14. Evaluar las soluciones con un grupo multidisciplinario		x		x	x	x		4
15. Controlar y prevenir los peligros			x					1
16. Continuidad	x	x	x		x	x		5

1 (Institute for Work & Health, 2008) 2 (Rensink & van Uden, 1999) 3 (Occupational Safety and Health Association & American Apparel and Footwear Association, 2007) 4 (Occupational Safety and Health Association Oregon, 2013) 5 (Occupational Safety and Health Association, 2013) 6 (Gardea et al., 2015) 7 (MacLeod, 2003)

El objetivo del ergonomista es desarrollar sistemas y productos que aumenten la productividad, y que minimicen riesgo de lesión y enfermedades a los trabajadores (Fernández et al., 2010). Asimismo, Portillo, Gómez, Palacios & Gutiérrez, (2009) describen que es importante que las empresas realicen programas y planes de acción que permitan realizar mejoras para evitar que los trabajadores se lesionen. En la Tabla 3.2 se observan los principales beneficios de la adopción de programa de Ergonomía según algunos autores.

Tabla 3.2 Beneficios de la adopción de un Programa de Ergonomía

Beneficio	Autor							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
1. Reducción en la tasa de por accidentes, lesiones o enfermedades de trabajo	x	x	x	x	x	x	x	7
2. Reducción de la tasa de compensación de empleados	x		x		x	x	x	5
3. Mejora de la higiene en el trabajo (toxicidad, ruido, etc.) y reducción del consumo de energía	x		x				x	3
4. Reducir / eliminar el estrés físico / mental del empleado	x	x				x	x	4
5. Aumento del nivel de confort de las condiciones ambientales	x		x					2
6. Reducción de las incomodidades	x						x	2
7. Incremento de la participación y de la moral en toda la organización	x	x	x				x	2
8. Aumento de la motivación y de las habilidades de los empleados	x	x						2
9. Incremento de una actitud positiva en directivos y empleados e incremento de la autoestima del empleado	x	x					x	2
10. Aumento de la posibilidad de promociones	x	x					x	2
11. Mejorar en la Calidad del producto y el mantenimiento de los equipos	x					x	x	3
12. Disminución de los errores	x					x		2
13. Uso eficiente del tiempo de trabajo	x					x		2
14. Incremento de la productividad		x	x	x	x		x	5
15. Disminución de días perdidos a causa de accidentes, lesiones o enfermedades de trabajo	x				x		x	3
16. Reducción de desperdicio y retrabajo	x			x	x	x	x	4
17. Mejora de la imagen de la empresa / reputación	x							1
18. Recuperación de la inversión y reducción de demoras	x				x			1

1 (Rensink & van Uden, 1999) 2 (Occupational Safety and Health Association & American Apparel and Footwear Association, 2007) 3 (Occupational Safety and Health Association Oregon, 2013) 4 (Stanton & Baber, 2003) 5 (Goggins, Spielholz, & Nothstein, 2008) 6 (Joseph, 2003) 7 (Munck-Ulfsfält, Falck, Forsberg, Dahlin, & Eriksson, 2003)

4. CONCLUSIONES

La identificación de los factores críticos de éxito, son un apoyo para que las empresas apuesten y tomen decisiones correctas al implementar programas de Ergonomía por los múltiples beneficios que ofrece el programa para el empleado, la empresa y los clientes. Además de que los resultados expuestos en este artículo sirvan como apoyo para futuras investigaciones.

5. REFERENCIAS

- Beevis, D. (2003). Ergonomics—Costs and Benefits. *Applied Ergonomics*, 34(5), 491–496.
- Bullen, C. V., & Rockart, J. F. (1981). A primer on critical success factors. *Working Papers*, (69), 1–64.
Retrieved from <http://ideas.repec.org/p/mit/sloanp/1988.html>
- Daniel, R. (1961). Management Information Crisis. *Harvard Business Review*, (39), 110–121.
- Fernández, J., Marley, R., Noriega, S., & Ibarra, G. (2010). Introducción y Antecedentes. In *Ergonomía Ocupacional* (1er ed., pp. 1–14). Ciudad Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Gardea, R., Savilla, M. J., & García, A. M. (2015). El método ERGOPAR: Un procedimiento de ergonomía participativa para la prevención de trastornos musculoesqueléticos de origen laboral. *Paralelo Edición, SA.*, 1(1).
- Goggins, R. W., Spielholz, P., & Nothstein, G. L. (2008). Estimating the effectiveness of ergonomics interventions through case studies: implications for predictive cost-benefit analysis. *Journal of Safety Research*, 39(3), 339–44. <http://doi.org/10.1016/j.jsr.2007.12.006>
- González, D., & Rodenes, M. (2007). Critical Success Factors in the Software Industry and Their Relation with Strategic Business Orientation: An Empirical-Exploratory Study. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 4(1), 47–70.
- Haines, H. M., & Wilson, J. R. (1998). Development of a framework for participatory ergonomics.pdf. *Health and Safety Executive*, 1–72. Retrieved from http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/1998/crr98174.pdf
- Institute for Work & Health. (2008). Sharing Best Evidence: Factors for Success in Participatory

- Ergonomics, (March), 1–4. Retrieved from <http://www.iwh.on.ca/sharing-best-evidence>
- Joseph, B. S. (2003). Corporate ergonomics programme at Ford Motor Company. *Applied Ergonomics*, 34(1), 23–28. [http://doi.org/10.1016/S0003-6870\(02\)00080-7](http://doi.org/10.1016/S0003-6870(02)00080-7)
- MacLeod, I. S. (2003). Real-world effectiveness of Ergonomic methods. *Applied Ergonomics*, 34(5), 465–477. [http://doi.org/10.1016/S0003-6870\(03\)00066-8](http://doi.org/10.1016/S0003-6870(03)00066-8)
- Munck-Ulfsfält, U., Falck, A., Forsberg, A., Dahlin, C., & Eriksson, A. (2003). Corporate ergonomics programme at Volvo Car Corporation. *Applied Ergonomics*, 34(1), 17–22. [http://doi.org/10.1016/S0003-6870\(02\)00079-0](http://doi.org/10.1016/S0003-6870(02)00079-0)
- Occupational Safety and Health Association. (2013). Prevention of Musculoskeletal Injuries in Poultry Processing. *U. S. Department of Labor*, p. 40. Estados Unidos. Retrieved from <https://www.osha.gov/SLTC/ergonomics/>
- Occupational Safety and Health Association, & American Apparel and Footwear Association. (2007). A Guide to Implementing an Ergonomics Process Work Group Participants. *A Guide to Implementing an Ergonomics Process*, 2, 4,5.
- Occupational Safety and Health Association Oregon, ; (2013). The Advantages of Ergonomics, 5. Retrieved from <http://www.cbs.state.or.us/osha/pdf/ergo/ergoadvantages.pdf>
- Portillo, M. T. E., Gómez, A. H., Palacios, J. G., & Gutiérrez, C. V. (2009). Analisis De Los Factores Que Provocan Lesiones y/o Accidentes De Trabajo. *Congreso Internacional de Ergonomía SEMAC*.
- Rajanen, M. (2003). Usability Cost-Benefit Models – Different Approaches to Usability Benefit Analysis. *Proceedings of 26th Information Systems Research Seminar In Scandinavia (IRIS26)*, Haikko, Finland.
- Rensink, H. J. T. ., & van Uden, M. E. J. . (1999). Human factors engineering in petrochemical projects: Part II. *Shell International*, 135–143.
- Rensink, H. J. T. ., & van Uden, M. E. J. . (2006). The development of a human factors engineering strategy in petrochemical engineering and projects. In W. Karwowski (Ed.), *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (2nd ed., pp. 2577–2583). United States: Taylor & Francis Group.
- Stanton, N. A., & Baber, C. (2003). On the cost-effectiveness of ergonomics. *Applied Ergonomics*, 34(5), 407–411. [http://doi.org/10.1016/S0003-6870\(03\)00060-7](http://doi.org/10.1016/S0003-6870(03)00060-7)

SISTEMA DE LOCALIZACIÓN DE EQUIPO BASADO EN GPS

Francisco Javier Enríquez Aguilera, Gabriel Bravo Martínez, Jesús Martín Silva Aceves, Abel Eduardo Quezada Carreón, Fredy Fernando Álvarez Sánchez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: fenrique@uacj.mx

Resumen

Los sistemas de localización basados en la tecnología del Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en Ingles), han ido adquiriendo importancia en la industria y la vida cotidiana, ya que permiten localizar un dispositivo y visualizar la información de su ubicación en una computadora. En este trabajo se presenta una alternativa para incluir un sistema de seguimiento en equipos o herramientas que por su costo así lo requiera. Se diseñó un sistema de localización basado en GPS capaz de enviar y almacenar información de su ubicación periódicamente, además se puede visualizar la posición en una interfaz de usuario realizada en LabVIEW, la cual se conecta al servidor de aplicaciones de mapas en la web (Google Maps). En caso de que no se tenga señal en el GPS se almacenará la última ubicación conocida. El sistema está basado en un Arduino YÚN, Temboo, Dropbox y el Adafruit Ultimate GPS Breakout.

Palabras Claves: Dropbox, GPS, LabVIEW, Temboo, YÚN.

Introducción

Actualmente, las unidades de seguimiento global (USG) que utilizan el sistema GPS, han sido de gran utilizad para solucionar diversos tipos de problemas a lo largo de los años. A continuación, se mostrarán algunos de los trabajos en los que se han utilizado esta tecnología, los cuales de

alguna manera han resuelto cierto problema en específico. Shi et. al. desarrollaron un “Sistema Punto Preciso en tiempo Real de valoración del vapor de agua”, a base de localización GPS que supervisa y pronostica un estimado de precipitaciones pluviales. Lo anterior aprovechando que el Sistema global de navegación por satélite (GNSS por su acrónimo en inglés), desde abril del 2013 libero la órbita GPS de reloj en tiempo real y sus productos [1]. En el 2015 J. Petrek diseñó un nuevo sistema de búsqueda y rescate basado en GNSS como GPS, GLONAS o Galileo, donde se resalta la eficacia del mismo. Además, se complementa con la ayuda de la tecnología 3G de telefonía celular y se ofrece un servicio de localización exacta y rápida, el sistema es capaz de funcionar en áreas sin cobertura de red móvil terrestre para millones de usuarios de la tecnología 3G [2]. En el trabajo publicado por Chew et. al., se estudian los fenómenos que corresponden a la vegetación cercana a diferentes estaciones terrestres que laboran con sistemas GPS y como dicha vegetación causa interferencia en las señales que recibe, por ejemplo: cuando la vegetación tiene un parámetro de altura y humedad, esto perturba la sensibilidad en cambios de amplitud y fase en las señales recibidas por la USG. Estas mismas afectaciones contribuyen para poder medir la cantidad de vegetación [3].

Métodos

El primer punto considerado para realizar el proyecto fue encontrar una tarjeta basada en microcontrolador la cual se pudiera conectar al módulo GPS y que tuviera la capacidad de conectarse a internet mediante una conexión inalámbrica, para poder así localizar el equipo mediante la interpretación y programación de los datos que el módulo ofrece. Habiendo mencionado lo anterior, la tarjeta seleccionada fue la Arduino Yún gracias a sus características y versatilidad. La programación se realizó utilizando el IDE de Arduino y se agregaron las librerías necesarias para poder trabajar con los elementos de hardware del sistema. El módulo GPS seleccionado para el trabajo fue el “Ultimate GPS Breakout V3”, el cual está basado en el circuito integrado MTK3339, puede seguir un total de 22 satélites en 66 canales, cuenta con antena integrada y utiliza 20mA durante la navegación. Para el método de alerta se utilizaron utilidades y procesos listos para ejecutarse en el Arduino Yún nombrados choreos (en especial el que utiliza la el servicio de alojamiento en la nube Dropbox) abarcados en la plataforma Temboo. En la figura 1 se muestra el camino que sigue la información obtenida sobre la localización del sistema desde el sistema satelital GPS hasta el proveedor de servicios de

almacenamiento en la nube Dropbox. Como se puede apreciar el Arduino Yún tiene la función de comunicarse con el microcontrolador de la USG mediante comunicación serial y además el microcontrolador de la Yún se comunica por medio de la librería “Puente” (Bridge), al microprocesador Atheros AR 9331, el cual contiene un sistema operativo basado en Linux que a su vez se puede comunicar con las diversas interfaces que contiene como son: WiFi, Ethernet, USB y tarjeta SD.

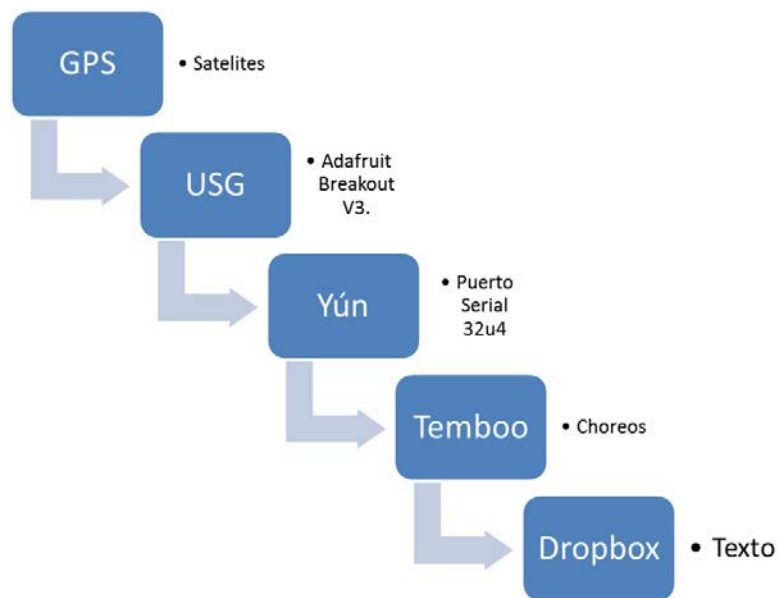


Figura 1 Diagrama del flujo básico del sistema.

Para poder utilizar la Arduino® Yún dentro de una red inalámbrica se tuvo que configurarla previamente, esto para para identificarla y accederla mediante la dirección *Internal Protocol* (IP, por sus siglas en inglés) asignada por un *router* o por medio de la dirección *Uniform Resource Locator* (URL, por sus siglas en inglés) que viene por defecto, esto con el fin de poder cargar los programas al microcontrolador por medio de la red Wi-Fi.

Todos los módulos de GPS se han construido con una antena de parche, esta antena ofrece -165 dBm de sensibilidad y es perfecta para muchos proyectos, sin embargo, para poder poner este proyecto en un estuche fue necesario utilizar una antena activa externa. Se seleccionaron antenas omnidireccionales, una para el módulo Wi-Fi del Arduino® Yún y otra para el módulo GPS, dichas antenas cuenta con un conector RP-SMA por lo que fue necesario utilizar un adaptador

uFL (*Ultra Small Surface Mount Coaxial Connectors*), en la figura 2 se muestra la conexión del adaptador con el módulo GPS y la antena externa.

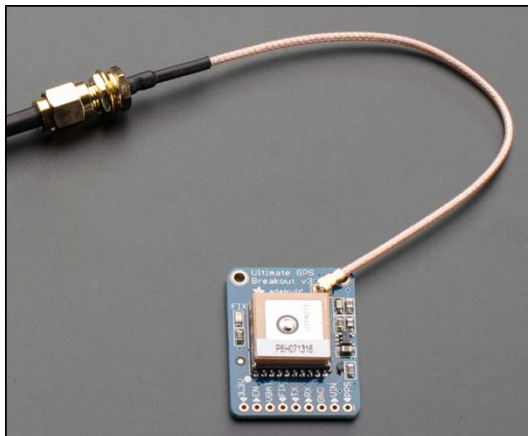


Figura 2 Conexión del módulo GPS con la antena externa.

En la figura 3 se muestra el esquema del hardware (realizado en el software Fritzing), utilizado para este trabajo, se anexa una batería recargable de 3000mAh, que da autonomía y portabilidad al prototipo.

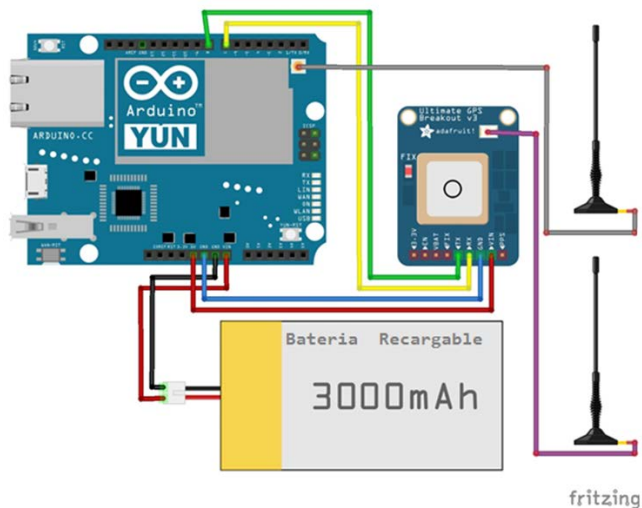


Figura 3 Esquema del sistema.

Temboo proporciona acceso normalizado a más de 100 API desde un único punto de contacto que le permite mezclar y analizar datos de los elementos procedentes de múltiples plataformas (por ejemplo, Twitter, Facebook, etc.). Se trata de un lugar para trabajar con Yún en la nube, en

la figura 4 (obtenida de [4]), se describe en un diagrama la interacción de un sensor hasta llegar a los servicios de Temboo. En el presente trabajo se inicia desde la recepción del mensaje NMEA provenientes del sistema GPS hasta el almacenamiento virtual de la posición en Dropbox para su posterior análisis. Dichos servicios son gratuitos por lo que han sido de gran utilidad para el desarrollo de este proyecto.

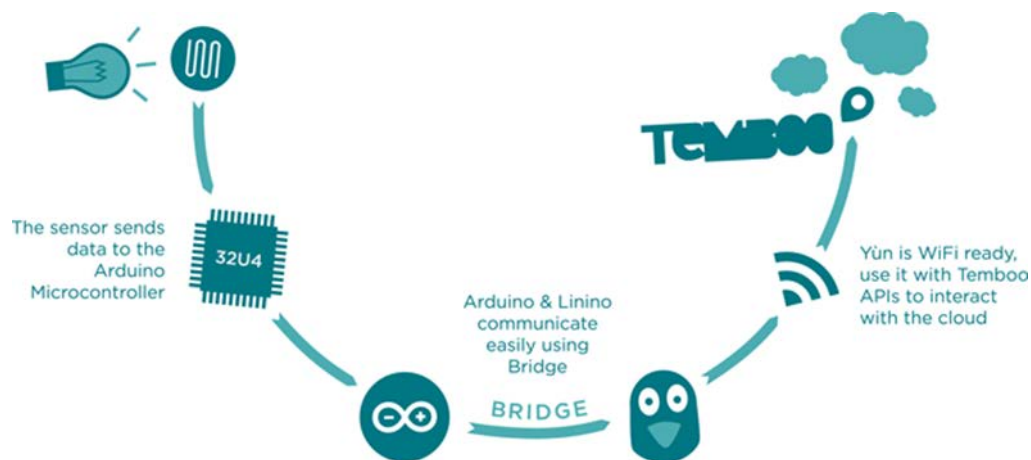


Figura 4 Conexión a servicios de Internet del Arduino Yún con Temboo.

La función Choreo a utilizar en la pestaña *Code Gen* en la página de Temboo se configura para subir un archivo dentro de las opciones de Dropbox> FilesAndMetadata>UploadFile. La pantalla se puede visualizar en la figura 5. En esta pantalla interactiva se generarán diferentes códigos y claves de acceso a la cuenta de Temboo y la aplicación configurada en las opciones de desarrollador de Dropbox. Una forma práctica de elaboración de código es la utilización de esta opción e ingresar los datos y claves necesarios, posterior a eso en un recuadro de texto se genera el código para la IDE de Arduino®.

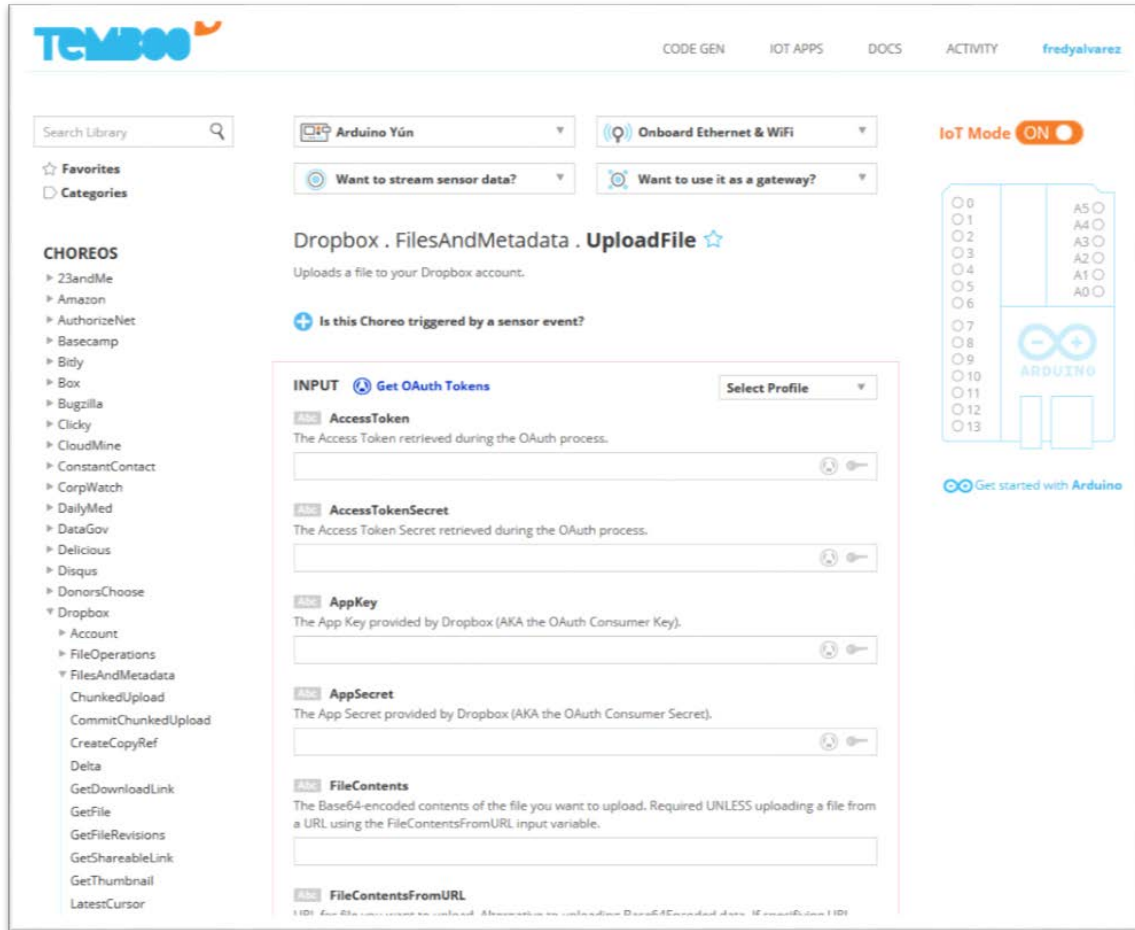


Figura 5 Configuración de Temboo para el uso con Dropbox.

Resultados

En la figura 6 se puede apreciar físicamente el prototipo elaborado, se trató de simular lo más posible al estuche que contiene el equipo para Certificación de Redes del Departamento de redes y comunicaciones de la UACJ. El equipo mencionado para el cual se diseñó el prototipo como primera opción de aplicación es el utilizado para la certificación de toda la infraestructura de red dentro de los diversos institutos e inmuebles a los cuales la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez le brinda servicio de instalación, administración y mantenimiento de la Red.



Figura 6 Imágenes del prototipo final.

Para realizar las pruebas de funcionamiento del prototipo terminado se utilizó la Red Inalámbrica o WLAN (*Wireless Local Area Network* por sus siglas en Inglés) de la misma Institución. Dentro de ella se trazaron dos recorridos que se utilizaron en diversas ocasiones para tomar datos generales del Localización del Sistema. En la figura 7 se aprecia una vista de mapa de la ubicación exacta de la red utilizada.

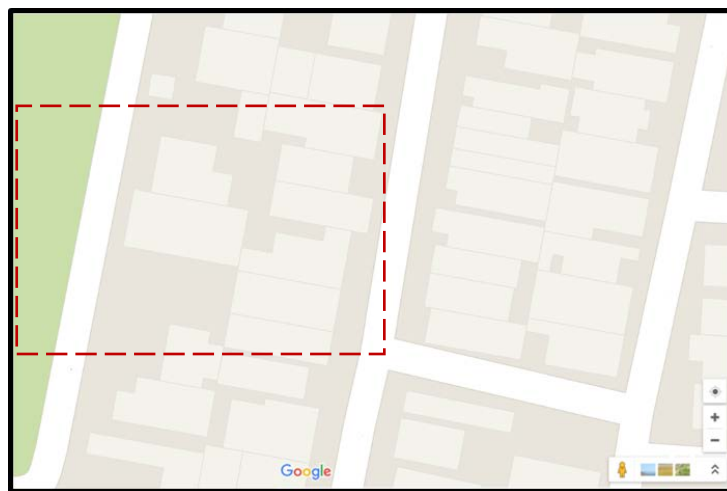


Figura 7 Vista de mapa local (Google maps).

En la siguiente tabla (Tabla 1) se muestran los mensajes recibidos con el código inicial de pruebas del sistema, con los que se define un muestreo estático base para trabajar la información recibida.

Tabla 1 Muestreo estático.

\$GPGGA,015524.000,3143.0381,N,10626.9020,W,2,08,0.99,1125.0,M,-26.3,M,0000,0000*68
\$GPRMC,015524.000,A,3143.0381,N,10626.9020,W,0.21,148.39,050516,,D*7A
\$GPGGA,015525.000,3143.0381,N,10626.9019,W,2,08,0.99,1125.0,M,-26.3,M,0000,0000*63
\$GPRMC,015525.000,A,3143.0381,N,10626.9019,W,0.18,146.31,050516,,D*7D
\$GPGGA,015526.000,3143.0381,N,10626.9019,W,2,08,0.99,1125.0,M,-26.3,M,0000,0000*60
\$GPRMC,015526.000,A,3143.0381,N,10626.9019,W,0.23,182.65,050516,,D*7F

Posterior a la definición del muestreo estático se realizaron pruebas secundarias definitivas creado un ambiente controlado siguiendo una orientación de Norte a Sur, programando el sistema para un muestreo sencillo como se puede apreciar en la figura 8.

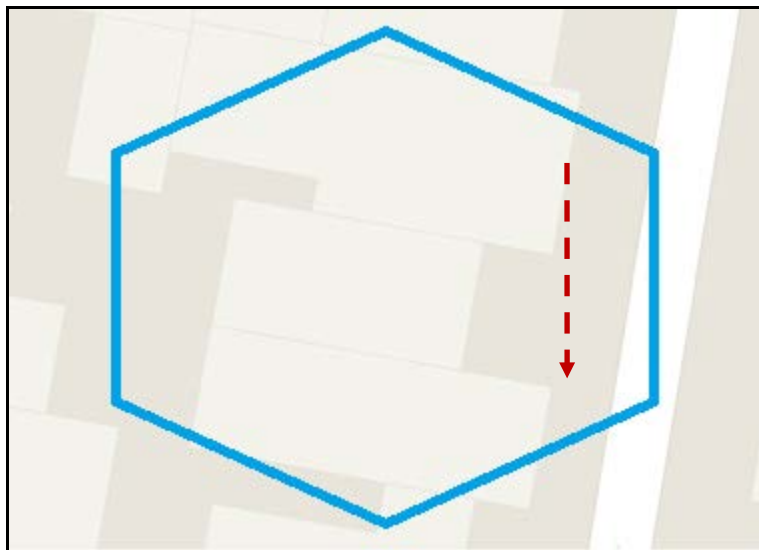


Figura 8 Movimiento Norte/Sur.

Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 2, la cual muestra valores seleccionados ya que el recorrido se efectuó a una velocidad de peatón para no tener problemas de mala recepción

debido a que se pretende que el sistema sea totalmente portátil y se proyecta poder realizar cálculos más avanzados de velocidad y trayectorias.

Tabla 2 Muestreo en movimiento N/S.

\$GPGGA,043335.000,3143.0393,N,10626.8913,W,2,05,1.85,1129.3,M,- 26.3,M,0000,0000*68
\$GPRMC,043335.000,A,3143.0393,N,10626.8913,W,0.50,57.39,050516,,D*4D
\$GPGGA,043337.000,3143.0387,N,10626.8919,W,2,06,1.40,1128.9,M,- 26.3,M,0000,0000*64
\$GPRMC,043337.000,A,3143.0387,N,10626.8919,W,1.32,188.96,050516,,D*73
\$GPGGA,043341.000,3143.0379,N,10626.8925,W,2,06,1.40,1128.1,M,- 26.3,M,0000,0000*63
\$GPRMC,043341.000,A,3143.0379,N,10626.8925,W,1.42,194.21,050516,,D*7A
\$GPGGA,043343.000,3143.0374,N,10626.8927,W,2,06,1.40,1127.8,M,- 26.3,M,0000,0000*68
\$GPRMC,043343.000,A,3143.0374,N,10626.8927,W,1.25,193.01,050516,,D*73
\$GPGGA,043347.000,3143.0365,N,10626.8929,W,2,06,1.40,1127.6,M,- 26.3,M,0000,0000*6C
\$GPRMC,043347.000,A,3143.0365,N,10626.8929,W,0.62,174.65,050516,,D*70
\$GPGGA,043349.000,3143.0360,N,10626.8930,W,2,06,1.40,1127.4,M,- 26.3,M,0000,0000*6D
\$GPRMC,043349.000,A,3143.0360,N,10626.8930,W,1.59,197.04,050516,,D*70
\$GPGGA,043351.000,3143.0352,N,10626.8933,W,2,06,1.40,1127.2,M,- 26.3,M,0000,0000*60
\$GPRMC,043351.000,A,3143.0352,N,10626.8933,W,1.57,196.82,050516,,D*7A
\$GPGGA,043353.000,3143.0343,N,10626.8936,W,2,06,1.40,1127.0,M,- 26.3,M,0000,0000*65
\$GPRMC,043353.000,A,3143.0343,N,10626.8936,W,1.74,192.29,050516,,D*79
\$GPGGA,043357.000,3143.0335,N,10626.8946,W,2,06,1.40,1126.8,M,- 26.3,M,0000,0000*6E
\$GPRMC,043357.000,A,3143.0335,N,10626.8946,W,0.82,276.60,050516,,D*77

La siguiente prueba fue realizar el seguimiento y efectuar el muestreo correspondiente siguiendo una orientación de Oriente a Poniente, programando el sistema para un muestreo sencillo como se puede apreciar en la figura 9.

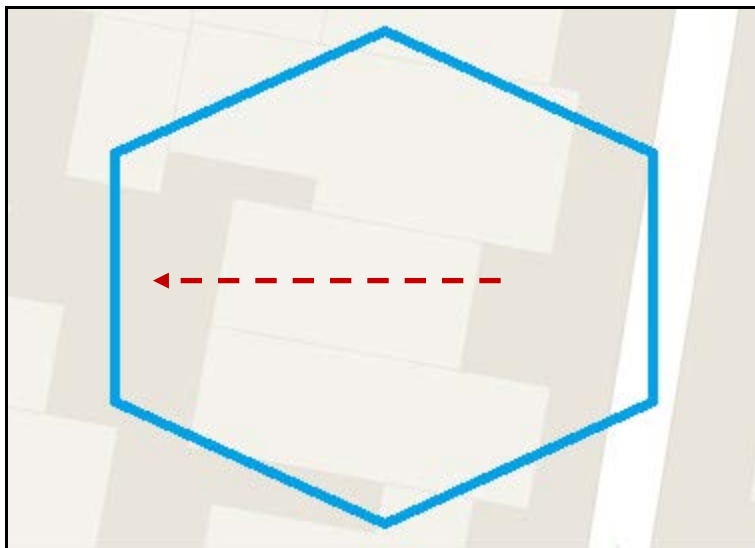


Figura 9 Movimiento Oriente/Poniente.

Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 3, la cual muestra valores seleccionados ya que el recorrido se efectuó nuevamente a una velocidad de peatón, en esta prueba se contó con obstáculos a línea de vista experimentar la falta de señales y simular problemas de mala recepción, fue de este modo como se realizaron perturbaciones a la operación del sistema.

Tabla 3 Muestreo en movimiento O/P.

\$GPGGA,044703.000,3143.0439,N,10626.9122,W,1,06,1.48,1123.0,M,-26.3,M,,*6A
\$GPRMC,044703.000,A,3143.0439,N,10626.9122,W,0.17,210.42,050516,,A*7C
\$GPGGA,044708.000,3143.0445,N,10626.9108,W,1,06,1.48,1122.8,M,-26.3,M,,*6B
\$GPRMC,044708.000,A,3143.0445,N,10626.9108,W,0.40,137.29,050516,,A*7D
\$GPGGA,044717.000,3143.0451,N,10626.9105,W,1,06,1.49,1122.7,M,-26.3,M,,*63
\$GPRMC,044717.000,A,3143.0451,N,10626.9105,W,0.15,88.04,050516,,A*41
\$GPGGA,044741.000,3143.0449,N,10626.9085,W,1,07,1.23,1122.5,M,-26.3,M,,*6F
\$GPRMC,044741.000,A,3143.0449,N,10626.9085,W,0.69,38.54,050516,,A*47
\$GPGGA,044742.000,3143.0447,N,10626.9078,W,1,07,1.22,1122.5,M,-26.3,M,,*61
\$GPRMC,044742.000,A,3143.0447,N,10626.9078,W,0.73,49.20,050516,,A*46
\$GPGGA,044743.000,3143.0446,N,10626.9079,W,1,07,1.23,1122.5,M,-26.3,M,,*61

\$GPRMC,044750.000,A,3143.0442,N,10626.9077,W,0.20,327.00,050516,,A*70
\$GPGGA,044751.000,3143.0442,N,10626.9078,W,1,07,1.22,1122.5,M,-26.3,M,,*66
\$GPRMC,044751.000,A,3143.0442,N,10626.9078,W,0.60,302.94,050516,,A*70
\$GPGGA,044752.000,3143.0443,N,10626.9080,W,1,07,1.23,1122.5,M,-26.3,M,,*62
\$GPRMC,044753.000,A,3143.0442,N,10626.9086,W,0.65,295.78,050516,,A*7B
\$GPGGA,044757.000,3143.0443,N,10626.9099,W,1,06,1.51,1122.5,M,-26.3,M,,*6B
\$GPRMC,044757.000,A,3143.0443,N,10626.9099,W,0.73,299.03,050516,,A*77

Por último, se modificó un ejemplo obtenido de [5], que invoca la imagen de la ubicación de una dirección postal introducida mediante una cadena de caracteres, en este caso en vez de la dirección se realiza manipulación de los datos de posicionamiento en el formato \$GPGGA (Global Positioning System Fix Data), seleccionando únicamente la latitud y longitud para obtener la imagen de la ubicación del sistema. En la figura 10 se muestra un ejemplo de la interfaz de usuario manipulada en LabVIEW y se observa la posición obtenida en la búsqueda de la latitud y longitud obtenida del archivo almacenado en Dropbox.

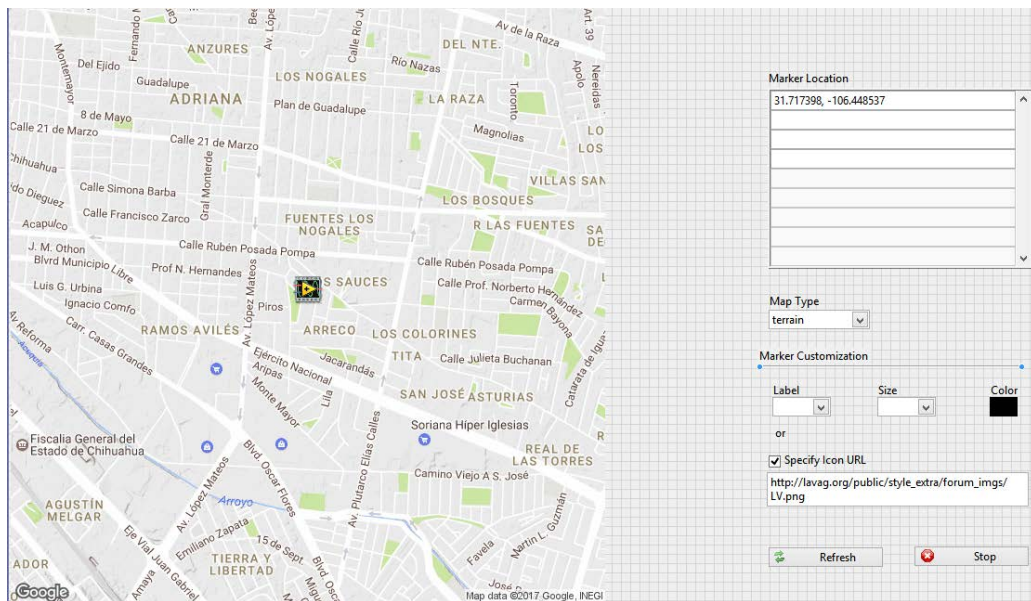


Figura 10 Panel frontal mostrando la ubicación obtenida en el mensaje del GPS.

Discusión

Se tiene como plan a futuro algunas oportunidades de mejora del sistema como:

- Integración de sensores de movimiento para activar el sistema con la recepción de una interrupción general por movimiento.
- Inclusión de un sistema de alimentación con mayor capacidad, esto ya que es posible que el dispositivo al cual se aplique se ausente por tiempos prolongados.
- Añadir un sistema de comunicación por telefonía móvil con módulos de cuarta generación, con la finalidad de que el envío de datos sea más eficiente.
- Agregar actuadores para que el sistema interactúe con el usuario que lo transporte, como indicadores visuales.

Conclusiones

Se realizó un Sistema de Localización Basado en GPS, diseñado para una aplicación específica, el cual envía información por medio de la conexión a la Red Wi-Fi local y puede ser analizada por el usuario responsable del equipo. El sistema cumplió sus funciones recibiendo la información proveniente de los satélites que integran la constelación GPS. Se logró también enviar los mensajes a un proveedor de servicios de almacenamiento virtual para posteriormente analizarlos en una interfaz de usuario realizada en LabVIEW.

Referencias

1. Shi j., Xu C., Guo J., and Gao Y., 2015, Real-Time GPS Precise Point Positioning-Based Precipitable Water Vapor Estimation for Rainfall Monitoring and Forecasting. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 53, no. 6, pp. 3452–3459.
2. Petrek J., 2015, A satellite based localization service using a 3G mobile phone as an emergency terminal. 25th International Conference Radioelektronika.
3. Chew C., Small E., Larson K., and Zavorotny V., 2015, Vegetation Sensing Using GPS-Interferometric Reflectometry: Theoretical Effects of Canopy Parameters on Signal-to-Noise Ratio Data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 53, no. 5, pp. 2755–2764.
4. Arduino, 2013, The power of temboo: connect the yún to 100+ apis”, <https://blog.arduino.cc/2013/09/11/the-power-of-temboo-connect-the-yun-to-100-apis/>
5. National Instrument Comunidad Home, 2009, <https://forums.ni.com/t5/Example-Program-Drafts/Using-Google-Maps-in-LabVIEW/ta-p/3517343>

SISTEMA DE VISIÓN PARA INSPECCIÓN DE ETIQUETAS PARA LA INDUSTRIA MÉDICA

Gabriel Bravo Martínez, Francisco Javier Enríquez Aguiler, Jesús Martín Silva Aceves, Rodrigo
Alfredo Escudero Conde, Ricardo Vázquez Ávila
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: gbravo@uacj.mx

Resumen

En la industria médica el proceso de etiquetado es crítico, un producto mal identificado puede conducir a graves lesiones y hasta la muerte del paciente. El empaquetado de un catéter consta de una bolsa de Tyvek, que se introduce en una caja, ambos están identificados por una etiqueta que está adherida en su parte frontal. Durante el proceso existe un alto riesgo de mezclar el producto, ya que se procesan más de 2 lotes simultáneamente. Este trabajo presenta un sistema de visión desarrollado en LabVIEW, aplicado a la inspección de etiquetas que realiza una doble comprobación de información del producto por medio de la lectura de tres códigos de barras cuya codificación se comparan con la base de datos del DHR (Device History Record), en seguida se lee la etiqueta del nombre del producto y se compara con la base de datos, si no hay coincidencia se activará una alarma.

Palabras Claves: Inspección de etiquetas, *LabVIEW*, Visión, Código de barras, OCR.

Introducción

El presente proyecto surge de la necesidad de diseñar un sistema de visión artificial para automatizar el control de calidad del etiquetado de cajas para dispositivos médicos, el sistema

será implementado en una empresa manufacturera la cual como única restricción pidió guardar absoluta confidencialidad por este motivo se omite el nombre de la empresa.

Este tipo de sistema es de gran ayuda en la industria médica, ya que es de primordial importancia identificar correctamente los dispositivos manufacturados, porque una sola falla puede poner en riesgo la salud de los pacientes, por lo que la empresa debe de cumplir con las regulaciones de la FDA (Food and Drug Agency), establecidas en la parte 820 del título 21 sub capítulo H del código de regulaciones federales, estas regulaciones cubren el diseño, fabricación, empaquetado, etiquetado, almacenamiento y funcionamiento de los dispositivos médicos [1].

La sub parte 820.120 que habla del etiquetado del producto dice "Cada manufacturero debe establecer y mantener procedimientos para controlar las actividades de etiquetado, las etiquetas no deben ser liberadas para almacenarlas o usarlas sin antes ser inspeccionadas por un individuo designado para corroborar que la información sea la correcta incluyendo, el identificador único de los dispositivos o el código universal de producto, la fecha de expiración, número de control, instrucciones de almacenamiento, instrucciones de manejo y cualquier otra instrucción de proceso adicional" [1].

El empaquetado de un dispositivo médico, específicamente un catéter, consta de una bolsa de Tyvek que se sella por medio de transferencia de calor y funciona como primer barrera estéril de los dispositivos, esta bolsa se introduce en una caja, ambos están identificados por una etiqueta que está adherida en la parte frontal de uno y otro, con la cual al final de turno se lleva a cabo una conciliación para verificar que el lote este completo y que el producto no se combine, en la figura 1 se puede observar las etiquetas interior y exterior.



Figura 1 Variación del nivel con respecto del tiempo.

Durante el proceso de empaque existe un alto riesgo de mezclar las etiquetas, ya que se procesan más de 2 lotes simultáneamente, actualmente las inspecciones son hechas por los

asociados sin apoyarse en algún instrumento, estas inspecciones son hechas de manera 100% visual con un tiempo limitado de inspección no mayor a 10 segundos por pieza, este tipo de métodos tradicionales se pueden volver ineficientes debido al cansancio que pueden presentar los inspectores de calidad en la ejecución de tareas monótonas o repetitivas.

En el Instituto Politécnico Nacional se encontraron 2 tesis que involucran sistemas de visión, la primera se llama “Sistema de identificación de placas vehiculares con técnicas de visión computacional”, esta tesis expone un sistema de inspección de placas para el acceso a un estacionamiento, este sistema fue implementado mediante el algoritmo OCR (Optical Character Recognition), este sistema adquiere imágenes de tipo BMP para luego extraer sus características (largo, ancho y matriz de datos), posteriormente separa los caracteres de la imagen y finalmente ejecuta el reconocimiento de caracteres en tiempo real [2]. La segunda tesis es “Sistema de visión artificial para el control de calidad en piezas cromadas”, este sistema inspecciona de manera automática piezas con recubrimiento cromado la inspección es hecha al 100% y en tiempo real, la programación fue hecha mediante las herramientas de VAS en LabVIEW y por medio de una tarjeta de adquisición de datos se lleva a cabo la comunicación entre las etapas de visión y actuación del sistema, el sistema consta de visión consta de una cámara DVT de barrido progresivo y un robot manipulador de 6 grados de libertad marca ABB [3].

Métodos

Prototipo de reconocimiento de texto y lectura de código de barras

El esquema de la visión artificial está formado por 5 etapas, la primera es la adquisición de la imagen que es el proceso mediante el cual se transforma la iluminación en una señal digital, la segunda es el pre procesamiento, que es la utilización de técnicas para mejorar la calidad de la imagen, la tercera es la segmentación que consiste en identificar en la imagen los objetos de interés, la cuarta es la extracción de las características de cada uno de los objetos previamente segmentados, la información que se adquiere puede ser de tipo espectral, espacial o temporal para así tomar una decisión y llevar a cabo quinta etapa que es la actuación externa [4], [5]. Para el diseño del sistema se siguen las 5 etapas de un sistema de visión mencionadas, empezando por el diseño y construcción del ambiente controlado de luz que evitará variaciones en el contraste en la obtención de la imagen en la lectura de códigos de barras [6], así mismo, se controla la captura para el reconocimiento óptico de caracteres (OCR); el ambiente controlado de luz fue construido

utilizando aluminio extruido para la estructura que mide (12" de ancho, 15 1/8" de alto y largo 14") y las paredes son de lexan de ¼ de pulgada y miden (11 "ancho y 14" alto), dado que en el sistema se utilizará en un cuarto limpio ISO de clase 8, los materiales para la construcción del sistema deben ser no degradables. Para la iluminación se colocó una lámpara fluorescente utilizando la técnica de iluminación direccional lateral, la cantidad de luz emitida por esta lámpara fue la ideal que ilumina completamente la etiqueta, los reflejos ocasionados por la fixtura que controla la posición de la etiqueta no afecto a las regiones de inspección, la eficiencia del sistema para la lectura de código se encuentra al 95% para la lectura, segmentación y extracción de la información de los códigos de barras, para el reconocimiento óptico de caracteres funciona al 90% para caracteres mayores a los 15 pixeles, con menos de esta cantidad el sistema confunde caracteres; el sistema falla la primer lectura debido a que se está enfocando, una vez enfocado es muy preciso, este tipo de iluminación es la que debido a sus resultados fue utilizada para el prototipo final. En la figura 2 se tiene la estructura final del prototipo incluyendo parte de la iluminación final.



Figura 2 Estructura final del prototipo.

La cámara que inspecciona los códigos de barras fue colocada a una altura de 6" y montada sobre un soporte para GPS el cual nos provee de 2 ejes para ajustar la posición, ambos ejes pueden rotar 360°, a este soporte se le agrego una pinza para micrófono y se le conecto un cilindro de aluminio para usarlo como un eje extra que nos da un ajuste de 180° y también funciona como contrapeso, la pinza nos da un ajuste de 90°. Una segunda cámara estática está

sujeta a la pared trasera del ambiente controlado, a esta cámara se le integro un polarizador para atenuar el brillo generado por la luz fluorescente.

Programación en *LabVIEW*

La programación en *LabVIEW* siguió el siguiente proceso:

1. Para iniciar el proceso se adquiere una imagen en *LabVIEW*, se abre un ciclo *while* y dentro se agrega el *NI Vision Acquisition Express* y se le da doble *click* para acceder a la configuración de la captura se configura la adquisición de la imagen por medio de *NI Vision Acquisition Wizard*.
2. Se selecciona la cámara en *NI IMAQdx Devices*, aquí aparecerán las 2 cámaras que están conectadas en la Laptop, ambas cámaras son *Logitech C525* la cámara que corresponde al código de barras está identificada con el siguiente número (#D353EFD0A98B1DA5) y la que corresponde al OCR con (#2DD6DFC27A87C2F8).
3. Se configura el tipo de adquisición ya sea foto o video en tiempo real, en este caso seleccionamos adquisición continua con procesamiento en línea.
4. Por último se configuran las entradas (Controles) y salidas (Indicadores) de la adquisición. La figura 3 muestra la ventana de la configuración de controles e indicadores.
- 5.

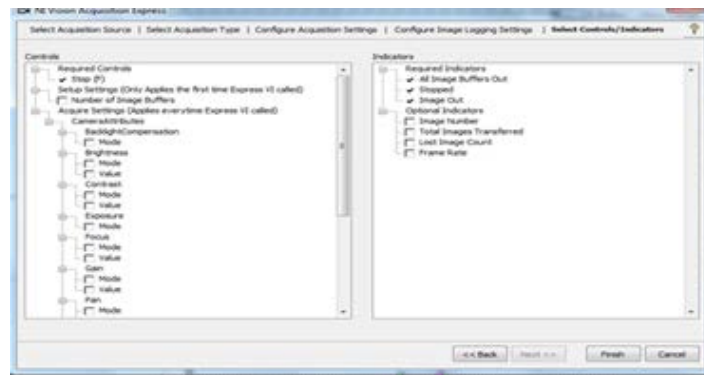


Figura 3 Configuración de controles e indicadores.

Una vez terminada la configuración, se compilan todos los parámetros establecidos y se generan las entradas y salidas en el icono.

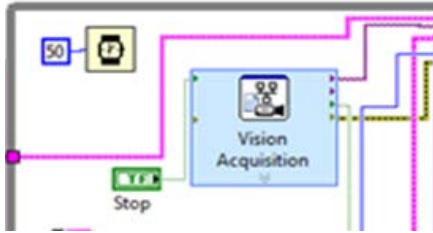


Figura 4 Icono de *Vision Acquisition* configurado.

Para la imagen del código de barras no fue necesario el procesamiento de imágenes, basto con la configuración de la cámara y la iluminación controlada, sin embargo para el reconocimiento de caracteres fue necesario el procesamiento para resaltar las características de las letras antes de llegar a la etapa de segmentación, este procesamiento se llevó acabo utilizando *Vision Assistant* para esto se conecta la imagen de salida de *Vision Acquisition Express* a *Vision Assistant*. Este procesamiento se llevó acabo utilizando *Vision Assistant* para esto se conecta la imagen de salida de *Vision Acquisition Express* a *Vision Assistant*. El procesamiento de imagen queda de la siguiente manera en la figura 5.

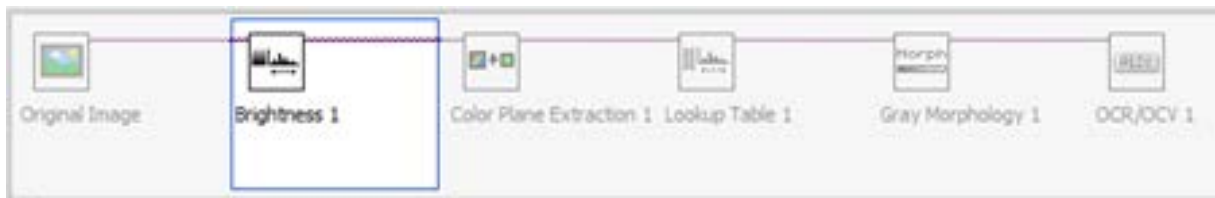


Figura 5 Secuencia de procesamiento de la imagen.

Etapa de segmentación

Una vez completado el procesamiento de las imágenes se puede proceder a programar la segmentación que consiste en resaltar únicamente el objeto de interés de una imagen, a continuación se muestra el código para leer y segmentar los códigos de barras, primero se captura la imagen mediante *Vision Acquisition* que fue configurado anteriormente, luego el indicador de imagen es conectado al *IMAQ Read Barcode 2* para leer los códigos de barras de la etiqueta. Una vez leídos los códigos se conectan los indicadores a un *For Loop* donde la información es separada mediante un *unbundle by name*. El *unbundle by name* nos ayuda a separar toda la información que viaja por una sola línea para conectarlas a *IMAQ Overlay Multiple lines 2* que se conecta a su vez con *IMAQ Overlay Text* para mostrar en la imagen el

código que se está leyendo. Dentro del *For Loop* se concatena la información adquirida para enviarla al segmento de comparación del programa.

En el caso del reconocimiento óptico de caracteres se captura la imagen mediante *Vision Acquisition* y se envía esta imagen a *Vision Assistant* para ser procesada, luego procedemos a la configuración del OCR. Finalmente se configuran las opciones de lectura, aquí se configura el porcentaje de similitud que deben tener los caracteres para identificarlos correctamente, si al completar las configuraciones se puede ver en cada letra con un signo de interrogación, se procede a entrenar el sistema. En la figura 6 se observa la configuración de la lectura y las letras que se referencian con signo de interrogación que requieren entrenamiento.



Figura 6 Configuración de la lectura.

Para entrenar el sistema se selecciona la pestaña de entrenamiento y se crea un archivo OCR, para entrenar una letra al sistema se selecciona entrenar solo un carácter y se incrementa o decrementa el indexado para desplazarse entre las regiones, una vez ubicado en la región deseada se escribe la letra que debe estar leyendo el sistema en esa región, luego se presiona el botón entrenar, el sistema guarda un mapa de bits para cada carácter entrenado y es así como compara la similitud contra lo que se lee en tiempo real.

Construcción de la Etapa de Extracción de Características

Una vez configurada la adquisición de las imágenes y estas a su vez procesadas, se prosigue a extraer las características que nos interesan para poder tomar una decisión sobre la inspección, para la lectura del código de barras el usuario introduce manualmente 3 datos esenciales para identificar si la etiqueta pertenece o no al lote que se está procesando, estos datos son el número

de parte, número de lote y fecha de expiración, en el caso del OCR una vez entrenado el sistema es posible leer los caracteres y obtener la cadena que sea leída, sobre esta información se realiza un operación de comparación, por medio del número de parte introducido al inicio del proceso, el sistema accede la base de datos y busca el nombre del producto, una vez que hace esto regresa una cadena de caracteres y esta se compara contra la información que está siendo leída.

Etapa de Actuador Externo

Una vez que la extracción de características concluye, además de tener indicadores de los resultados en la interfaz del programa, se creó un semáforo el cual es activado por medio de un Arduino Uno.

Resultados

El prototipo fue capaz de leer 3 códigos de barras segmentar la información leída y compararla contra la información provista por el asociado, el sistema mostro una confiabilidad del 75%, se probaron 15 etiquetas de las cuales 4 fallaron, ya que había cambios en la luz y el sistema no interpretaba correctamente los códigos de barras, estas fallas fueron debido a que la cámara no tiene autoenfoco, el retardo generado por el driver de la cámara que aparecía cada vez que una foto era tomada, retrasaba el tiempo de respuesta, además de la baja velocidad de respuesta generada por utilizar un Hub USB 1.0 en un puerto USB 2.0. Se realizó el cambio de la cámara por una con autoenfoco y se aseguró que no hubiera cambios de luz, con esto se logró una confiabilidad del 100%. A continuación se muestra una imagen de este prototipo. En la figura 7 se tiene una lectura decodificada por el sistema y la respuesta de la interfaz de usuario se tiene en la figura 8.



Figura 7 Resultado de la inspección del prototipo.

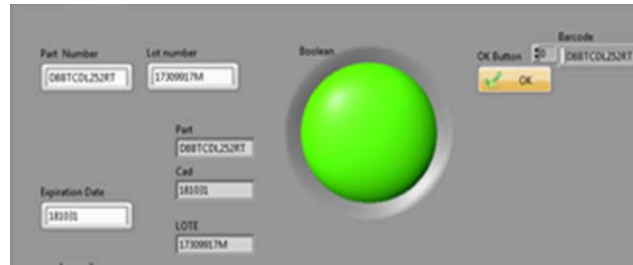


Figura 8 Interfaz de usuario de prototipo.

Para las pruebas funcionales del OCR, se probó el sistema con 3 etiquetas distintas, solo para fines de esta prueba se agregó un control a la interfaz de usuario en LabVIEW para introducir manualmente el nombre del producto y después compararlo contra lo que lee el OCR, el funcionamiento fue satisfactorio al inicio presentaba un poco de problemas debido al temporizador que se le agregó, ya que esto no permitía el ajuste automático de la luz en la cámara, como se puede observar en la figura 9 el nombre del producto que aparece en letras verdes coincide con el nombre de producto que está dentro de la región de inspección, el nombre introducido por el asociado para esta prueba es “NAVISTARRMT”, una vez completada esta prueba se integró el OCR al sistema.

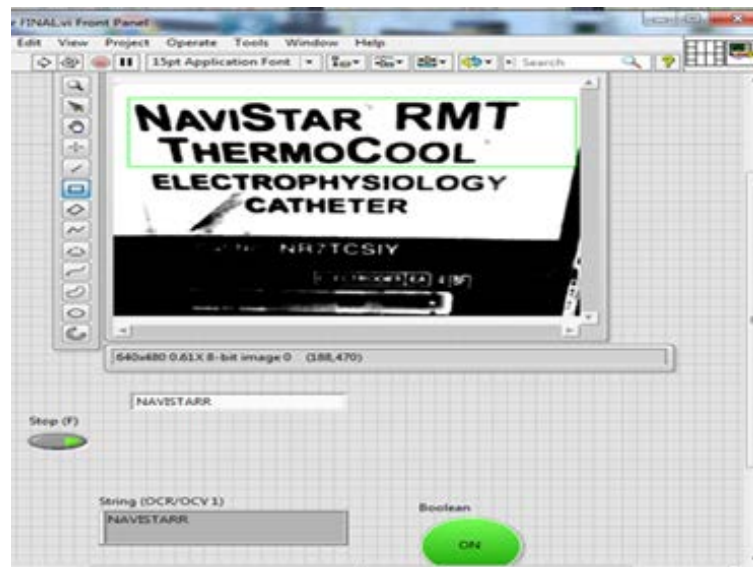


Figura 9 VI para prueba de OCR.

Discusión

El presente trabajo desarrollado describe el diseño de un sistema de visión para la inspección de etiquetas utilizadas para la identificación de dispositivos médicos, el diseño de la caja fue

hecho con materiales no degradables, ya que el equipo estará dentro de un cuarto limpio, el sistema es capaz de identificar etiquetas que no pertenezcan al lote que se esté empacando, si el sistema detecta una etiqueta incorrecta encenderá un led rojo y emitirá un sonido para alertar al asociado y el actué de acuerdo a los procedimientos de la empresa, este sistema será implementado una vez que cumpla con el proceso de validación de la empresa, la cámara del OCR requiere de hacer por lo menos 5 disparos para concluir con su ajuste de iluminación y leer correctamente el nombre del producto, se cumplió con la eliminación de desperdicios generados por confusión de etiquetas, a continuación se describe cómo es que se cumplió con esto:

- **Transportación:** El flujo de producción será continuo ya que elimina, el cambio de estaciones para realizar la inspección.
- **Inventario:** No se acumulará producto ya que con el sistema la línea funcionara como una FIFO (First Input First Output) de manera que todo lo que se procese quedara empacado en el mismo momento y disminuirá su tiempo de envío a centros de distribución.
- **Movimiento:** Se reduce la cantidad de movimientos que tiene que hacer el asociado por turno lo cual reduce el riesgo de lesiones musculares o articulares.
- **Espera:** No hay material detenido o esperando a ser procesado debido al flujo continuo.
- **Sobre procesamiento:** disminución de la cantidad de reproceso permitiendo tomar ese tiempo e incrementar la capacidad de la línea.
- **Sobre Producción:** No habrá consumo de recursos de almacenamiento ya que el producto será enviado constantemente a los centros de distribución.
- **Defectos:** Eliminación de defectos (etiquetado incorrecto), evita reproceso e incrementa capacidad de la línea.

Conclusiones

Se consiguió diseñar e implementar un sistema de inspección de etiquetas y reconocimiento OCR, con una certeza del 100%, con lo que se pudo disminuir el problema de identificación errónea en los productos de la empresa, disminuyendo con esto probables labores de re-trabajo, y en consecuencia se aumentan los indicadores económicos para la empresa.

Referencias

- [1] GPO's Federal Digital System, 2017, ELECTRONIC CODE OF FEDERAL REGULATIONS. https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=3ee286332416f26a91d9e6d786a604ab&mc=true&tpl=/ecfrbrowse/Title21/21tab_02.tpl
- [2] Ruiz, I. 2010, Sistema de identificación de placas vehiculares con técnicas de visión computacional. Instituto Politécnico Nacional, México.
- [3] Vargas, V. 2010, Sistema de visión artificial para el control de calidad en piezas cromadas, Instituto Politécnico Nacional, México.
- [4] Sobrado A., 2003, Sistema de Visión Artificial para el Reconocimiento y Manipulación de Objetos. Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima.
- [5] Cáceres J., 2011, Sistema de visión Artificial para Inspección del nivel de llenado de bebidas Embotelladas. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- [6] Enríquez F., 2015, Sistema de monitoreo remoto con detección de movimiento basado en visión por computadora. CULCyT, vol. Vol. 57, pp. 290 - 298.

GUÍA TEÓRICO-METODOLÓGICA PARA LA ADOPCIÓN DE LA LOGÍSTICA SUSTENTABLE EN LA INDUSTRIA

Verónica Cordero-Balind, Vianey Torres-Argüelles, Andrés Hernández-Gómez y Salvador
Noriega Morales

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: Verónica_corderob@hotmail.com

Resumen: El objetivo de este trabajo de investigación fue diseñar y desarrollar una guía teórico metodológico a través de la identificación de factores, características e indicadores de un proceso sustentable para facilitar la implementación de un sistema logístico sustentable en las empresas. Para lo anterior se realizó una amplia revisión de literatura, a través de la cual se identificaron las características que debe cubrir una industria para ser considerada como verde. El segundo paso fue desarrollar una herramienta que consiste en una encuesta descriptiva que cubre las tres dimensiones de la sustentabilidad: economía, sociedad y ambiente; la cual se aplicó a empresas manufactureras con el fin de evaluar la sustentabilidad en los procesos de la industria en Ciudad Juárez. De acuerdo con los resultados de las encuestas, la metodología propuesta está dirigida especialmente a las medianas empresas, donde se considera que la implementación exitosa de un sistema logístico sustentable deberá contemplar en primer término la Misión, Visión y Objetivos y en segundo término las Estrategias y Acciones. El éxito de la implementación de la logística sustentable depende del esfuerzo colectivo, la inversión inicial, el compromiso, la capacitación, planeación, y los cambios operacionales y estructurales, así como la forma de pensar de todos los involucrados.

Palabras Clave: Sustentabilidad, Logística sustentable, Cadena de suministro.

INTRODUCCION

Es bien sabido que el reto de la sustentabilidad se ha convertido cada vez más en un elemento-clave en la agenda de las empresas manufactureras, ya que debido al uso excesivo de los recursos no renovables, se ha generado un impacto negativo en el ambiente, lo que ha

motivado que ya no solo los gobiernos si no que ahora las empresas requieren de un sistema de producción que cumpla con las características para alcanzar la sustentabilidad en los procesos de producción, para que además de cubrir nuestras necesidades sea posible preservar los recursos para cubrir las necesidades de las generaciones futuras. Por lo que la protección del medio ambiente deberá constituir una parte fundamental del proceso de desarrollo y la eliminación de este riesgo constituye la tarea prioritaria e ineludible (Bermejo, 2014). En esencia, la sustentabilidad en las empresas significa la creación de valor a largo plazo mediante la adopción de un enfoque que es igualmente consciente de las implicaciones económicas, sociales y medioambientales (Caprar & Neville, 2012).

Entre el gran número de procesos que componen la industria, uno de los procesos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente es la logística. Este proceso se define como el movimiento o traslado organizado de productos, servicios y algunas veces personas, donde la comunicación es una parte importante del proceso (Wood, Barone, Murphy, & Wardlow, 1995). Sin embargo, este concepto solo considera el movimiento de recursos en la etapa de generación de los productos o servicios; es decir, desde la extracción del material para la producción hasta el fin de la vida útil del producto. Lo que conlleva a un alto desperdicio de materiales, los cuales pueden ser reciclados y reutilizados.

Dada la necesidad de la protección del ambiente se propone la adopción del proceso de logística verde o sustentable, la cual se define como la producción y distribución de bienes de una manera sostenible, teniendo en cuenta los factores ambientales y sociales (Sbihi & Eglese, 2007). La logística verde o sustentable en general se considera como un ciclo cerrado o proceso continuo, donde las industrias se responsabilizan no solo de la generación y distribución de nuevos productos, sino también del manejo de los productos al finalizar su vida útil; es decir, la recolección, reutilización y disposición final; lo cual ofrece una ventaja competitiva ambiental en el ciclo de producción. Sin embargo, el cambio de un proceso tradicional a uno sustentable requiere de una metodología que asegure el control del flujo y uso de materiales, para una adecuada reutilización; no solo considerando la recuperación de materiales al término de la vida útil de un producto, sino también los materiales considerados *scrap*; los cuales en ambos casos, pueden ser materia prima de un nuevo producto. Sin embargo, para plantear una metodología para la implantación de un sistema logístico sustentable, es necesario identificar sus factores y características.

REVISION DE LITERATURA

En las últimas décadas se ha incrementado el interés hacia la administración de la cadena de suministro debido a la globalización en general y la industria en particular, así como debido a la rivalidad entre las cadenas de suministro; esto ha sido motivado por la crisis económica mundial combinado con la hiper competitividad por los recursos; asimismo, la combinación de la disminución de las ganancias de las empresas con el incremento de los costos han provocado la necesidad de desarrollar nuevos modelos o configuraciones que maximice el desarrollo económico a través de las decisiones estratégicas de abastecimiento, distribución y ventas, así como las decisiones tácticas en la planeación del flujo de los bienes con el fin de ser más competitivos (Chaabane, Ramudhin, & Paquet, 2012; Samuel, Goury, Gunasekaran, & Spalanzani, 2011; Westkamper et al., 2008).

La cadena de suministro se basa en la relación y colaboración entre cliente proveedor, así como el flujo de información sin barreras entre los mismos, creándose una integración y compromiso a largo plazo la cual es el corazón de la eficiencia en la cadena de suministro (Evrard, Goury, Gunasekaran, & Spalanzani, 2011). Con el tiempo, se ha observado que el movimiento sostenible es un negocio con resultados a largo plazo, es decir, las mejoras en el rendimiento ambiental, las reducciones en los costos, la ventaja competitiva, el cumplimiento con los requisitos gubernamentales así como la conservación de los recursos naturales se verán reflejadas a largo plazo (Despeisse, Ball, Evans, & Levers, 2012). Hoy en día debido a la disponibilidad de los recursos no renovables, las empresas se han visto obligadas a replantear sus estrategias con el fin de asegurar las sustentabilidad de sus operaciones considerando procesos como la evaluación del ciclo de vida (LCA), análisis del circuito cerrado (Closed loop), la logística inversa, reducción de emisiones de carbono, entre otros, asimismo, requieren del uso de herramientas que se manejan en áreas de la ecología industrial, producción limpia, prevención de contaminación y la manufactura sustentable (Chaabane et al., 2012; Despeisse et al., 2012).

Al considerar la cadena de suministro verde como la integración de prácticas ambientales incluyendo la logística inversa entre las organizaciones de la cadena de suministro se tiene como objetivo reducir el impacto ambiental del producto a lo largo de todo su ciclo de vida para la cual incluye actividades como son el diseño verde, el ahorro de recursos, la reducción del uso de

materiales nocivos, y el reciclaje o reutilización del producto (Eltayeb et al., 2011; Sarkis, Zhu, & Lai, 2011).

Debido a esto, la implementación del desarrollo sostenible en las empresas se enfrenta a varios problemas como son el cambio de hábitos o costumbres en las actividades, la falta de cooperación y confianza de todos los involucrados (cliente, proveedor, productor, etc.), la falta de visión estratégica en las actividades operacionales, pero la mayor de las barreras es la determinación del costo beneficio de la implementación de la logística verde (Lambert, 2002), es por esto que se han creado teorías organizacionales sobre la aplicación de la cadena de suministro verde como son: la teoría de la complejidad, la modernización ecológica, teoría de la información, teoría institucional, teoría de la dependencia de recursos, teoría de la red social, teoría de los participantes, entre otros (Sarkis et al., 2011); asimismo, se han realizado diversos estudios enfocados al beneficio del uso de la logística sustentable y las diversas formas de medirlas e implementarlas, algunas de ella se describen en la Tabla 1.

Investigador	Estudios realizados
(Venus, 2011)	Detalla cinco pasos para implementar una logística sustentable: 1. Ofrecer un compromiso de administración con responsabilidad ambiental, 2. Evaluación de las operaciones comerciales y establecer las metas, 3. Crear una estructura de gestión y vinculación con los socios comerciales para obtener los objetivos ambientales, 4. Monitorear y realizar acciones correctivas para el mejoramiento continuo, 5. Establecer un examen de gestión que proporcione una evaluación crítica.
(Diabat & Govindan, 2011)	Los principales conductores de la cadena de suministro verde son certificación y colaboración ambiental de los proveedores, colaboración entre los diseñadores del producto y los proveedores, regulaciones y legislaciones gubernamentales, diseño verde, certificación del ISO14000, integración del manejo ambiental a la planeación y operación del proceso, reducción de consumo de energía, reutilización y reciclado de los materiales, colaboración ambiental con los clientes y logística inversa.
(Lai & Wong, 2012)	Medición de la sustentabilidad de las empresas a través de cuatro atributos: prácticas basadas en los procedimientos, basadas en la evaluación, basadas en el compañerismo y las prácticas generales de gestión ambiental.
(Ubeda, Arcelus, & Faulin, 2011)	Realizaron un estudio que demostró la importancia de la optimización del proceso de logístico; al mejorar la eficiencia de embarques (reducción en distancia recorrida y número de rutas) se reducen costos y al mismo tiempo se reducen las cantidades de emisiones de CO2.
(Eltayeb, Zailani, & Ramayah, 2011)	Las iniciativas de la cadena de suministro verde se pueden clasificar en Eco diseño, compras verdes, proveedor de colaboración ambiental, cliente de colaboración ambiental y logística inversa; dichas iniciativas están asociadas con un mejor desempeño ambiental, los resultados económicos, rendimiento operativo, así como las ganancias intangibles (satisfacción y reconocimiento del cliente).

Tabla 1. Estudios enfocados al uso de la logística sustentable

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de identificar los factores y características de la logística sustentable se realizó una revisión de literatura, a partir de la cual se identificaron los conceptos básicos de la sustentabilidad en los procesos de producción, entre los que destacan: cadena de suministro sustentable, logística sustentable, indicadores, eco eficiencia, empresa verde y desarrollo sustentable. Asimismo, se definieron las características, que debe cubrir una industria para ser considerada como verde (Tabla 2). Dichas características son claves para el enfoque que la empresa debe dar al sector económico, ambiental, social, a los grupos de interés, al apoyo voluntario, a la resiliencia y al enfoque a un largo plazo (Ahi & Searcy, 2013).

Características	Actividades
Sostenibilidad	Reducción de consumo de energía, agua, emisiones de carbono, reducción en el consumo de combustible, reducción del uso del papel, reducción de desperdicios sólidos, reducción de accidentes ambientales.
Logística Inversa	Ahorro de recursos, reducción de uso de materiales nocivos, reciclaje, reutilización, garantías, fin de uso, exceso de inventario.
Actitud de los involucrados internos	Cambio de hábitos, participación, cooperación y confianza entre los departamentos de la empresa, visión estratégica en operaciones ambientales limpias, percepción de riesgo.
Actitud de los involucrados externos	Colaboración y participación de proveedores, clientes, diseñadores del producto, regulaciones y legislaciones ambientales.
Planeación ambiental	Estructura de gestión, procedimientos establecidos de actividades de logística sustentable, metas ambientales en el proceso y sus distribuciones logísticas, planeación de embarques, planeación de recolección de productos.
Empaque y Transporte	Tipo de transporte, optimización del procesos logístico (distancia recorrida y número de rutas), diseño y utilización de empaque retornable, almacenamiento.
Diseño verde	Tipo de componentes, empaque, energía, desensamblaje, reutilización, Remanufactura y reciclado hasta llegar al fin de vida del producto, eco etiqueta.
Compras verde	Administración de proveedores sustentables, y empuja al uso de actividades como reciclar, reusar y sustituir materiales.
Manufactura Verde	Uso de tecnología y procesos amigables al medio ambiente, menos uso de energía y material.
Mercadotecnia verde	Concientizar a los consumidores, facilidad de adquisición, tamaño de lote, tiempo de entrega.
Resultados Económicos	Costo beneficio de la implementación, rendimiento, rentabilidad, eficiencia; costos competitivos, evaluación de retorno, entre otros.
Eco eficiencia	Reducir, cambiar o prevenir emisiones.
Certificaciones	ISO14000, PROFEPA, economía circular.
Herramientas	Benchmarking, costo de ciclo de vida.
Beneficios por el uso de logística ambiental	Productos de calidad, disminución de tiempos de entrega, disminución de desperdicios de producción (SCRAP), mejor desempeño ambiental.
Métricos	Evaluación de la situación actual y mejora continua en favor al medio ambiente, satisfacción del cliente, evaluación del ciclo de vida del producto, evaluación de retorno, utilización de agua y energía, cantidad de desperdicio de sólidos, entre otros.

Tabla 2. Características de una empresa verde

Basada en la información que se presenta en la Tabla 3.1, se diseñó la herramienta para medir el nivel de aplicación de logística inversa, enfocada a las industrias de distintos tamaños y giros de Ciudad Juárez.

Se determinó el uso de la metodología de encuestas, debido a que es un instrumento de investigación de mercados que permite obtener información mediante la formulación de preguntas específicas, con la cual es posible sacar conclusiones a partir de los resultados obtenidos (González, Padrino, Encuesta, Estudio, & Descriptivo, 2009; Hernández, n.d.). El objetivo de la encuesta en el presente estudio es evaluar la sustentabilidad en los procesos de las industrias de Ciudad Juárez, la cual ayudará a tomar decisiones y/o realizar acciones en el proceso logístico para tener una industria sustentable (Ness, Urbel-Piirsalu, Anderberg, & Olsson, 2007).

La encuesta es de tipo postal o por internet (Gonzalez & Padilla, 1999), descriptiva con preguntas estructuradas y está dividida de acuerdo con las tres dimensiones de la sustentabilidad: ambiental, social y económico.

Con base en esta información, la encuesta diseñada se divide en la secciones de información de la empresa con el fin de determinar qué tipo, giro y tamaño de industria tiene mayor enfoque a la sustentabilidad. La segunda sección son los indicadores ambientales, la cual busca determinar el porcentaje de empresas que utiliza recursos no renovables en su producto o proceso, el mayor tipo de desechos generados por las empresas y su disposición, determinar el porcentaje de empresas que busca recuperar y/o reciclar su desperdicio, producto, materia prima, así como el control de uso de energía, agua, empaque retornable, entre otros. La tercera sección son los indicadores sociales, la cual mide el grado de entrenamiento de la empresa a los empleados para ser más sustentable, el grado de disponibilidad por parte de la gerencia y cliente para ser una empresa más sustentable. Y por último se encuentran los indicadores económicos donde se busca medir el tipo de control económico generado por la logística sustentable.

RESULTADOS

Como resultado final, podemos observar que la implementación de la logística sustentable requiere de un esfuerzo colectivo, inversión, compromiso, capacitación, planeación, cambios operacionales y estructurales, así como la forma de pensar de todos los involucrados; sin embargo, no siempre se cuenta con el conocimiento e información necesaria, por lo que su

adopción no es fácil. Por lo tanto, es necesario contar con una guía metodológica que permita controlar cada uno de los aspectos; motivo por el cual se propone la presente guía teórico metodológica, diseñada en este proyecto de investigación y cuya implementación estará basada en primer término en la Misión, Visión y los Objetivo y en segundo término en las Estrategias y Acciones. Cada uno de estos puntos están descritos en la Tabla 3.

Misión	- Dirigir las actividades logísticas de la empresa a una logística sustentable.
Visión	- Contar con una metodología novedosa y eficiente para administrar la logística sustentable en la empresa.
Objetivo	- Crear un compromiso ambiental de la administración gerencial.
Estrategias	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis del diseño del producto y evaluación de su ciclo de vida. - Análisis del uso de empaque retornable, su almacenamiento y transporte. - Compras verdes, selección y certificación de proveedores verdes. - Prácticas de colaboración ambiental entre clientes – empresa – proveedor. - Prácticas de manufactura esbelta. - Eco eficiencia. - Obtener la certificación ambiental Nacional e Internacional (ISO 14000, PROFEPA).
Acciones	<ul style="list-style-type: none"> - Creación de un equipo de trabajo auto dirigido con un enfoque de logística sustentable. - Delimitación de prácticas ambientales basadas en procedimientos de cada uno de los involucrados. - Entrenamiento, capacitación y organización de cada uno de los involucrados para las actividades sustentables. - Concientización y aceptación del compromiso de la cadena de suministro (cliente – proveedor – empresa). - Medición de la situación actual ambiental de la empresa. - Realizar acciones para ser una empresa verde (5's, selección y certificación de proveedores verdes, uso de empaque retornable, reutilización, reciclaje, desecho, entre otros). - Mecanismos de recolección de productos que terminaron su vida útil. - Monitorear y auditar las actividades ambientales.

Tabla 3. Plan de implementación de la logística inversa en una empresa

Uno de los puntos clave de la metodología, es el compromiso de la administración gerencial hacia la implementación de la logística sustentable y esto es debido al costo, actividades extras y cambios que deberán realizarse en la empresa antes de poder obtener los resultados positivos tanto para la empresa como para el medio ambiente.

Asimismo, es importante mencionar que la misión y visión sustentable, deben estar diseñadas de forma específica para cada empresa basada en sus objetivos, características, producto, forma de trabajar de cada empresa.

Una vez que se tiene el compromiso gerencial y con ello la misión y visión ambiental, es necesario crear un equipo auto-dirigido que esté formado por un responsable de los departamentos de compras, diseño del producto, mantenimiento de las instalaciones, negocios,

mercadotecnia, ingeniería, calidad, recursos humanos, y planeación; donde cada encargado tendrá el compromiso de dirigir, realizar e implementar las actividades sustentables dentro de su departamento, según se requiera.

En las Tablas 4 a la 6 se detallan las actividades sustentables de los distintos departamentos, así como la interconexión entre ellos.

Departamento	Actividades	Descripción de actividades
Departamento de Diseño o Producto	Diseño del producto	Identificar los componentes y sustancias tóxicas que pueden ser intercambiados por aquellos de menor impacto negativo al ambiente o de ser posible eliminarlos por completo. Asimismo, búsqueda constante de innovaciones en los procesos, componentes y sustancias sustentables. Una vez identificado el cambio de los componentes, es necesario coordinarse con el departamento de compras y calidad para la selección y validación del proveedor verde, e identificar el momento del cambio.
	Ciclo de vida del producto	Esta actividad interactúa en gran medida con el diseño del producto y con la actividad de <i>Sustainable Value Stream Mapping</i> , con el fin de detectar, modificar o reciclar aquellos componentes o procesos que generan residuos tóxicos, utilizan un alto grado de material y energía; asimismo, tiene la tarea de analizar la durabilidad del producto y buscar la extensión de la vida del producto a través de la recuperación del producto, re-manufactura y reciclado, entre otros.
	Diseño de Empaque	Analizar y establecer las características de un empaque retornable del producto. Una vez aprobado dicho empaque, es necesario coordinarse con el cliente o proveedor para determinar la logística de control para el empaque.
Departamento de Proceso:	Sustainable Value Stream Mapping (Faulkner & Badurdeen, 2014)	Esta herramienta es con el fin de determinar el tiempo ideal y real de las actividades logísticas de la cadena de suministro, así como el consumo de los recursos no renovables de la empresa. Esto busca hacer una comparación entre los datos obtenidos y determinar las acciones a realizar para reducir el impacto ambiental.
	5's	Las 5's están estructuradas por cinco pasos; separar, ordenar, limpiar estandarizar y mejorar. Estos pasos se enfocaran en la materia prima que ya fue utilizada; es decir, se separarán los componentes obtenidos por los desechos de las máquinas, procesos manuales, producto retrabajado o producto segregado en partes; dichos componentes se clasificarán de acuerdo a sus características, funcionalidad y tipo de tratamiento que requerido por el componente para reutilizarse, o en su caso desechar correctamente el componente. Una vez que se separen los componentes en distintos contenedores, se aplicarán las operaciones requeridas para que el componente funcione de forma correcta; al finalizar esta actividad, el departamento de calidad inspeccionará y liberará los componentes, los cuales se verán reflejados en el sistema de control de componentes del departamento de compras y podrán ser utilizados en producción.
	Mantenimiento preventivo	Cada conductor debe de ser responsable de su vehículo y mantenerlo en las condiciones óptimas con el fin de evitar la contaminación ambiental, es decir que el vehículo este limpio, con combustible, los neumáticos con aire, cambio de aceite, así como estar al pendiente de los mantenimientos preventivos correspondientes; estas actividades se deben llevar a cabo con la finalidad de evitar las emisiones de dióxido de carbono, retrasos o costos extras.

Tabla 4. Actividades sustentables de los departamentos de diseño y procesos

Departamento	Actividades	Descripción de actividades
Departamento de Compras Verdes	Selección y desarrollo de proveedores	Está enfocado a la búsqueda de la materia prima proveniente de proveedores que cuenten con la certificación ambiental (ISO14000) o que estén en el proceso de certificarse; así como también deben de cumplir con las especificaciones requeridas por el diseño del producto, precio y tiempo de entrega.
	Control de la materia Prima	Tiene la responsabilidad de tener la materia prima adecuada, con las especificaciones requeridas, en la cantidad requerida, en el momento adecuado a un menor precio; asimismo, tiene la responsabilidad de controlar los componentes reciclados, remanufacturados que pueden ser reutilizados una vez que han sido aprobados por el departamento de calidad.
Departamento de Planeación	Producción	El enfoque sustentable se basa en la planeación del uso del equipo; es decir utilizar o encender el mínimo de maquinarias por día, de forma que se reduzca el consumo de recursos tales como energía, agua, gas, etcétera.
	Embarques	La planeación y programación de rutas de embarques, cantidad de productos a enviar, así como el uso de empaque retornable son actividades que disminuirán en gran medida la emisión del dióxido de carbono, así como el consumo de cartón y plástico lo que conllevaría a una reducción en el uso de materiales.
Estructura vinculada al cliente y proveedores	Mercadotecnia Verde	Este departamento tendrá la tarea de establecer estrategias de comunicación de información ambiental del producto con el cliente, con el fin de concientizar el uso del producto, mejorar la imagen, las ventas, al mismo tiempo que genera una diferencia con la competencia, teniendo como resultado una permanencia en el mercado. Asimismo, esta estrategia impulsará a los proveedores y diseñadores a generar productos verdes.
	Negocios / Cliente	La comunicación entre la empresa y cliente es de gran importancia; aquí es donde se establecen los procedimientos, responsabilidades y acuerdos, asimismo, el cliente debe de estar de acuerdo en los cambios que se realicen a los procesos o materiales que le afecten a su producto y que en ocasiones provoquen cambios en los costos. La implementación de la logística sustentable es de gran ayuda para incrementar el mercado, facilitar la inversión externa e incrementar la oportunidad de diversificación así como la adquisición de nuevas empresas.
	Proveedores	Se encargará de establecer acuerdos por escrito entre proveedor y empresa, donde se describan las características del contrato, procesos estandarizados para proveedores, políticas, objetivos, requerimientos de calidad y acciones a seguir en caso de incumplimiento. Asimismo, es importante llegar a acuerdos para la reutilización, reciclado del cartón o material de empaque.
Departamento Mantenimiento de Instalaciones	Agua	Instalar sistemas ahorradores de agua en los baños, uso de agua tratada para patios, jardines y procesos de manufactura, sistema de agua tratada, sistemas de riego de bajo consumo, entre otros.
	Energía	Uso del sistema dirigido por paneles solares, uso de leds para focos, programación automática de encendido y apagado de lámparas de acuerdo a los horarios laborables, propiciar una planeación eficiente del uso del equipo de manufactura para disminuir el encendido constante de equipo, uso de materiales térmicos en los edificios (ventanas dobles, poliuretano en techos y paredes, etc.), equipos de uso de bajo voltaje, entre otros.
	Gas y Emisiones Tóxicas	Mantenimiento a los equipos de transporte de la empresa (camiones, carros, montacargas, etc.)
	Papel y cartón	Reciclado del papel utilizado en oficinas, reciclar el empaque de cartón.

Tabla 5. Actividades sustentables de los departamentos de compras, planeación, mantenimiento de instalaciones y la vinculación entre cliente-empresa-proveedor.

Departamento	Actividades	Descripción de actividades
Departamento de Recursos humanos	Concientización	Generar campañas de concientización entre los empleados y la empresa. Ya sea de apagar la luz, computadora, cuidado del consumo del agua, la reutilización de papel, cartón, así como cumplir con las actividades de logística verde que les corresponda (selección de componentes, segregación de material de empaque, selección de proveedores, diseño del producto, etc.)
	Entrenamiento	Con el fin de que las actividades se realicen de forma correcta, es necesario que todo el personal reciba entrenamiento adecuado de las actividades que va a realizar, especialmente aquellas actividades que afectan directamente a la calidad del producto o del proceso de producción.
<i>Departamento de Calidad</i>	Control de documentos	Una vez que se establecieron los procedimientos de cada una de las actividades a seguir, éstos deben de estar descritos en documentos controlados con el fin de evitar malos entendidos de tal forma que las actividades se realicen adecuadamente según los procedimientos que se establecieron previamente; asimismo, en caso de que se modifique la forma de realizar las actividades es necesario hacer una nueva revisión del documento.
	Certificación ambiental	La certificación ambiental son de los objetivos más importantes de la logística sustentable, es por esta razón que al mismo tiempo de estar implementando las actividades de logística sustentable, el departamento de calidad esté empujando para la realización de las actividades adicionales que son requeridas para cumplir con la certificación.
	Liberación de componentes	Después de segregar los componentes según sus características o los procesos requeridos; este departamento debe de inspeccionarlos y liberarlos para su uso.

Tabla 6. Actividades sustentables de los departamentos de recursos humanos y calidad

Como puede observarse, la logística sustentable no son actividades que pueden ser aplicadas en un periodo determinado o realizadas por un departamento en particular; son actividades que se deben de realizar en la práctica diaria de todos los departamentos, de tal forma que se obtengan beneficios para la empresas de toda la cadena de suministro, al mismo tiempo que se disminuyen los impactos negativos al medio ambiente. Asimismo, la metodología para una logística sustentable muestra la interacción entre los distintos departamentos o actividades; de no existir esta comunicación es imposible que se implemente de forma eficiente y no se podrán percibir todos los beneficios que ofrece implementar la sustentabilidad en la empresa; asimismo, en la Fig. 1 se muestra la conexión entre los distintos departamentos y actividades.

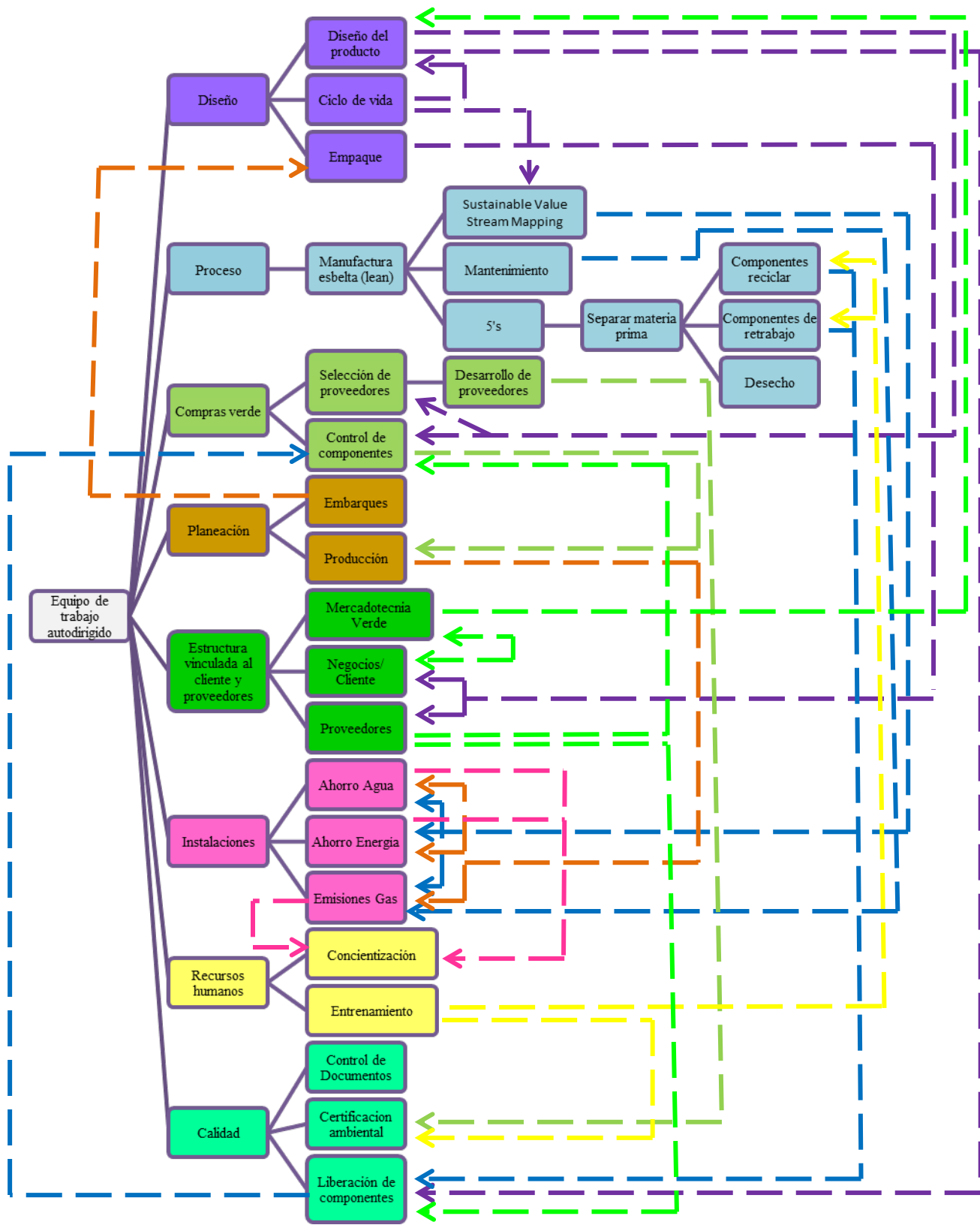


Fig. 1 Conexión Sustentable entre departamentos y actividades.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La logística sustentable es una actividad que requiere compromiso, apoyo y disponibilidad de cada uno de los involucrados así como su implementación requiere de inversión económica, tiempo y aprendizaje.

Hay mucho que hacer y mejorar en las empresas de Ciudad Juárez, pero de acuerdo al análisis de la información obtenida, se concluye que las grandes empresas estudiadas son las que tienen un mayor empuje y disponibilidad a la sustentabilidad, es decir, las grandes empresas observadas recuperan hasta un 60% del desperdicio de materiales generados, cuentan con una planeación de embarques más eficiente para reducir la cantidad de envíos, distancias, emisiones de dióxido de carbono; Asimismo, dichas empresas cuentan con mejores instalaciones para el control de uso de energía, agua, y emisiones auditivas; además que tienen un mejor diseño del producto para ser desensamblado; todo esto está respaldado por el buen entrenamiento y compromiso hacia la sustentabilidad por parte de los directivos de las grandes empresas. Sin embargo, como se mencionó, aún hay mucho que implementar en las empresas de Ciudad Juárez.

Con base en lo anterior y en la revisión de literatura, la metodología que se propone está dirigida especialmente a las medianas empresas; la cual considera que la implementación estará basada en primer término en la Misión, Visión y los objetivos y en segundo término en las Estrategias y Acciones. Donde la Misión, Visión y Objetivos deben de ser específicos para cada empresa, con un enfoque en la disminución de los efectos negativos al medio ambiente. Una vez que se tiene el amplio compromiso y soporte de la administración gerencial hacia la implementación de la logística sustentable se propone avanzar a la etapa de la implementación de estrategias y acciones; la cual inicia con la creación de un equipo auto dirigido formado por un responsable de los departamentos de diseño, ingeniería de procesos, compras, planeación, embarques, mantenimiento de las instalaciones, negocios, mercadotecnia, calidad, recursos humanos, entre otros, donde cada uno tendrá la responsabilidad de dirigir, realizar e implementar las actividades sustentables que le correspondan. Dichas actividades parten de la identificación de los componentes y sustancias tóxicas que se pueden modificar, identificación y certificación de proveedores verdes, análisis del ciclo de vida del producto, diseño y utilización de empaque retornable, selección y clasificación de componentes que se pueden reutilizar o reciclar, planeación de rutas y consolidación de envíos, mantenimiento de los camiones de transporte;

concientización del cliente, proveedor, y trabajadores de la empresa, así como el entrenamiento adecuado de las actividades a realizar; delimitación de prácticas basadas en procedimientos; obtención de las certificaciones ambientales, entre otras.

Cabe señalar que hay secciones de la metodología que aún no han sido consideradas por las grandes empresas estudiadas y que es recomendable que se utilicen; como son el empaque retornable debido a que el empaque es uno de las mayores causas de contaminación ambiental; y la segunda sección a considerar por ambos tamaños de empresas son el diseño del producto en el que permita la utilización de partes recicladas.

Es recomendable considerar en la implementación de las actividades de la metodología, las características y especificaciones del producto o de la empresa, es decir, si es producto médico, automotriz o algún otro tipo de producto el cual por su naturaleza pueda poner en riesgo la vida del usuario por una falla técnica, donde pueda ser ocasionada por el uso de materiales reciclados o re manufacturados dentro de los productos, en estos casos deberán omitirse o adecuarse algunas actividades.

Es cierto que la implementación de la logística sustentable requiere de una alta inversión inicial, pero los beneficios obtenidos en lo económico, social y ambiental generan un beneficio a largo plazo, lo que implica una ventaja competitiva para la empresa y en beneficio para la sociedad y el medio ambiente. Es por esta razón que en países como China se han creado fondos de financiamiento para el desarrollo sustentable en las empresas, el cual está respaldado por el gobierno (Geng, Xinbei, Qinghua, & Hengxin, 2010); valdría la pena que el gobierno mexicano analizara estas acciones en beneficio al medio ambiente.

Asimismo, se recomienda estar en la búsqueda constante de procesos, técnicas o productos que disminuyan el impacto negativo del medio ambiente y con ellos el costo de inversión, y esto es debido al creciente interés de los investigadores, diseñadores, productores, y clientes hacia lo sostenible.

Por otro lado, una vez implementado los procesos de la logística sustentable, lograr el cambio de costumbres, la concientización del personal y adquirir como hábitos cada una de las actividades mencionadas en la metodología propuesta, los costos requeridos para el mantenimiento en relación a las ganancias y beneficios que se obtendrán serán mínimos.

REFERENCIAS

- Ahi, P., & Searcy, C. (2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management, *52*.
- Bermejo, R. (2014). *Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis* Roberto Bermejo Gómez de Segura. Bilbao, HeGoa.
- Caprar, D. V., & Neville, B. A. (2012). “ Norming ” and “ Conforming ”: Integrating Cultural and Institutional Explanations for Sustainability Adoption in Business. *Springer Science and Business*, 231–245. doi:10.1007/s10551-012-1424-1
- Chaabane, A., Ramudhin, A., & Paquet, M. (2012). Int . J . Production Economics Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme. *Intern. Journal of Production Economics*, *135*(1), 37–49. doi:10.1016/j.ijpe.2010.10.025
- Despeisse, M., Ball, P. D., Evans, S., & Levers, A. (2012). Industrial ecology at factory level e a conceptual model. *Journal of Cleaner Production*, *31*, 30–39. doi:10.1016/j.jclepro.2012.02.027
- Diabat, A., & Govindan, K. (2011). Resources , Conservation and Recycling An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management, *55*, 659–667. doi:10.1016/j.resconrec.2010.12.002
- Eltayeb, T. K., Zailani, S., & Ramayah, T. (2011). Resources , Conservation and Recycling Green supply chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability : Investigating the outcomes. “*Resources, Conservation & Recycling*,” *55*(5), 495–506. doi:10.1016/j.resconrec.2010.09.003
- Evrard, K., Goury, M., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (2011). Journal of Strategic Information Systems Knowledge management in supply chain : An empirical study from France. *Journal of Strategic Information Systems*, *20*(3), 283–306. doi:10.1016/j.jsis.2010.11.001
- Faulkner, W., & Badurdeen, F. (2014). Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*, *85*, 8–18. doi:10.1016/j.jclepro.2014.05.042
- Geng, Y., Xinbei, W., Qinghua, Z., & Hengxin, Z. (2010). Regional initiatives on promoting cleaner production in China: A case of Liaoning. *Journal of Cleaner Production*, *18*(15), 1500–1506. doi:10.1016/j.jclepro.2010.06.028
- Gonzalez, A., & Padilla, J. (1999). Un esquema conceptual para analizar la validez en las investigaciones mediante encuesta, *1*, 85–98.
- González, A., Padrino, P., Encuesta, E. D. E., Estudio, U. N., & Descriptivo, D. E. T. (2009). Los estudios de encuesta, 1–7.
- Hernández, M. A. (n.d.). Estudio De Encuestas.

- Lai, K., & Wong, C. W. Y. (2012). Green logistics management and performance : Some empirical evidence from Chinese manufacturing exporters. *Omega*, 40(3), 267–282.
doi:10.1016/j.omega.2011.07.002
- Lambert, A. J. D. (2002). Eco-industrial parks : stimulating sustainable development in mixed industrial parks, 22, 471–484.
- Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., & Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 60(3), 498–508. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.07.023
- Samuel, K. E., Goury, M.-L., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (2011). Knowledge management in supply chain: An empirical study from France. *The Journal of Strategic Information Systems*, 20(3), 283–306. doi:10.1016/j.jsis.2010.11.001
- Sarkis, J., Zhu, Q., & Lai, K. (2011). Int . J . Production Economics An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *Intern. Journal of Production Economics*, 130(1), 1–15.
doi:10.1016/j.ijpe.2010.11.010
- Sbihi, A., & Eglese, R. W. (2007). Combinatorial optimization and Green Logistics, 99–116.
doi:10.1007/s10288-007-0047-3
- Ubeda, S., Arcelus, F. J., & Faulin, J. (2011). Int . J . Production Economics Green logistics at Eroski : A case study. *Intern. Journal of Production Economics*, 131(1), 44–51. doi:10.1016/j.ijpe.2010.04.041
- Venus, L. Y. H. (2011). Resources , Conservation and Recycling Green management practices and firm performance : A case of container terminal operations. “*Resources, Conservation & Recycling*,” 55(6), 559–566. doi:10.1016/j.resconrec.2010.12.001
- Westkamper, E., Williams, D., Jovane, F., Yoshikawa, H., Alting, L., Boe, C. R., ... Paci, A. M. (2008). CIRP Annals - Manufacturing Technology The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 57, 641–659. doi:10.1016/j.cirp.2008.09.010
- Wood, D., Barone, A., Murphy, P., & Wardlow, D. (1995). *International Logistics*. Kentucky, Chapman and Hall Book.

EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES

Arnulfo Castro Vásquez, Gabriel Bravo Martínez, Francisco Enríquez Aguilera, Mayra V. Linares Gil

Resumen—La producción científica en un área específica está determinada por el interés que los investigadores ponen en ese campo en el cual están investigando. En este artículo se presenta una revisión de literatura en el área de toma de decisiones, para lo cual se realizó una búsqueda en las Bases de Datos Web of Science, EBSCOHOST, Springer Link y MetaPress, buscando palabras clave como: Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones (DSS), Multi-Criteria Decisión Making (MCDM), Multi-Atributo Decisión Making (MADM), centrando la revisión a partir del año 1960. En el análisis se revisó la producción científica considerando los autores, número de publicaciones, áreas de aplicación, por mencionar algunas. Se ha encontrado que existe un enorme crecimiento y adaptabilidad de las técnicas aplicadas en la resolución de problemas en una amplia variedad de dominios, destacando las aplicaciones en los negocios, la administración y sistemas inteligentes.

Palabras clave— Toma de Decisiones, DSS, MCDM, MADM

Introducción

La revisión de la literatura es una actividad básica en el proceso de evolución de cualquier área de desarrollo, dado que los inicios de ésta son registrados en artículos, revistas, libros, etc. y a partir de estos elementos se construye nuevo conocimiento. Los artículos científicos registran de manera formal la evolución de cualquier área. Mediante búsquedas en las bases de datos de artículos científicos se puede apreciar cómo evoluciona y se fortalece un área específica. Este trabajo presenta un análisis sobre la evolución de los Sistemas de Soporte a la Toma de Decisiones (*Decision support Systems* DSS) y el origen de este concepto se da por la ayuda a la toma de decisiones y se remonta a (Simon, 1947) en su libro “Administrative Behavior”.

El proceso de tomar decisiones es básico en el humano y ha evolucionado a la par del hombre, con múltiples mejoras en varios aspectos del proceso, uno de éstos refiere a la administración de grandes cantidades de información la cual ayuda al proceso de decisión, pero a mayor cantidad de variantes en la toma de decisiones mayor problema para manejarlas y en consecuencia se hace necesario el tener herramientas que ayuden en este proceso.

Con la ayuda de la computación y la adaptación de ésta al proceso de la toma de decisiones se potenció la capacidad de manejar múltiples y muy variados factores en la administración de los datos que intervienen en la toma de decisiones. Esta capacidad de los sistemas de cómputo para manejar grandes cantidades de información facilitó la adaptación de los DSS y la disminución del tiempo de procesamiento aumentando la eficiencia, aun cuando el proceso de decisión incluya decisiones semi-estructuradas (Steven, 2004) en algunos procesos de decisión.

La evolución de los DSS a través de los años está determinada por el número de publicaciones, los autores, relación entre aplicaciones y los tópicos en los que se aplicaron los DSS, MCDM y MADM, como herramientas de apoyo en la resolución de problemas.

Con el paso de los años, el área de los Sistemas de Soporte a la toma de Decisiones se ha diversificado y también evolucionado hacia la tecnología web transformando sus desarrollos, diseños y procesos de aplicación (Bhargava, Power, & Sun, 2007).

La evolución de los DSS puede ser dividida en cuatro generaciones: la primera generación está centrada en el proceso de los datos del DSS, la segunda generación se enfoca en el proceso de la representación de los datos a través de mejores interfaces, la tercera generación se enfocó en el manejo y creación de modelos y la última está enfocada en la relación de implementaciones web de los DSS (Aggarwal, 2001) (Sugumaran & R., 2007)

Según (Keen & Morton, 1978) en su libro “*Decision Support Systems: an organizational perspective*” y (Suduc, Bizoi, & Filip, Exploring Multimedia Web Conferencing, 2009), el concepto de apoyo a las decisiones ha evolucionado desde dos áreas principales de investigación: los estudios teóricos de organización y la toma de decisiones. Siendo la segunda ampliamente desarrollada en el *Carnegie Institute of Technology* a finales de 1950 y comienzos de 1960.

En el presente trabajo se revisó y analizó el contenido de bases de datos científicas que poseen registros de las técnicas de toma de decisiones DSS, Multi-Criteria Decision Making (MCDM) y Multi-Attribute Decision Making (MADM) obteniendo información que fundamenta el cómo han evolucionado estas áreas en la toma de decisiones. Este trabajo indaga a través del análisis de la producción científica asociada a los DSS, MCDM y MADM, la evolución de estas técnicas de toma de decisiones resaltando los principales autores y las áreas de aplicación de toma de decisiones (Richard, 1979), lo que permite conocer el estado del arte de esta tecnología, y como ésta ha impactado en la resolución de problemáticas de decisión de la vida cotidiana.

El resto del documento presenta la descripción del método aplicado para el análisis de la evolución de las técnicas estudiadas presentando una serie de cuadros que concentran las principales referencias de los autores y las áreas de aplicación para cada una de las técnicas que se incluyen en el análisis, se termina con una serie de comentarios finales y conclusiones (Filip, 2008).

Descripción del Método

El proceso que se aplicó en el presente estudio fue la bibliometría o análisis bibliométrico, en el que se revisaron las bases de datos Web of Science, EBSCOHOST, Springer Link y MetaPress. Esto permite hacer un análisis cuantitativo de la producción científica a través de la literatura. En este trabajo se tomaron como punto de referencia las primeras publicaciones que se dieron en referencia a las técnicas de decisiones que se analizan. El registro se realizó por décadas, iniciando en 1960 y se finalizó con datos hasta el 30 de septiembre del 2011, con la limitante de búsqueda de documentos a texto completo, por lo que los resúmenes fueron excluidos.

El método implicó utilizar diversos tipos de consultas a las bases de datos con palabras específicas de búsqueda las cuales reportaron una muy amplia variedad de resultados en varias áreas de aplicación de los DSS, MCDM y MADM respecto de su evolución y comportamiento en las últimas cinco décadas. Sin embargo, no se profundizó sobre las causas o razones de sus

respectivos rasgos o de los subgrupos de estas tres tecnologías, ni se probó su eficacia desarrollando o implementando algún sistema de este tipo.

Algunas frases y palabras clave utilizadas para las búsquedas son: “Decision support System”, “Multi-Criteria Decision Making”, “Multi-Attribute Decision Making” “Multicriterio”, “multiatributo”, “multi criteria” y “multi attribute” así como sus siglas, estas palabras de búsqueda son ampliamente usadas por los investigadores para referirse a este tipo de sistemas. De cada artículo seleccionado se obtuvo el autor, año de publicación y dominio al que pertenece. Este procedimiento se repitió en cada de las técnicas que se analizaron DSS, MCDM. MADM, organizando y clasificando los datos que se obtuvieron y a partir de estos generar la información de los indicadores para el posterior análisis (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista-Lucio, 2004).

Resultados

Se obtuvo un resultado significativo en las publicaciones en cada una de las áreas de la toma de decisiones que se analizaron. En el cuadro 1 se presenta el concentrado de estos resultados, registrados en cada una las bases de datos que se analizaron.

En Web of Science se tienen los siguientes resultados: para DSS se tienen 7507 incidencias que representa 37.6%, en MCDM se tienen 1114 incidencias que representan 33.17% y para MADM se obtuvieron 273 incidencias que representan el 30.33%.

Bases de Datos	Número de Publicaciones					
	DSS	Porcentaje	MCDM	Porcentaje	MADM	Porcentaje
Web of Science	7507	37.6	1114	33.17	273	30.33
EBSCOHOST	5034	25.23	986	29.36	267	29.66
SpringerLink	4662	23.37	636	19.93	181	20.11
MetaPress	2742	13.70	622	18.52	179	19.88

Cuadro 1. Concentrado de publicaciones en las áreas de toma de decisión

Para la base de datos EBSCOHOST se obtuvieron los siguientes resultados: para DSS se registraron 5034 incidencias que representan 25.23%, en MCDM se tienen 986 incidencias que representan 29.36% y para MADM se obtuvieron 267 incidencias, las cuales representan el 29.66%.

La base de datos SpringerLink registró los siguientes resultados: para DSS se registraron 4662 incidencias que representan el 23.37%, en MCDM se tienen 636 incidencias que representan el 19.93% y para MADM se obtuvieron 181 incidencias, lo que representan el 20.11%.

La última base de datos MetaPress registro los siguientes resultados: para DSS se obtuvieron 2742 incidencias que representan 13.70%, en MCDM se tienen 622 incidencias que representan el 18.52% y para MADM se obtuvieron 179 incidencias que representan el 19.88%.

Autores y Áreas de Aplicación para DSS

De cada una de las técnicas de apoyo a la toma de decisiones se registraron lo autores más sobresalientes para cada uno de los periodos y los resultados se presentan en el Cuadro 1 y Cuadro 2, de acuerdo a cada una de las base de datos; asimismo, se ilustran las áreas de

conocimiento en dónde se aplicaron o desarrollan estas técnicas en la resolución de problemas. Cabe hacer mención que la base de datos Web of Science presentó resultados a partir del año 2001 en las tres tecnologías que se analizaron pero se ha considerado debido a la importancia que esta Base de Datos ha tenido en el área de aplicación de la toma de decisiones, registrando un muy elevado número de publicaciones en los últimos diez años.

La Base de datos EBSCOHOST no permite la obtención de información agrupadas por áreas del conocimiento, por lo tanto se muestran tal y como se obtuvo la información de la misma. Las otras Bases de Datos, Web of Science, SpringerLink y MetaPress si implementan la clasificación de áreas, por lo cual se han presentado los resultados con esta característica.

Del cuadro 2 se puede determinar que del total de las publicaciones registradas, el 13.75% de publicaciones fueron publicadas por Meta Press, de igual forma 23.37% fue publicado por Springer Link, el 25.24% por EBSCO HOST y por último, el 37.64% de Web of Science. Por razones de espacio se han eliminado todos los nombres personales de cada uno de los autores colocando solo sus iniciales.

El cuadro 3 muestra cada una de las áreas de aplicación en las que se han utilizado los DSS incluyendo la cantidad de problemas que se han resuelto por cada área.

Así mismo se presentan las 61 diferentes áreas de aplicación de los DSS en donde se registraron 4172 problemas resueltos, en donde el área de mayor crecimiento en la utilización de los DSS es en el ambiente médico con un 15.55%, seguida del área de la inteligencia artificial con 11.02%.

Para el caso de la base de datos Web of Science se han registrado 17 macro clasificaciones en las cuales se han aplicado las 7507 resolución de problemáticas de los DSS, siendo el área de Ciencias de la Computación la de mayor producción con un 34.48%, seguida del área de la ingeniería con un 25.19%, por lo que en estas dos áreas se registra casi el 60% de la producción de los DSS.

Los registros que se tienen en la base de datos SpringeLink son 13 las macro clasificaciones, con 4551 negocios y economía con un 13.88%. Esta base de datos no presentó registros en el periodo de 1960 a 1970.

Autores y áreas de aplicación de MCDM

En el cuadro 4 se pueden apreciar los autores más prolíficos y se determina que de las 3358 publicaciones registradas, el 29.36% de publicaciones fueron realizadas por Meta Press, de igual forma 18.52% fue publicado por Springer Link, el 18.93% por EBSCO HOST y por último, el 33.17% en Web of Science, siendo ésta la que registra una tercera parte de todas las publicaciones. Por razones de espacio se han eliminado todos los nombres personales de cada uno de los autores colocando solo sus iniciales.

En el caso de las base de datos de Meta Press se han registrado 13 áreas de aplicación con 2739 problemáticas resueltas y registradas, en donde las ciencias de la computación tienen un 35.45% de problemáticas resueltas seguida de la inteligencia artificial con un 17.74%, teniendo registro en todos los periodos consultados.

El cuadro 6 presenta los resultados de MCDM por autor más relevante de cada periodo, el número al lado del autor representa la cantidad de artículos que ha publicado en las bases de datos que se han analizado y de esta se puede apreciar que en el periodo de 1960 a 1970 no hubo registro alguno de publicaciones sobre esta técnica de decisiones, pero para el periodo de 1971 a 1980, las bases de datos SpringerLink no indica registro alguno y finalmente, de igual forma, la base de datos Web of Science no registro publicaciones en el periodo del 1971 al 2000.

Periodo	Autores y cantidad de artículos
Ebscohost	
1960-1970	F.T. Paulsson, N. Calder
1971-1980	Sprague Jr., Ralph H. (2), Ingleby, J. D. (2), Ingleby, J. D. (2), Alter, S.; Barbosa, L. C.; Berrisford, T.; Carlson, E.D.; David, R. K.; Davis, G.B.; DeLono, W.B.; Dickson, G.W.
1981-1990	Guyote, M.J.(3); Keen, P.G.W (3); Lee, D.T. (3); Meador, C.L.(3); Sawy, O.A.(3); DeSanctis, G.(2); Dickson, G.W.(2); Huber, G.P.(2); Jackson, I.F.(2); King, W.R.(2); Kottemann, J.E.(2); Sibley, E.H. (2); Ting-peng L.(2); Watson, H.J.(2); Sprague Jr., Ralph H.
1991-2000	Krill, P.(7); Phillips, B.(7); Aiken, M.(6); Stedman, C.(5); Davis, B.(4); Hoffman, T.(4); Booker, E.(3); Crawford, D.(3); Fayyad, U.(3); Gray, L.(3); Hammond, M.(3); Moad, J.(3); Smit, A. B. (3); Struik, P. C.(3)
2001-2011	Doukas, H. (11); Psarras, J.(11); Übeyli, E. D.(11); Patlitzianas, K.(10); Huang, G.H(9); Polat, K.(7); Güneş, S.(6); Kwon, O. B.(6); Makropoulos, C. K(6); Minciardi, R.(5); Bracke, M.B.(5); Butler, D(5); Gonzalez Andujar, J. L.; (5); Karakosta, C.(5); Marinakis, Y.(5); Quinn, N.W.T.(5) Juncher.(3); Jones, J. W. (3); Kassab, M.(3); Kuo, R.J.(3); Lam, K.C.(3); Lau, H. C.(3); Lee Kun, C.(3); Li, Der-Chang(3); Li, Sheng-Tun(3); Li, Y. P. (3); Lu, Jie(3); Madhavan, P.(3); McCown, R.L.(3); Metz, Jos H. M.(3); Monte, L.(3); Pflug, Georg Ch.(3); Piramuthu, S.(3); Qin, X. S.(3); Rutkowski, Anne-Francoise(3); Robba, M.(3); Sánchez-Marrè, M.(3); Sengupta, R.(3); Skelsey, P. (3); Spruijt, Berry M (3); Thorp, K.R.(3); Yong S.(3); Yurdakul, M.(3); Zhang, G.(3)
Web of Science	
2001-2011	Abu Hanna A.(9); Ahuja Lr.(7); Ammenwerth E.(11); Antunes Ch. (9); Arus C.(8); Arus C.(7); Ascough Jc.(8); Ash J.S.(8); Ash Js.(11); Bakken S.(8); Bates D.W.(25); Bates Dw.(47); Benbasat I.(8); Benbasat I.(8); Berner Es.(9); Bracke Mbm.(10); Carberry Ps. (10); Chang Nb.(10); Comas J.(14); Cortes U.(8); De Keizer Nf.(9); De Keizer N.(8); Dennis A.R.(8); Dennis Ar.(10); Fernandez A. (10); Fox J.(8); French S.(8); Gandhi Tk.(10); Garcia Gomez Jm.(7); Goldstein Mk.(8); Goodwin P.; Sacile, R.(5); Bashford, J.(4); Delen, D.(4); Derigs, U.(4); Dounias, G.(4); Frischer, M.(4); Güler, İ.(4); Klein, J.(4); Levy, J.K.(4); MacLean, C.D.(4); Marinaki, M.(4); Nielsen, U.D.(4); Ramachandra, T. V.(4); Ramnarayan, P.(4); Short, D.(4); Tedeschi, L.O.(4); Weber, S.(4); Ackermann, F.(3); Aerts, J.(3); Anagnostopoulos, K.(3); Bouma, E. (3); Brafman, R.I.(3); Castillo, L.(3); Chang, Ni-Bin(3); Chatellier, G.(3); Colombet, I.(3); Cortés, U.(3); Fernadez Quintanilla, C.(3); Fernández-Olivares, J.(3); Galdorisi, G.(3); García-Pérez, O.(3); Goud, R.(3); Graham, W.D.(3); He, J.(3); Hegazy, T.(3); Hipel, K.(3); Househ, M.(3); İÇ, Yusuf T.(3); Izquierdo, J.(3); Jensen, J.(8); Grimshaw J.(8); Haefeli W.(12); Hasman A.(13); Haynes R.B.(8); Haynes Rb. (9); Hipel Kw.(8); Hoogenboom G.(23); Huang Gh.(39); Johnson Kb.(8); Julia Sape M.(8); Kahraman C.(10); Kahraman C.(9); Kaklauskas A.(11); Kaklauskas A.(7); Kaltschmidt J.(8); Kaushal R.(11); Kim J.(7); Kuperman Gj.(9); Kwon O.(8); Lee J.(7); Lee Kc.(12); Li L.(10); Li Y P (12); Li Yp.(16); Lowry Pb.(8); Lu J.(15); Lu J.(17); Ma J.(13); Ma J.(8); Ma L.(8); Matthews Kb.(8); Mccown Rl.(11); Menachemi N.(9); Middleton B.(22); Middleton B.(17); Miller R.(7); Minciardi R. (10); Moore Ad. (9); Ossowski S.(9); Patel Vl.(10); Peleg M.(8); Poch M.(13); Poon Eg.(8); Quek C. (7); Robba M.(10); Robertson Mj.(7); Rodríguez R.I.(9); Sacile R.(14); Sittig D.F.(15); Sittig Df.(20); Srinivasan R.(8); Stevenson M.(8); Trb (25); Ubeyli Ed.(12); Van Ittersum Mk.(10); Van Keulen H.(9); Wang Hq.(7); Wang J.(10); Wang L.(9); Wright A.(17); Wright A.(14); Yang Jb.(8); Zarate P.(8); Zavadskas Ek.(10); Zhang Gq.(16); Zhang G.(15)
SpringerLink	
1971-1980	A. Kalogeropoulos; Carl I. C.; Dean M. K.; Eric D. C.; Frank M. S.; Frank G. M.; Gary K.; H. David B.; Rossignol, J. L.; Jane F.
1981-1990	Ove W.(3); B. Novick (2); C. McMillan (2); Essam M.(2); F. Glover (2); Hans G.(2); Nosrat S.(2); Ralph R. G.(2); Robert H. G.(2)
1991-2000	Melvin F. S.(5); Pedro B.(5); Colette R.(3); Keith W. H. (3); Opher E.(3); S. K. Das (3); Stan Szpakowicz (3); Andrew B.W. (2); Jan T.(2); Matthias J.(2)
2001-2011	Janusz K.(4); X. Chen (4); Keith W. H.(6); Jie Lu(11); J.M. Corchado (3); Yan Zhang (3); A. Jiménez (2); J. Neves (2); T. Li (2); Wil M. P. der Aalst (2);
MetaPress	
1960-1970	V. N. Tsytarkin; D.W. Massaro, G. I. Gritsko, S Mahalingam, S. T. Kuznetsov, V. A. Bessonnikov, V. T. Gorokhov
1971-1980	A J Morris; Barry Willer; C. Joseph Stetler; G. Lowe; Gary H. Miller; H. Nakayama; H. Wolfram; I. M. Djabbarov; J. J. L. Duyvendak; J.H. Johnson
1981-1990	A. I. Deshko (2); B. V. Ignatenko (2); C.H. Gladwin (2); E.Mahmoud (2); V. I. Kostyuk (2)
1991-2000	D. M. Kilgour (3); K. W. Hipel (3); C. W. Holsapple (2); Fran Ackermann (2); F. Otto (2); H.S. Mahmassani (2); M.F. Shakun (2); M. Hatcher (2); Xiaoqi Peng (2)
2001-2011	Jie Lu (11); John Psarras (7); Constantin Zopounidis (5); Clyde W. Holsapple (6); Alexander Smirnov (3); Guangquan Zhang (3); John Zeleznikow (3); Hans Pretzsch (2); J. Grifka (2); L. Perlick (2)

Cuadro 2. Autores de DSS

Ebscohost	
Periodo	Area de aplicación
1960-1970	Inversiones (1); S.I. Gerencial (1)
1971-1980	SI Gerencial (6), Sist. Comp.(4), Medica(2), Negocios (1), Inteligencia Artificial(1), Comercio (1), Estadística(1), Criptografía(1), Militar(1), Finanzas(1), Administración(1)
1981-1990	SI Gerencial (36), Sist. Comp.(21), Sistemas experto(14), Educación(5), Energía(3), Psicología(3), Inteligencia artificial(3), Contabilidad(2), Ing. Industrial (2), Finanzas (2), Manufactura(2), Mercado de alimentos(2), Recursos humanos(2), Aerolíneas (1), Gobierno (1), Telecomunicaciones(1), Forestal (1), Negocios(1), Navegación(1), Medioambiente(1), Medica (1), Matemáticas(1), Nutrición(1), Trabajo Social(1), Ing. Civil(1), Ciencias Sociales(1)
1991-2000	SI Gerencial (138), Sist. Comp. (113), Medica (73), Medioambiente(31), Agricultura (29), Recursos Agua (22), SI Geográfica (22), Educación (21), Ing. Industrial(17), Ing. Civil (15), Negocios (12), Transporte(11), Sistemas expertos (10), Inteligencia artificial(9), Finanzas(8), Telecomunicaciones(8), Aerolíneas(8), Comercio electrónico(7), Energía eléctrica (6), Mercadotecnia(6), Justicia(6), Forestal(5), Matemáticas(5), Meteorología(5), Energía (3), Auditoría(3), Nutrición(3), Contabilidad(3), Aeronáutica(3), Criminología(2), Desarrollo Urbano(2), Administración pública (2), Gobierno(2), Psicología(2), Industria Automóviles(2), Electrónica(2), Manufactura(1), Estadística(1), Industria de minera(1), Industria Metalúrgica(1), Trabajo social(1), Militar(1), Manejo de Residuos(1), Industria de la pesca(1)
2001-2011	Medico (649), Inteligencia artificial (448), SI Gerencial (447), Sistemas expertos (398), SI Geografía (271), Agricultura (253), Medioambiente (230), Sist. Comp.(224), Recursos Agua(219), Ing. Civil (177), Ing. Industrial(138), Transporte(114), Forestal(82), Empresas Negocios(79), Ciencias Sociales, Políticas, humanidades(59), Telecomunicaciones(49), Estadísticas(46), Matemáticas (43), Educación (31), Finanzas(30), Aeronáutica(24), Manejo de residuos(22), Meteorología(22), Energía (18), Psicología (17), Comercio electrónico(17), Militar(16), Aerolíneas (14), Energía Eléctrica(14), Manufactura (13), Nutrición(12), Mercadotecnia(12), Química(11), Desarrollo Urbano(10), Geoespacial(8), Recursos Humanos(8), Admon. Pública (7), Naval(7), Industria de automóviles(6), Judicial(6), Arquitectura(5), Contabilidad(4), Industria de la pesca(4), Criminología(3), Drenaje(3), Industria Minera (3), Robótica (3), Electrónica(2), Diseño de modas(1)
Web of Science	
2001-2011	Ciencias de la computación (2,589), Ingeniería (1,891), Medioambiente y ecología (821), Economía y Negocios (789), Medicina (457), Psicología (185), Geología (128), Transporte (122), Ciencias Sociales, Política y Humanidades (99), Matemáticas y estadística (95), Geografía (77), Forestal (72), Meteorología (53), Telecomunicaciones (46), Biomédica (35), Química (33), Robótica (15)
Springelink	
1971-1980	Negocios y Economía(2), Medicina(2), Ciencias Comp.(2), Psicología(2), Medioambiente(2), Ciencias Sociales, política , Humanidades(1), Biomédica y Forestal(1), Matemáticas y estadística(1)
1981-1990	Matemáticas y estadística(17), Negocios y Economía(31), Ciencias Comp.(18), Medicina(15), Ciencias Sociales, política , Humanidades(10), Biomédica y Forestal(4), Medioambiente(3), Ingeniería(3), Psicología(1)
1991-2000	Ciencias Comp.(263), Negocios y Economía(131), Ingeniería(46), Medicina(45), Medioambiente(44), Matemáticas y estadística(30), Ciencias Sociales, política , Humanidades(21), Biomédica y Forestal(19), Psicología(9), Química y Ciencia de Materiales(3), Física y Astronomía(2)
2001-2011	Ciencias Computación.(1600), Ingeniería(545), Negocios y Economía(468), Medioambiente(439), Medicina(334), Biomédica y Forestal(203), Matemáticas y estadística(95), Ciencias Sociales, política , Humanidades(77), Psicología(32), Química y Ciencia de Materiales(15), Arquitectura y diseño(7), Física y Astronomía(5), Computación Aplicada(3)
MetaPress	
1960-1970	Ingeniería(3), Medioambiente(2), Ciencias de la computación(1), Negocios y Economía(1)
1971-1980	Ciencias Sociales (6), Ingeniería (3), Psicología(3), Biomédica (2), Medicina (2)
1981-1990	Ciencias de la Computación (20), Negocios y Economía (13), Matemáticas (8), Ciencias Sociales y Humanidades (7), Medicina (6), Biomédica (6)
1991-2000	Ciencias de la Computación (119), Ingeniería (97), Inteligencia Artificial (84), Economía/Gerencia (32), Economía/Gerencia (32), Biomédica (10), Física (7), Ciencias Sociales y Humanidades (7)
2001-2011	Ciencias de la Computación (831), Inteligencia Artificial (402), Ingeniería (351), Medioambiente (342), Medicina (247), Biomédica (87), Química y Materiales (19), Física y Astronomía (17)

Cuadro 3. Áreas del conocimiento por períodos en DSS

Ebscohost	
Periodo	Area de aplicación
1960-1970	Null
1971-1980	Burns, T. R (1), Lindsey, J. K. (1), Marradi, Alberto. (1)
1981-1990	Affisco, J.F. (1), Borthick, A.F.(1), Chanin, M.N.(1), Chen-en K.(1), De Palna, A.(1), Dillon, W.R.(1), Fleckseder, H. (1), Frederick, D.G.(1), Hannan, Ed. (1), Kiersey, G.F.(1)
1991-2000	Peneva, V.(2), Popchev, I.(2)
2001-2011	Ye, Jun(6), Nagurney, A.(5), Ekel, P.Ya (4), Chen, Ting-Yu (3), Li, Heng (3), Pavan, M.(3), Todeschini, R.(3), Ayoko, Godwin A.(2), Chen, Zhen (2), Kuo, Ming-Shin (2), Liang, Gin-Shuh (2), Opricovic, Serafim (2), Peneva, V.(2), Popchev, I.(2)
Web of Science	
2001-2011	Zavadskas Ek.(27), Xu Zs(17), Kokot S.(15), Peneva V.(15), Popchev I.(15), Psarras J.(15), Yager Ronald R.(15), Tzeng Gh (14), Zarghami M.(14), Kahraman C.(13), Lahdelma R.(13), Ayoko Ga (12), Podvezko V.(12), Ye Jun (12), Kahraman Cengiz (11), Kojadinovic I.(11), Salminen P.(11), Turskis Z.(11), Kangas J.(10), Kaya I.(10), Kaya T.(10), Malczewski J.(10), Nagurney A.(10), Turskis Z.(10), Grabisch M.(9), Kangas A.(9), Andre F.J.(8), Araz Ceyhun (8), Bewszko Tadeusz (8), Chen Ting Yu (8), Chou Cc (8), Chou Chien Chang (8), Kojadinovic I.(8), Kokot Serge (8), Kuo Ming Shin (8), Tzeng Gwo Hshiang (8), Yeh Ch (8), Chang Nb (7), Labreuche C.(7), Mesiar R.(7), Miettinen K.(7), Ayoko Godwin A.(6), Cruz Jm.(6), Hadjmohammadi Mr.(6), Martel Jm.(6), Morawska L.(6), Opricovic S.(6), Szidarovszky F.(6), Trb.(6), Ustinovichius L.(6), Buyukozkan G.(5), Cebi S.(5), Cruz J.M.(5), Dong J.(5), Doukas H.(5), Ekel Py.(5), Kaya I.(5), Lahdelma R.(5), Laukkanen S.(5), Lim Mch (5), Liu Y.(5), Moreno Jimenez Jm.(5), Ni Yn (5), Sadiq R.(5), Stewart Tj.(5), Szidarovszky Ferenc (5), Tavana M.(5), Ustinovichius L.(5), Zopounidis C.(5), Cebi Selcuk (4), Doukas H.(4), Engau A.(4), Fonteix C.(4), Goonetilleke A.(4), Jimenez A.(4), Levin Ms.(4), Mateos A.(4), Mavrotas G.(4), Parreiras Ro.(4), Pereira Ram(4), Rios Insua S.(4), Ristovski Zd. (4)
Springelink	
1960-1970	Null
1971-1980	Null
1981-1990	A. Sydow (1), G.A. Pierce (1), J. Ester (1), J. Xin (1), P. Sánchez (1), Reuven Karni (1), S.M. Hood (1), V. M. R.Tummala (1), Wenzhang Guo (1), William Blanchard(1)
1991-2000	A.S. Tanguiane (2)
2001-2011	I. Linkov (9), A.Nagurney (6), A. Abraham (5), J. Lu (5), K. Miettinen (5), K. Deb (5), G. Zhang (4), L. Ustinovichius (4), P. R. Pinheiro (4), C. Romero (3), Constantin Zopounidis (3), F.J. André (3), Hepu Deng (3), J.Ma. Moreno-Jiménez (3), Jun Ma (3), M. A. Cardenete (3), M. Virvou (3), M. Grabisch (3), N. Manouselis (3), V. Kreinovich (3)
MetaPress	
1960-1970	Null
1971-1980	K. Bergstresser (1), A. Charnes (1), P. L. Yu (1)
1981-1990	E. Jurkiewicz (1), E.Czogala (1), G.A. Pierce (1), H. Peters (1), H. van der Stel (1), J. Xin (1), Mark H. Karwan (1), R. Ramesh (1), S.M. Hood (1), S. Zionts (1)
1991-2000	A.Kershenbaum (1), D.B. Paradise (1), E. Fernández (1), I.Olmeda (1), J. F. Peters (1), L. Han (1), R. Slowiński (1), R.R. Yager (1), S. Ramann(1), T. Rubinson (1), U. Bose(1)
2001-2011	I. Linkov (7), A. Nagurney (6), A. Abraham (5), Jie Lu (5), K. Miettinen (5), G. Zhang (4), I. Tamanini (4), J. Ma. Moreno-Jiménez (4), K. Deb (4), P.R. Pinheiro (4), A. Noorul Haq (3), C.Romero (3), C. Zopounidis (3), F.J. André (3), Jun Ma (3), J. Dong (3), M. Zarghami (3), M.C. Dantas Pinheiro (3), R.R. Yager (3), T.L. Saaty (3), V. Kreinovich (3), E. Triantaphyllou (2), A. Noorul Haq (2), B. Sarkar (2), E. Kazimieras Zavadskas (2), Ferenc Szidarovszky (2), G. Kannan (2), G. Kannan (2), Hsuan-Shih Lee (2), Jie Lu (2), Qing Chen (2), R. Mesiar (2), R. Ardakanian (2), S. Bhattacharya (2),

Cuadro 4. Autores más sobresalientes en MCDM

Ebscohost	
Periodo	Area de aplicación
1960-1970	Null
1971-1980	Ciencias Sociales(1)
1981-1990	Matemáticas(2), Política(2), Sist. Comp.(2), Mercadotecnia (1), Desarrollo Urbano (1), Negocios (1), Recursos Agua (1), SI Gerencial (1)
1991-2000	Matemáticas(5), Recursos Agua(3), SI Gerencial(3), Geografía(2), Ingeniería civil (1), Industria de la pesca (1), Industria de la pesca (1), Electrónica (1), Ing. Industrial (1), Gobierno (1), Ecología (1), Política (1)
2001-2011	SI Gerencial (71), Matemáticas (64), Ing. Industrial (60), Sist. Comp. (40), Medioambiente (41), Energía (39), Manufactura (24), Sistemas expertos (24), Química (21), Médica (19), Recursos Agua (19), SI Geográfico (18), Ing. Civil (17), Manejo de Residuos (16), Transporte (13), Comercio electrónico (12), Finanzas (11), Forestal (11), Inteligencia artificial (11), Agricultura (11), Empresas de negocios (7), Educación (7), Telecomunicaciones (5), Aerolíneas (4), Ciencias sociales (4), Turismo (4), Aeronáutica (3), Desarrollo Urbano (3), Estadística (3), Recursos Humanos (3), Robótica (3), Arquitectura (2), Electrónica (2), Psicología (2), Militar (2), Administración Pública (1), Deportes (1), Economía (1), Judicial (1), Mercadotecnia (1), Metalúrgica (1), Naval (1).
Web of Science	
2001-2011	Ciencias de la Computación (373), Ingeniería (329), Negocios y Economía (200), Medioambiente y Ecología (177), Matemáticas (35)
Springelink	
1960-1970	Null
1971-1980	Null
1981-1990	Negocios y Economía(2), Medioambiente(1), Ciencias Computación(1), Ciencias sociales, humanidades, leyes(1)
1991-2000	Medioambiente(10), Negocios y Economía(6), Biomédica(4), Ciencias de la Computación(2), Ingeniería(2), Física y Astronomía(1), Química y Materiales(1)
2001-2011	Ciencias de la Computación (175), Negocios y Economía (113), Ingeniería(106), Medioambiente (80), Matemáticas y Estadística(40), Ciencias Sociales, humanidades, leyes (17),Biomédica (20), Computación aplicada(18), Química y Materiales(11), Medicina(10), Física y Astronomía(1)
MetaPress	
1960-1970	Null
1971-1980	Matemáticas y Estadística (1)
1981-1990	Matemáticas Y Estadística (2), Negocios y Economía (2), Ciencias de la Computación (1), Ciencias sociales, humanidades y leyes (1), Medioambiente (1)
1991-2000	Medioambiente (11), Negocios y Economía (10), Ciencias de la Computación (7), Biomédica (3), Física y Astronomía (2), Ingeniería (2), Ciencias sociales, humanidades, leyes (1), Transporte (1)
2001-2011	Ciencias de la Computación (320), Negocios y Economía (232), Ingeniería (179), Medioambiente (112), Inteligencia Artificial (58), Matemáticas Y Estadística (38), Ciencias Sociales, humanidades y leyes (2)

Cuadro 5. Áreas de conocimiento por periodos en MCDM

Para el caso de la Base de Datos Web of Science, solo se registra el periodo del 2001-2011, pero se puede apreciar una clasificación general en la cual se han agregado todas las sub áreas en las cuales se han clasificado las aplicaciones del mismo tipo. Se han registrado 1114 aplicaciones en cinco grandes clasificaciones, en donde el 33.48% lo ocupan las ciencias de la computación, seguida de ingeniería y por último lugar, el área de matemáticas.

En la base de datos SpringerLink se han realizado un total de 623 aplicaciones en las 12 áreas en las que se han clasificado, siendo el área de las ciencias de la computación las de mayor crecimiento, ya que registrando un total de 178 y computación aplicada registro 18 aplicaciones. Cabe hacer mención que el mayor crecimiento se registra en el periodo de 2001al 2011.

La última base de datos, en MetaPress, se han registrado un total de 986 aplicaciones en 10 grandes clasificaciones que se han registrado, siendo la de mayor crecimiento el área de las ciencias de la computación con un registro de 328 aplicaciones que resuelven problemas en ésta área y ocupando el 33.26% de todos los registros.

Autores y áreas de aplicación de MADM

En el cuadro 6, se ilustran las referencias de los autores más sobresalientes de la tecnología MADM, también clasificada por periodo (Belz & Mertens, 1994).

Ebscohost	
Periodo	Area de aplicación
1960-1970	Null
1971-1980	Ford, D.L. (1), Ahtola, Olli T. (1), Bettman, J.R. (1), Bruno, A.V. (1), Burnhill, P.(1), Davies, L.(1), Devita, M.T. (1), Duffield, Beverly J (1), Fischer, G.W (1), Green, P.E.(1)
1981-1990	Affisco, J.F.(1), Carroll, J. D.(1), Chanin, M.N.(1), DeSarbo, W.S.(1), Edwards, W.(1), Glazer, Rashi (1), Green, P.E.(1), Seaver, D.A. (1), Stillwell, William G. (1)
1991-2000	Bose, U.(1), De Leon, G.A.(1), Gatto, M.(1), Herrera, F. (1), Jiuping P.(1), Kim, Jae-Kyeong (1), Levine, J.(1), Martinez, L.(1),Paradice, D.(1), Seung-Jun K.(1)
2001-2011	Li, Deng-Feng. (14), Xu, Zeshui. (7), Kulak, O.(3), Xuebin, Li(3), Zavadskas, Edmundas K.(2), Da, Qing-Li. (2), Kahraman, C.(2), Peng, Jin(2), Rao, C.(2), Tamošaitienė, J.(2), Turskis, Zenonas(2), Xu, Ye-Jun; (2)
Web of Science	
2001-2011	Li Df.(31), Zavadskas Edmundas K.(11), Kahraman C (9), Yang Jb (9), Cebi S (8), Kahraman C.(8), Cebi S.(7), Rios Insua S (7), Ahn Bs (6),Celik, M.(6), Chin Kwai S.(6), Jimenez A (6),Mateos A.(6), Shevchenko G.(6), Ustinovichius L.(6), Xu Dong L.(6), Hamalainen Rp. (5), Lewis K (5), Liu J.(5), Olson Dl.(5), Turskis Z.(5), Yeh Ch.(5), Chang Jr.(4), Cheng Ch.(4), Hamalainen R.P.(4), Riesgo L.(4), Turskis Z.(4), Wang J.(4), Yang Jian Bo (4), Ahn Byeong S.(3), Albayrak Ye(3), Chang Yh.(3), Gomez Limon Ja (3), Han Ch.(3), Ho Th (3), Kaya I.(3), Kaya Ihsan (3), Lewis K.(3), Park Ks.(3), Shapira A.(3), Sii Hs (3), Wang Ym.(3)
SpringeLink	
1960-1970	Null
1971-1980	John H.L.(1), Leonard J. K.(1)
1981-1990	A. Allen Dyer (1), C. P. Whaley (1), D. Taliaferro (1), G.J. Bakus (1), J. Rothenberg Duke (1), L.D. Teeter (1), S.F. Mandell (1), S.M. Latter (1), W.G. Stillwell (1)
1991-2000	A. Locascio n (1), A. Rangone (1), B.D' Ambrosio (1), D.L. Thurston (1), D.G. Ullman (1), D. Herling (1), G.E. Apostolakis (1), Gleb Beliakov (1), J. Harmon (1), N. Stanoulov (1)
2001-2011	A. Jiménez (4), A. Mateos (4), X. Xue (3), A. Diederich (2), A. Mateos (2), A. Jiménez (2), A. Zaslavsky (2), C. Wang (2), Eva K. Lee (2), F. Burstein (2), J. Lang (2), J. San Pedro (2), J. Cowie (2), S.H. Huang (2)
MetaPress	
1960-1970	Null
1971-1980	J.H. Lindgren (1), L.J. Konopa (1)
1981-1990	V.M. Rao Tummala (1), A. Allen Dyer (1), C.P. Whaley (1), D. Taliaferro (1), J.R. Duke (1), L.D. Teeter (1), P. Sanchez (1), R. Karni (1), S.F. Mandell (1)
1991-2000	A. Ishikawa (1), A. Jiménez (1), D.B. Paradice (1), G. Beliakov (1), J. Noh (1), K. Mo Lee (1), L. Vlacic (1), M.J. Lexer (1), M. Amagasa (1), N. Stanoulov
2001-2011	A. Jiménez(4), A. Mateos (4) , S.H. Huang (3), Tsai-Chi Kuo (3), Sheng-Hung Chang (3), A. Zaslavsky (2), J. Cowie (2), Adele Diederich (2), C. Liu (2), C. Wang (2), E.K. Lee (2), F. Burstein (2), J. Lang (2), J. San Pedro (2)

Cuadro 6. Autores más sobresalientes en MADM

El cuadro 7 presenta las principales áreas de conocimiento en dónde se han aplicado las tecnologías MADM en la resolución de problemáticas, donde se observa que en la base de datos EBSCOHOST se tienen 32 diferentes clasificaciones con un total de 179 aplicaciones que han resuelto problemáticas específicas y de éstas, la de mayor aplicación se registro el área de “Sistemas de Información Gerencial” con un 27.37%, seguida del área de las matemáticas, con un 12.29%.

Para el caso de la base de datos Web of Science, sólo se toma en cuenta el periodo comprendido entre 2001 al 2011 con una macro clasificación que tiene 4 grandes áreas, con un total de 273 problemáticas resueltas en esta base de datos y con un aporte mayoritario en el área de las ciencias computacionales, ya que representa un 37.72% del total, seguida por el área de aplicación de ingeniería con un 29.67% del total de las publicaciones registradas.

Respecto de la base de datos SpringeLink, se tienen un total de 181 publicaciones registradas de las cuales el área de ciencias de la computación ha registrado el 32.04% del total de las

problemáticas resueltas, seguida de las áreas de la ingeniería, “negocios y economía”, las cuales poseen ambas un 18% del total de problemáticas resueltas, de esto se puede concluir que entre estas tres áreas se tiene el 69% de todas las problemáticas.

Ebscohost	
Periodo	Area de aplicación
1960-1970	Null
1971-1980	Mercadotecnia (8), Economía (2), SI Gerencial (2), Sist. Comp.(2), Ciencias sociales y humanidades (1), Educación (1), Energía (1), Matemáticas (1)
1981-1990	SI Gerencial (2), Sist. Comp. (1), Recursos Humanos (1)
1991-2000	Matemáticas (2), Medioambiente (2), SI Gerencial (2), Inteligencia artificial (1), Transporte (1)
2001-2011	SI Gerencial (43), Matemáticas (19), Ing. Industrial (12), Ing. Civil (9), Energía eléctrica(7), Manufactura (6), Medioambiente (6), Medica (5), Inteligencia artificial (5), Comercio (3), Sist. Comp.(3), Sistemas expertos (3), Transporte (3), Aerolíneas (2), Agricultura (2), Arquitectura (2), Educación (2), Electrónica (2), Mecatronica (2), Psicología (2), Cursos humanos (2), Telecomunicaciones (2),Aeronáutica (1), Agricultura Desarrollo Urbano (1), Finanzas (1), Geografía (1), Manejo de Residuos (1), Mercadotecnia (1), Recursos Agua (1)
Web of Science	
2001-2011	Ciencias de la Computación (103), Ingeniería (81), Negocios y Economía (72), Medioambiente y Ecología(17)
Springelink	
1960-1970	Null
1971-1980	Negocios y Economía (1)
1981-1990	Medioambiente(2), Matemáticas y Estadística (1), Psicología(1)
1991-2000	Negocios y Economía(7), Ingeniería(2), Biomédica(1), Ciencias Comp.(1), Medicina(1), Medioambiente(1), Química y Materiales(1)
2001-2011	Ciencias Comp.(57), Ingeniería(32), Negocios y Economía(25), Medioambiente(17), Matemáticas y estadística(12), Computación aplicada(5), Ciencias Sociales, política , Humanidades(3), Biomédica y Forestal(3), Psicología(3), Física y Astronomía(2), Medicina(2), Química y Ciencia de Materiales(1)
MetaPress	
1960-1970	Null
1971-1980	Negocios y Economía (1)
1981-1990	Ciencias de la computación (1), Matemáticas y Estadística (1) , Medioambiente (1)
1991-2000	Negocios y Economía (11), Medioambiente (3), Ingeniería (2), Biomédica (1), Ciencias de la Computación (1), Matemáticas y Estadística (1), Psicología (1), Química (1), Transporte (1)
2001-2011	Ciencias de la Computación (97), Ingeniería (47), Negocios y Economía (31), Medioambiente (28), Matemáticas y estadística (16), Psicología (4), Transporte (4), Biomédica (3), Ciencias sociales, humanidades y leyes (3), Física y Astronomía (3), Medicina (3), Química (1)

Cuadro 7. Área de conocimiento en MADM

Para la base de datos MetaPress, el total de publicaciones fueron 266 problemáticas resueltas en 12 áreas específicas, registrándose que las ciencias de la computación poseen el 37.21% de las problemáticas registradas, seguida del área de ingeniería con un 18.42% y el área de negocios y economía con un 16.16%, siendo estas tres áreas las que registraron más del 70% de problemáticas resueltas.

Conclusiones

Las tecnologías de apoyo para tomar decisiones DSS, MCDM y MADM han evolucionado vertiginosamente a lo largo de las décadas considerando de del año 1970 a 2000. Se ha podido observar que gracias a los avances de la tecnología computacional que permite implementar,

administrar múltiples variables y procesos que influyen en las tomas de decisiones, que anteriormente era difícil controlar por un solo tomador de decisiones; hoy día estos sistemas de apoyo a las decisiones pueden ser instalados en Workstation, computadores personales o servidores web, lo que permite un acceso más eficiente y transparente para los tomadores de decisiones a través de la internet, permitiendo que actualmente los tomadores de decisiones no estén obligados a encontrarse en la misma ubicación para aplicar el proceso de la toma de decisiones.

Se han utilizado para este estudio las Bases de Datos Internacionales EBSCOHOST, Web of Science, SpringerLink, MetaPress, de las cuales se obtuvo la información que se presenta en este artículo y que determina las tendencias actuales de las tecnologías DSS, MCDM y MADM. Cabe hacer mención que Web of Science inicia la publicación de éste tipo de herramientas a partir del 2001 pero se puede apreciar un muy elevado número de publicaciones en esta área de conocimiento.

El análisis presentado muestra los autores más prolíficos en cada una de las tecnologías de toma de decisiones DSS, MCDM y MADM; de igual forma se presentan las áreas de aplicación en las cuales se han resuelto problemas con éste tipo de tecnologías de apoyo a la toma de decisiones.

Se ha percibido que los procesos de decisiones han evolucionado en el proceso debido a que han incluido la toma de decisiones en pequeños grupos y en ocasiones en grandes y complejos grupos que resuelven problemas multi-complejos incluyendo multi-atributos y multi-criterios, lo cual implica que los miembros que intervienen en la decisión deben considerar una muy elevada cantidad de variantes que intervienen en este proceso. (Shim, Warkentin, Courtney, Power, Sharda, & Carlsson, 2002)

Se puede apreciar que las áreas que mayoritariamente hacen uso de estas técnicas de la toma de decisiones son el área de las ciencias de la computación, seguida de Ingeniería, “negocios y economía” e Inteligencia Artificial. Los resultados demuestran el amplio uso de las técnicas de toma de decisiones en la resolución de problemas en mundo actual; sin embargo, es indispensable el conocer los principios fundamentales de funcionamiento de cada técnica con la finalidad de adecuarla a los procesos que están en conflicto y que con la ayuda de éstas, pueden ser resueltos

Fue inesperado el encontrar que la base de datos Web of Science presente registros solo a partir del año 2001 a la fecha y que aun así se ha tenido una muy variada y amplia publicación de trabajos en esta base de datos. Los resultados que se muestran permiten ver como estas técnicas han evolucionado y permiten inferir que continuarán evolucionando y resolviendo problemáticas en áreas en las que aún no se han aplicado.

Referencias

- Aggarwal, A. K. (2001). Aggarwal, A. K. (2001). A taxonomy of sequential decision support systems. *Informing Science*, 4(4), 1-12.
- Belz, R., & Mertens, P. (1994). SIMULEX - a multiattribute DSS to solve rescheduling problems. *Annals of Operations Research* 52, 109-129.
- Bhargava, H., Power, D. J., & Sun, D. (2007). Progress in Web-based decision support technologies. *Decision Support Systems Volumen 43, Issue 4*, 1083-1095.
- Filip, F. G. (2008). Decision support and control for large-scale complex systems. *Annual Reviews in Control Volume 32, Issue 1*, 61-70.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2004). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Keen, P., & Morton, M. (1978). *Decision support systems: an organizational perspective (Vol. 35)*. . Reading, MA: Addison-Wesley.
- Richard, K. D. (1979). Strategic, Tactical, and Operational Planning and Budgeting: A Study of Decision Support System Evolution. *Management Information Systems Research Center University of Minnesota Vol 3, No. 4*, 1-19.
- Shim, J., Warkentin, M., Courtney, J. F., Power, D. J., Sharda, R., & Carlsson, c. (2002). Past, present, and future of decision support technology. *Decision Support Systems Volume 33 Issue 2*, 111-126.
- simon, R. (1947). Administrative behavior, a study of decision-making process in administrative organization. *the Macmillan*.
- Steven, A. (2004). A work system view of DSS in its fourth decade. *Decision Support Systems Volumen 38*, 319-327.
- Suduc, A.-M., Bizoi, M., & Filip, F. G. (2009). Exploring Multimedia Web Conferencing. *Informatica Economica volumen 13, No. 3*, 5-17.
- Suduc, A.-M., Bizoi, M., Duta, L., & Gorghiu, G. (2009). Interface Architecture for a Web-Based Group Decision Support System. *Studies in Informatics and Control Volume 18 Issue 3*, 241-246.
- Sugumaran, V., & R., S. (2007). Web-based Spatial Decision Support Systems (WebSDSS): evolution, architecture, examples and changes. *Communications of the Association for Information Systems 19*, 844-875.

Validación de encuesta para determinar la flexibilidad de cadena de suministro

Nancy Ibarra Hernández, Jorge Luis García Alcaraz, José Roberto Mendoza Fong, Valeria Martínez Loya

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: al160629@alumnos.uacj.mx

Resumen. Hoy en día la flexibilidad en la cadena de suministro (CS) es una de las características más representativa de la CS, ya que esta se ve reflejada en la capacidad con la que las empresas responden a los cambios y necesidades de los clientes. En este artículo se presenta una validación estadística de una encuesta diseñada para conocer los 3 diferentes tipos de flexibilidades y los beneficios obtenidos en una CS. Los resultados muestran que la encuesta es válida y fiable para ser utilizada para futuros análisis.

Palabras clave: Cadena de suministro, flexibilidad en la CS, alfa de Cronbach y encuesta.

INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera de hoy en día se enfrenta a problemas como la globalización, nuevas formas de transferencia de información, la aparición de nuevas tecnologías, el acortamiento de los ciclos de vida de los productos, entre muchos otros (Abele E, 2011). Por lo cual una CS es vista como una ventaja competitiva, y no como un conjunto de actividades que deben cumplirse, ya que éstas afectan directa e indirectamente al éxito y la rentabilidad de la organización. La CS es un sistema de distribución que involucra el flujo de productos de proveedores hasta los clientes finales (Fahimnia, Farahani, & Sarkis, 2013). Sin embargo las CS tradicionales solo se enfocaban en los costos, flujos de materiales e información (Calvo-Mora, Navarro-García, &

Periañez-Cristobal, 2015), por eso es importante que la CS se adapten a las necesidades de los clientes y las organizaciones para lograr ofrecer un valor añadido, en respuesta a la variación que se presenta en la actualidad. (Koste, Malhotra, & Sharma, 2004).

La flexibilidad de la CS se considera como la capacidad de que las empresas puedan hacer frente a los problemas y así como también adaptar los sistemas de fabricación a las condiciones inestables y variación que tiene el ambiente que los rodea (Reinhart & Schellmann, 2011) y dada la importancia que la flexibilidad llega a tener para lograr una ventaja competitiva, se ha logrado hacer investigaciones más completas de la CS, con la finalidad de poder ofrecer mayor flexibilidad a los clientes(Thomé, Scavarda, Pires, Ceryno, & Klingebiel, 2014).

Por lo cual una CS flexible tiene el poder de responder rápidamente a varias dificultades en el suministro y demanda, tanto a los cambios ambientales, el tiempo de entrega, tiempo de cambio y límites de capacidad (Stevenson & Spring, 2007). Entonces, dado que la flexibilidad de la CS puede ofrecer una ventaja competitiva para la empresa por los beneficios que se obtienen, es importante determinar una serie de parámetros que permitan cuantificar y cualificar las actividades que se realizan para conocer el nivel de flexibilidad de la CS en una empresa.

Distintos investigadores como (Koste et al., 2004; Lummus, Duclos, & Vokurka, 2003; Moon, Yi, & Ngai, 2012; Swafford, Ghosh, & Murthy, 2006) han propuesto varios instrumentos o cuestionarios que permiten conocer el nivel de flexibilidad de las empresas.

En este artículo se presenta el cuestionario propuesto por (Moon et al., 2012) mismo fue aplicado en la industria maquiladora de Ciudad Juárez, la aplicación se hizo en 326 empresas que se dedican al proceso de manufactura en diferentes sectores industriales, tales como el automotriz, electrónica, eléctrico, médico, entre otros.

METODOLOGÍA

Revisión de literatura

En este paso, se realiza una búsqueda de información afín con la CS y la cual se centra en la flexibilidad de la CS, los diferentes tipos de flexibilidad, la importancia de que una CS sea flexible, entre otros. Esta revisión de literatura se lleva a cabo en bases de datos como: Emerald,

Springer y ScienceDirect, para lo cual se utilizan palabras claves para la búsqueda como: cadena de suministro, flexibilidad en la CS y tipos de flexibilidad en la CS.

El objetivo de esta revisión de literatura estaba enfocada a determinar los ítems o preguntas que permitan identificar el nivel de flexibilidad de las empresas y los beneficios que pueden asociarse con la misma, así como la validación de la encuesta que fue construida en base a los ítems identificados.

Construcción de la encuesta

Para recabar la información de las empresas, una vez que se han determinado mediante la revisión de literatura los ítems que permiten medir la flexibilidad, se diseña una encuesta, la cual consta de dos secciones: la primera sección incluye datos demográficos como: años de experiencia, género, puesto de trabajo y sector industrial.

La segunda sección consta de cuatro tablas donde se incluye un total de 20 ítems que fueron identificados para llevar a cabo la valoración de los tipos de flexibilidad y los beneficios que se puede presentar en la CS. Específicamente, en esta investigación se toman como base los ítems de la investigación desarrollada por (Moon et al., 2012). Para responder en esta sección, se usa una escala Likert con valores entre uno y cinco, donde el uno indica que esa actividad no se realiza en la empresa o que el beneficio no se obtiene, mientras que el cinco indica que esa actividad siempre se realiza o que el beneficio siempre se obtiene.

En la Tabla 1 se muestran los ítems y la forma en la que fueron distribuidas los diferentes tipos de flexibilidad y los beneficios.

Tabla 1. Ítems para medir flexibilidad y beneficios.

Abastecimiento	Distribución
Número de proveedores disponibles	Número de almacenes, capacidad de carga y otras instalaciones de distribución
Gama de productos proporcionados por los principales proveedores	Habilidad para añadir o retirar transportistas y otra clase de distribuidores
Serie o conjunto de proveedores que proporcionan mayor cantidad de materiales/componentes	Habilidad para cambiar el espacio del almacén, la capacidad de carga u otras instalaciones de distribución

Capacidad para añadir o remover proveedores	Habilidad para cambiar métodos de entrega
Capacidad para cambiar de proveedores para satisfacer las necesidades cambiantes	Habilidad para transferir o cambiar los tiempos de entrega
Sistema Operativo	Beneficios
Los volúmenes de producción que la empresa puede producir	Las entregas al cliente son a tiempo y completas
Gama de nuevos productos o servicios que la empresa desarrolla cada año	El desempeño de la cadena de suministro se mejora continuamente
Habilidad para cambiar los volúmenes de producción	El tiempo del ciclo proveedor-cliente es bajo
Habilidad para cambiar productos y servicios mixtos	Cadena de suministro visible
Habilidad para adaptar las instalaciones y procesos de manufactura	La sinergia dentro de la cadena de suministro

Aplicación de la encuesta

La encuesta se aplica en la industria maquiladora de Ciudad Juárez, Chihuahua y es dirigida a personas laborando en departamentos que son parte o está altamente relacionados con la CS. La aplicación de la encuesta se realiza en el periodo de septiembre a diciembre de 2016, para lo cual se contacta a todos los posibles encuestados vía correo electrónico para establecer una cita y responder la encuesta, la cual se aplica cara a cara.

Si una cita es cancelada en más de tres ocasiones, entonces ese caso se suspende por requerir demasiado tiempo para obtener la información y se agradece al posible encuestado.

Creación y depuración de la base de datos

La información obtenida de las encuestas se captura en una base de datos diseñada en el software estadístico llamado SPSS 24 ®, el cual es utilizado debido a que permite realizar el análisis de bases de datos grandes, donde los renglones representaron los casos o encuestas contestadas y las columnas representan los ítems y beneficios medidos.

La depuración de la base de datos se lleva a cabo con dos propósitos, el de encontrar datos faltantes y la identificación de valores atípicos. Los datos faltantes se pueden dar por varias razones, por descuido al momento de llevar a cabo la captura de la información, por omisión de la respuesta a falta de conocimiento o porque simplemente el encuestado no dio respuesta a la pregunta. El rango para los datos que faltan puede ser flexible, pero en general, si falta más del 10% de las respuestas en una variable en particular, esos valores pueden ser problemáticos (Joseph F. Hair Jr, 2013). Existen varias formas de tratar con las variables problemáticas, una puede ser, no utilizar esa variable o al identificar los valores faltantes estos pueden ser reemplazados por la mediana de la variable, debido a que se maneja una escala de Likert y para evitar problemas de sesgo (Lynch, 2003).

Los valores atípicos pueden influir en los resultados, alejando a distancia considerable de la mediana. Para detectar los valores extremos de cada variable, se utiliza un diagrama de caja y bigotes. El cual presenta los valores extremos en la parte superior del diagrama y además estarán etiquetados. Además, se realiza una estimación de la desviación estándar en cada uno de los caso analizados, donde los valores cercanos a cero indican que el encuestado asigna el mismo valor a cada una de las preguntas realizadas. Las desviaciones estándar cercanas a 0.500 en una escala de 5 puntos, muestra este tipo de problemas y el caso puede ser eliminado (Leys, Ley, Klein, Bernard, & Licata, 2013)

Análisis descriptivo

.1 Análisis descriptivo de la muestra

El análisis descriptivo de la muestra nos permite dar una idea más exacta sobre la característica demográfica de la muestra en este caso será referente al sector industrial de los encuestados.

2 Análisis descriptivos de los ítems

En este análisis se utiliza la mediana como una medida de tendencia central y valores mayores de 4 indican que según la valoración de los encuestado esos ítems son los más importantes. También se utiliza el rango intercuartílico (RI) como medida de dispersión y el cual se calcula

entre la diferencia del tercer y el primer cuartil y valores altos en el RI nos indican poco consenso según la valoración de los encuestados.

Análisis de fiabilidad

El análisis de fiabilidad mide la validez de un instrumento y esta validez se refiere al grado de eficacia que el instrumento determina aquello que pretende medir y la fiabilidad es la consistencia interna del instrumento que puede estimar con el alfa de Cronbach (Cronbach, 1951), donde se asume que los ítems (medidos en escala Likert) miden un mismo constructo y están altamente correlacionados (Welch & Comer, 2001). El alfa de Cronbach no deja de ser una media ponderada de las correlaciones entre las variables o ítems que forman parte de la escala no dimensión. Se puede calcular de dos formas: desde las varianzas mostrado en la ecuación 1 o por las correlaciones de los ítems, conocido como el alfa de Cronbach estandarizado, mostrado en la ecuación 2.

Desde las varianzas, el alfa de Cronbach se calcula de la siguiente manera:

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right] \quad (1)$$

Donde:

S_i^2 es la varianza del ítem i ,

S_t^2 es la varianza de los valores totales observados y

k es el número de preguntas o ítems.

Por las correlaciones entre los ítems, el alfa de Cronbach estandarizado se calcula de la siguiente manera:

$$\alpha_{est} = \frac{kp}{1 + p(k-1)} \quad (2)$$

Donde:

k es el número de ítems

p es el promedio de las correlaciones lineales entre cada uno de los ítems (se tendrán [$k(k - 1)/2$] pares de correlaciones)

El alfa de Cronbach no es un estadístico al uso, por lo que no viene acompañado de ningún p-valor, que permita rechazar la hipótesis de fiabilidad en la escala. No obstante, cuanto más se aproxime a valor máximo, 1 mayor es la fiabilidad de la escala (George & Mallery, 2009).

RESULTADOS

1. Análisis descriptivo de la muestra

Se aplicaron un total de 408 encuestas en un periodo de cuatro meses y en la figura 1 se muestra una de las características más llamativa de la muestra el sector industrial de los encuestados. Se pudo observar que el 56% de los encuestados corresponde al sector automotriz y electrónico, lo cual no llega a ser raro debido a que estos dos sectores son los que tiene una mayor presencia en Ciudad Juárez.

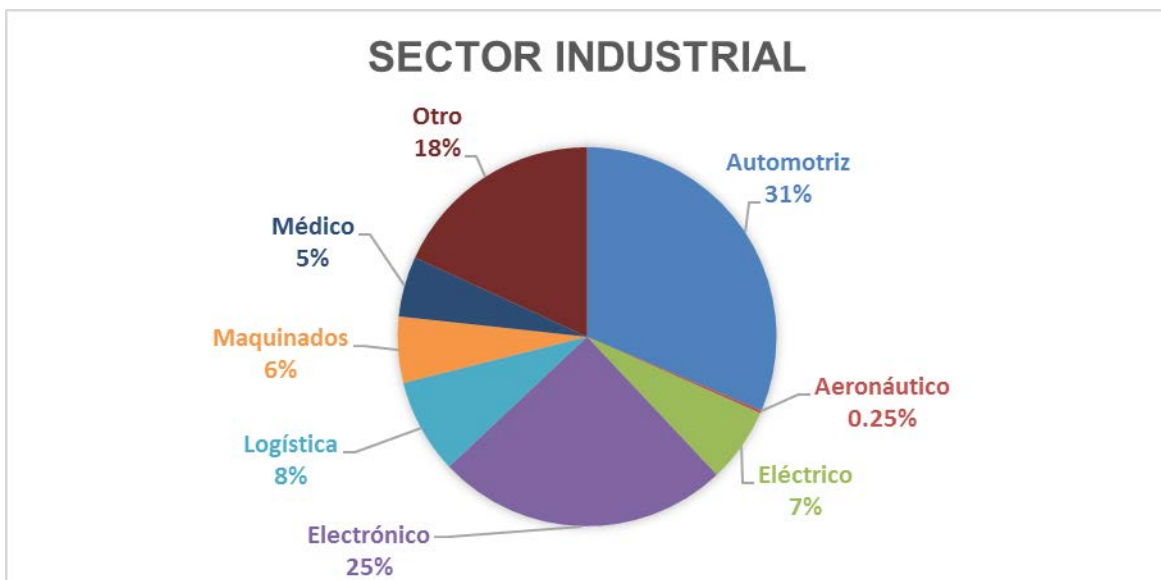


Figura 1. Análisis descriptivo de la muestra

2 Análisis descriptivo de los ítems

El análisis descriptivo de los ítems se presenta en la tabla 2 y se inicia analizando a la mediana donde se resaltan 5 ítems en color amarillo, ya que estos tienen una mediana muy cercana a cuatro, lo cual se puede interpretar que son los ítems más importantes a la percepción de los encuestados. Otro análisis que se muestra es el RI, pero debido a que todos los valores son altos nos habla de poco consenso entre los encuestados para valorizar los ítems.

Ya por último se muestra la estimación del índice del alfa de Cronbach para los 3 tipos de flexibilidad y los beneficios. Se puede observar que el valor más pequeño obtenido es en la flexibilidad de abastecimiento con un valor de 0.818 y el valor más alto es el de flexibilidad de distribución con 0.858, por otro lado se muestra que todos los grupo son válidos y pueden ser utilizados para análisis futuros ya que todo los valores son mayores a 0.7.

Tabla 2. Análisis descriptivo de los ítems

Ítems	Mediana	Percentiles		RI	Alfa de Cronbach
		1er	3er		
Abastecimiento					
Número de proveedores disponibles	3.70	2.94	4.50	1.56	.818
Gama de productos proporcionados por los principales proveedores	3.67	3.02	4.41	1.39	
Serie o conjunto de proveedores que proporcionan mayor cantidad de materiales/componentes/productos	3.67	3.02	4.41	1.39	
Capacidad para añadir y remover proveedores	3.45	2.63	4.22	1.59	
Capacidad para cambiar de proveedores para satisfacer las necesidades cambiantes	3.60	2.79	4.40	1.61	
Sistema Operativo					
Los volúmenes de producción que la empresa puede producir	3.86	3.08	4.62	1.54	.847
Gama de nuevos productos o servicios que la empresa desarrolla cada año	3.73	3.02	4.51	1.49	
Habilidad para cambiar los volúmenes de producción	3.82	3.11	4.59	1.48	
Habilidad para cambiar productos y servicios mixtos	3.64	2.87	4.44	1.57	
Habilidad para adaptar las instalaciones y procesos de manufactura	3.80	3.08	4.56	1.48	
Distribución					

Número de almacenes, capacidad de carga y otras instalaciones de distribución	3.48	2.63	4.30	1.67	.858
Habilidad para añadir o retirar transportistas u otra clase de distribuidores	3.48	2.69	4.27	1.58	
Habilidad para cambiar el espacio del almacén, la capacidad de carga u otras instalaciones de distribución	3.46	2.61	4.28	1.67	
Habilidad para cambiar métodos de entrega	3.58	2.80	4.37	1.57	
Habilidad para transferir o cambiar los tiempos de entrega	3.70	2.99	4.48	1.49	
Beneficios					
Las entregas al cliente son a tiempo y completas	3.79	2.99	4.59	1.60	.850
El desempeño de la CS se mejora continuamente	3.77	3.04	4.56	1.52	
El tiempo del ciclo proveedor-cliente es bajo	3.59	2.85	4.38	1.53	
Cadena de suministro visible	3.59	2.80	4.38	1.58	
La sinergia dentro de la CS	3.70	3.01	4.48	1.47	

CONCLUSIONES

El objetivo de este artículo fue presentar la validación de una encuesta diseñada para determinar la cantidad de flexibilidad utilizada al momento de realizar la encuesta. Con esta clasificación se busca facilitar la toma de decisiones al momento de medir la flexibilidad en la CS. La información obtenida de la encuesta se analizó y se validó por medio del estadístico Alfa de Cronbach, esta información es válida y puede ser utilizada para futuros análisis.

REFERENCIAS

- Abele E, R. G. (2011). Zukunft der Produktion. *Hanser, Munich*.
- Calvo-Mora, A., Navarro-García, A., & Periañez-Cristobal, R. (2015). Project to improve knowledge management and key business results through the EFQM excellence model. *International Journal of Project Management*, 33(8), 1638-1651. doi:<http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.010>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334. doi:10.1007/bf02310555
- Fahimnia, B., Farahani, R. Z., & Sarkis, J. (2013). Integrated aggregate supply chain planning using memetic algorithm – A performance analysis case study. *International Journal of Production Research*, 51(18), 5354-5373. doi:10.1080/00207543.2013.774492

- George, D., & Mallery, P. (2009). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Study Guide and Reference, 17.0 Update*: Allyn & Bacon, Inc.
- Joseph F. Hair Jr, W. C. B., Barry J. Babin & Rolph E. Anderson. (2013). *Multivariate Data Analysis* (7th edition) Prentice Hall.
- Koste, L. L., Malhotra, M. K., & Sharma, S. (2004). Measuring dimensions of manufacturing flexibility. *Journal of Operations Management*, 22(2), 171-196. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jom.2004.01.001>
- Leys, C., Ley, C., Klein, O., Bernard, P., & Licata, L. (2013). Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median. *Journal of Experimental Social Psychology*, 49(4), 764-766. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jesp.2013.03.013>
- Lummus, R. R., Duclos, L. K., & Vokurka, R. J. (2003). Supply chain flexibility: building a new model. *Global Journal of Flexible Systems Management*.
- Lynch, S. M. (2003). Missing data.
- Moon, K. K.-L., Yi, C. Y., & Ngai, E. W. T. (2012). An instrument for measuring supply chain flexibility for the textile and clothing companies. *European Journal of Operational Research*, 222(2), 191-203. doi:10.1016/j.ejor.2012.04.027
- Reinhart, G., & Schellmann, H. (2011). A method to determine customer-specific volume flexibility in a supply network. *Production Engineering*, 6(1), 69-78. doi:10.1007/s11740-011-0356-4
- Stevenson, M., & Spring, M. (2007). Flexibility from a supply chain perspective: definition and review. *International Journal of Operations & Production Management*, 27(7), 685-713. doi:doi:10.1108/01443570710756956
- Swafford, P. M., Ghosh, S., & Murthy, N. (2006). The antecedents of supply chain agility of a firm: Scale development and model testing. *Journal of Operations Management*, 24(2), 170-188. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jom.2005.05.002>
- Thomé, A. M. T., Scavarda, L. F., Pires, S. R. I., Ceryno, P., & Klingebiel, K. (2014). A multi-tier study on supply chain flexibility in the automotive industry. *International Journal of Production Economics*, 158, 91-105. doi:10.1016/j.ijpe.2014.07.024
- Welch, S., & Comer, J. C. (2001). *Quantitative Methods for Public Administration: Techniques and Applications*: Harcourt College Publishers.

Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para la mejora de procesos. Caso de estudio en una línea de ensamble de bombas de gasolina

Luis Alberto Mireles Salinas y Francisco Javier Estrada Orantes

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: al144726@alumnos.uacj.mx

Resumen: Desde la antigüedad, el hombre ha demandado una gran variedad de productos para sus actividades diarias, con el paso del tiempo esta demanda ha permanecido en un incremento constante, ante esta situación, se han desarrollado técnicas y metodologías con el fin de mejorar los procesos productivos. Una de ellas es Lean Six Sigma, una filosofía que combina el pensamiento de eliminación de desperdicios de Lean Manufacturing con el pensamiento estadístico de Seis Sigma, dos metodologías que se complementan entre ellas.

La presente investigación aplica y desarrolla la metodología Lean Six Sigma en un proceso de ensamble de bombas de gasolina en una industria manufacturera. Esta investigación hace uso de 2 de las herramientas de Lean Six Sigma: la metodología KANBAN y la técnica HEIJUNKA mediante la aplicación de cada uno de sus pasos. A lo largo del desarrollo de ésta investigación se observan los pasos de aplicación de cada herramienta, sus características y los resultados obtenidos de su aplicación en un proceso de manufactura. Con base en los cálculos de ésta investigación, se espera un aumento del 1.93 % en el cumplimiento al plan de producción.

Palabras Clave: Lean Six Sigma, KANBAN, HEIJUNKA

Introducción

Hoy en día, con el desarrollo de las ciudades y el crecimiento de la población mundial, la variedad y demanda de un sinnúmero de productos en el mercado se ha incrementado de manera acelerada. Para llegar a satisfacer a esta demanda, día a día han surgido nuevas metodologías y

técnicas que han facilitado y mejorado los procesos de producción actuales, una de ellas es Lean Six Sigma, la cual resulta de la combinación de la Manufactura Esbelta orientada a la eliminación de desperdicios y Seis Sigma orientada al mejoramiento continuo.

Lean Six Sigma

Lean Six Sigma es el resultado de la combinación de la metodología Lean Manufacturing orientada a la eliminación de desperdicios y la metodología Seis Sigma de mejoramiento continuo, estas 2 filosofías se complementan entre sí, utiliza técnicas y herramientas de ambas metodologías . En las empresas es impulsada por la necesidad de adaptarse al entorno cambiante. (Aruleswaran, 2009). (George, 2002).

El objetivo de Lean Six Sigma es la identificación, análisis y eliminación de los desperdicios en un proceso para su mejora, desarrolla los 5 pasos de DMAIC para su implementación y se apoya del uso de herramientas estadísticas para lograr su objetivo. Lean Six Sigma es una metodología de implementación a largo plazo. (Goldsby & Martichenko, 2005) (George, 2010).

Lean Six Sigma es una estrategia de negocios enfocada en la mejora con el objetivo de incrementar la satisfacción del cliente, para llevar a cabo su objetivo esta metodología busca eliminar los defectos en los procesos. (Taghizadegan, 2006)

HEIJUNKA

También llamada nivelación de la carga o balanceo es una de las herramientas del Sistema de Producción Toyota (TPS). Heijunka es una parte fundamental en un sistema de producción de jalón. El sistema Heijunka es un método de programación desarrollado por Toyota con el objetivo de marcar el ritmo de producción y retiro de productos en base al ritmo de las ventas, fue desarrollado para suavizar la demanda irregular de vehículos. Heijunka no funciona si el proceso donde se implementa no es estable y estandarizado. (Luyster & Tapping, 2006)

KANBAN

También llamado sistema de tarjetas, es un método de control utilizado para la programación de una línea de producción, este sistema utiliza señales visuales y reglas de decisión predeterminadas para programar en base a la demanda del cliente, sus objetivos son: reducir el

inventario, prevenir la sobreproducción, mejorar la respuesta a cambios en la demanda y minimizar el riesgo de obsolescencia del inventario. (Gross & McInnis, 2003).

Metodología y resultados

Para la elaboración de este proyecto, se procede con la aplicación de los pasos de DMAIC de Lean Six Sigma, las cuales se describen a continuación:

Definición del problema

Una línea de ensamble de bombas de gasolina, presenta un promedio de incumplimiento del plan de producción del 20.70 % y una productividad 15.08 % menor a la productividad objetivo del plan de producción.

Medición

En esta fase se realiza la medición del proceso para las variables respuesta productividad y cumplimiento del plan de producción.

1. Se realiza un muestreo inicial, cada corrida representa un día, cada día está compuesto por 3 turnos, los datos se registran en la tabla 1.
 - a) En la parte superior de la tabla 1 se registra el nombre de la célula en la cual se realiza el muestreo.
 - b) En la columna día, se registra la fecha en la cual se realiza el muestreo.
 - c) En las columnas correspondientes a piezas producidas, se registra el total de piezas producidas para cada turno y se calcula el total de piezas producidas por día, para ello se utiliza la fórmula 1.

$$\textit{Total de piezas producidas} = \sum_{i=1}^3 \textit{Piezas producidas en el turno } i \quad (1)$$

CÉLULA: BOMBAS LÍNEA 3												
NO	DÍA	PIEZAS PRODUCIDAS				PERSONAL				PLAN DE PRODUCCIÓN	CUMPLIMIENTO	PRODUCTIVIDAD
		1o	2o	3er	Total	1o	2o	3er	Total			
1	01/03/2016	1654	1856	1160	4670	5	5	5	15	5700	81.93%	44.60
2	02/03/2016	1802	931	1163	3896	5	5	5	15	4712	82.68%	37.21
3	03/03/2016	1528	1199	675	3402	5	5	5	15	5040	67.50%	32.49
4	04/03/2016	1484	1526	1119	4129	5	5	5	15	5200	79.40%	31.44
5	07/03/2016	1573	1589	1095	4257	5	5	5	15	6300	67.57%	40.66
6	08/03/2016	1455	1805	982	4242	5	5	5	15	5700	74.42%	40.52
7	09/03/2016	1728	1781	1176	4685	5	5	5	15	6400	73.20%	44.75
8	10/03/2016	1750	1449	966	4165	5	5	5	15	6300	66.11%	39.78
9	11/03/2016	1782	1724	1956	5462	5	5	5	15	7100	76.93%	41.58
10	14/03/2016	1736	1887	1074	4697	5	5	5	15	5850	80.29%	44.86
11	15/03/2016	1644	1863	989	4496	5	5	5	15	5600	80.29%	42.94
12	16/03/2016	1681	1447	1000	4128	5	5	5	15	5000	82.56%	39.43
13	21/03/2016	1719	1835	921	4475	5	5	5	15	5200	86.06%	42.74
14	22/03/2016	1327	1665	953	3945	5	5	5	15	4950	79.70%	37.68
15	23/03/2016	1699	1873	1549	5121	5	5	5	15	5400	94.83%	48.91
16	29/03/2016	1882	2119	1126	5127	5	5	5	15	5000	102.54%	48.97
17	30/03/2016	1773	1645	183	3601	5	5	5	15	5000	72.02%	34.39
Promedio										5556	79.30%	40.76

Tabla 1. Datos de muestreo inicial

- d) En las columnas correspondientes a personal, se registra el total de personas en la línea para cada turno y se calcula el total de personal por día, para ello se utiliza la fórmula 2.

$$Total\ de\ personal = \sum_{i=1}^3 Personal\ en\ el\ turno\ i \quad (2)$$

- e) En la columna plan de producción se registra la cantidad de piezas a elaborar para ello se consulta el programa de producción diario.
- f) En la columna cumplimiento se registra el porcentaje de cumplimiento del plan de producción, para el cálculo del cumplimiento se utiliza la fórmula 3.

$$\% Cumplimiento = \frac{Total\ de\ piezas\ producidas}{Plan\ de\ producción} \quad (3)$$

g) En la columna productividad se registra la productividad diaria de la línea, para el cálculo de la misma se utiliza la fórmula 4.

$$Productividad = \frac{Total\ de\ piezas\ producidas}{(Personal\ T1 * 8.26) + (Personal\ T2 * 7.76) + (Personal\ T3 * 4.92)} \quad (4)$$

h) En la fila promedio, se calcula el promedio para las columnas plan de producción, cumplimiento y productividad.

$$Promedio = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (5)$$

Análisis

En esta fase se analiza la condición actual del proceso, para ello se realizan los siguientes pasos:

1. Se organiza un equipo de trabajo y se realiza una lluvia de ideas, en el centro se escribe el problema principal y se registran las posibles causas propuestas por el equipo.
2. Se toman las ideas generadas en las lluvia de ideas, se clasifican de acuerdo a las 6 M's (máquinas, material, mano de obra, medio ambiente, método y medición) y se organizan en un diagrama de causa y efecto, en el extremo derecho se escribe el efecto y en las ramificaciones se anotan las ideas organizadas para ello se utiliza el formato mostrado en la figura 1. (Montgomery, Control estadístico de la calidad, 2004) (Lyonnet, 1989).

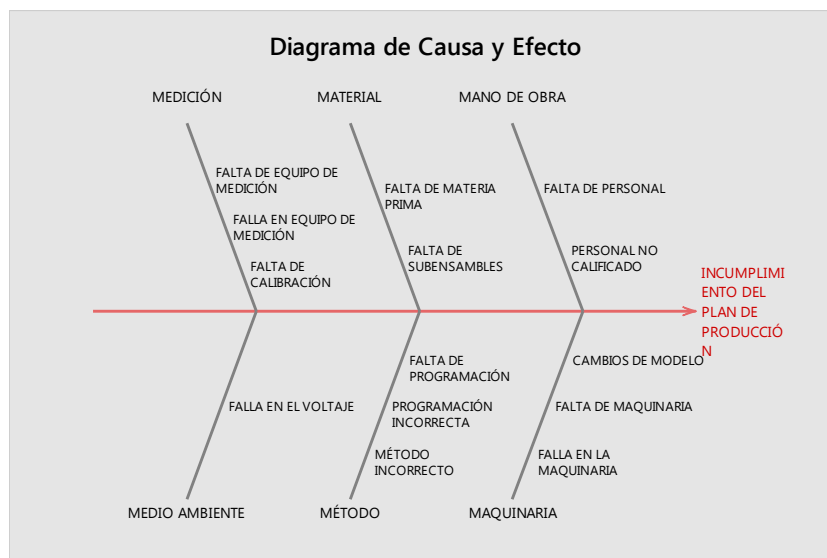


Figura 1. Diagrama de Causa y Efecto para incumplimiento en el plan de producción

3. Con base en el diagrama causa y efecto, se realiza la técnica de grupo nominal con ayuda de la tabla 2. En la primera columna se registran las 5 principales causas identificadas, en

las columnas siguientes cada miembro del equipo le da un valor del 1 al 5 a cada causa, en donde el número 1 corresponde a la causa menos importante y el número 5 corresponde a la causa más importante. En la última columna se realiza una sumatoria de las puntuaciones otorgadas por renglón (AITECO Consultores, s.f.).

TÉCNICA DE GRUPO NOMINAL						
FALLA EN LAS MÁQUINAS	4	4	2	4	5	19
FALTA DE COMPONENTES PARA BOMBAS	5	3	5	5	4	22
FALTA DE SUBENSAMBLE PARA BOMBA	3	5	3	3	3	17
FALTA DE CAPACIDAD EN LA LÍNEA	2	1	4	2	2	11
FALTA DE PERSONAL	1	2	1	1	1	6

Tabla 2. Técnica de grupo nominal

- Con los resultados obtenidos mediante la técnica de grupo nominal se realiza un diagrama de Pareto de acuerdo al método desarrollado por el Dr. Juran como se muestra en la figura 2, primero se elabora una gráfica de barras, en el eje horizontal se registran cada una de las categorías en orden descendente, de acuerdo al total registrado en la tabla 2 y se grafican las barras, en la parte superior de las barras se calcula el porcentaje acumulado con la fórmula 6 y se grafica la línea en la parte superior de las barras. (Galgano, 1995).

$$Porcentaje\ acumulado_i = \left(\frac{\sum_{n=1}^i Total\ de\ la\ categoría_i}{Total} \right) (100\%) \quad (6)$$

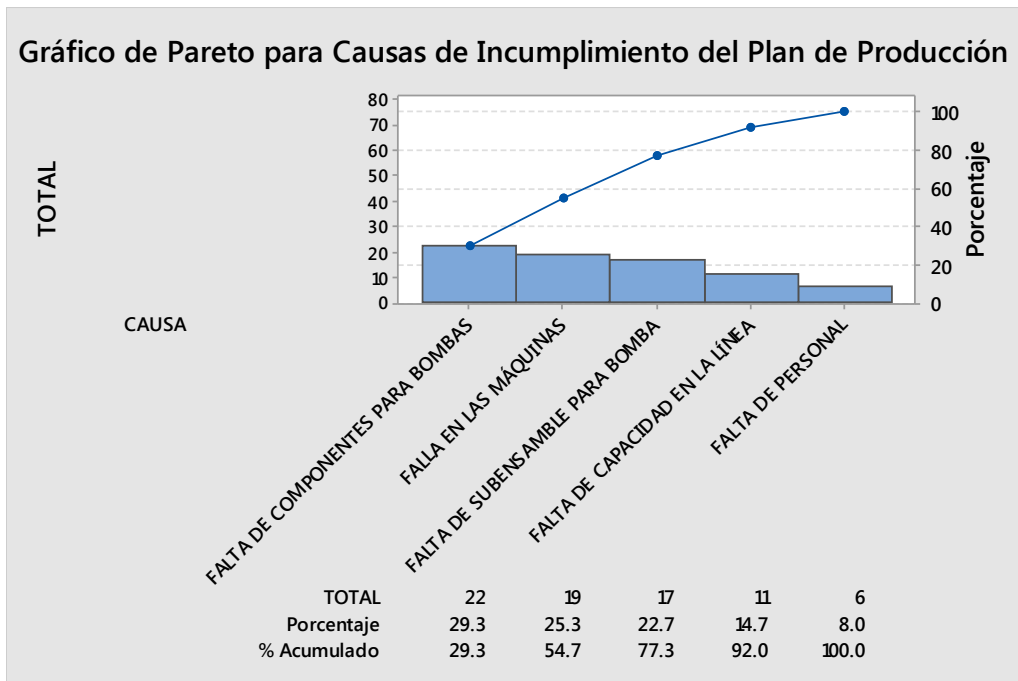


Figura 2. Diagrama de Pareto para causas de incumplimiento al plan de producción

5. Con el problema identificado se realiza la técnica de los 5 por qué's, para ello se utiliza el formato mostrado en la figura 3.
 - a) Se registra el problema en la parte superior y se comienza preguntando el porqué del problema.
 - b) A la causa identificada en el por qué previo se le cuestiona el porqué de la misma.
 - c) Se continua preguntando el porqué de los problemas hasta completar los 5 por qué's.

Problema: INCUMPLIMIENTO AL PLAN DE PRODUCCIÓN

1er ¿Por qué?	PORQUE LA LÍNEA NO PRODUCE LA CANTIDAD INDICADA EN EL PLAN DE PRODUCCIÓN
2do ¿Por qué?	PORQUE LA LÍNEA PARA POR FALTA DE SUBENSAMBLES
3er ¿Por qué?	PORQUE HACE FALTA MATERIA PRIMA
4to ¿Por qué?	PORQUE EL SISTEMA NO INDICA FALTANTE DE MATERIAL
5to ¿Por qué?	PORQUE EXISTEN INCONSISTENCIAS ENTRE LAS CANTIDADES FÍSICAS EN EL INVENTARIO DE ALMACÉN Y LAS CANTIDADES MARCADAS EN EL SISTEMA

Figura 3. Técnica de los 5 por qué para incumplimiento del plan de producción

2.4 Mejora

En esta fase desarrollan y aplican las mejoras al proceso, para esta investigación se hace uso de la metodología KANBAN y la técnica HEIJUNKA las cuales se desarrollan paso a paso a continuación.

KANBAN

I. Se calcula el número de tarjetas a elaborar para cada número de parte, para ello se utiliza la tabla 4.

1. En el campo célula se registra el nombre de la célula en la cual se realiza el cálculo del KANBAN.
2. En el campo intervalo de programación se registra cada cuando se realiza la programación en la célula, este puede ser diario o semanal.
3. En el campo número de operadores actual, se registra el total de personal actual en la célula.
4. En el campo número de operadores máximo se registra el personal máximo que puede trabajar en la célula de manufactura.
5. En el campo KOSU, se registra el KOSU de la línea, éste se calcula mediante el uso de la fórmula 7, los datos utilizados para su cálculo deben ser reales y recientes.

$$KOSU = \frac{(Horas\ hombre\ trabajadas)(3600)}{Total\ de\ piezas\ producidas} \quad (7)$$

6. En el campo fecha se registra la fecha en la cual se realiza el cálculo del KANBAN.
7. En la columna número de parte se registran todos los números de parte que se pueden elaborar en la célula en la cual se realiza el estudio.
8. En la columna descripción se registran las descripciones de cada uno de los números de parte de la célula en la cual se realiza el estudio.
9. En la columna requerimiento de producción, se registran los requerimientos de producción reales máximos para cada número de parte.
10. En la columna clasificación A-B-C-D se registra la clasificación de los números de parte en base a su demanda:

A. Alto volumen

- B. Medio volumen
- C. Bajo volumen
- D. Ordenes especiales

11. En la columna scrap del sistema (%) se registra el porcentaje de desecho en la célula, para su cálculo se utiliza la fórmula 8.

$$\text{Scrap del sistema (\%)} = \frac{\text{Defectos producidos}}{\text{Piezas producidas}} \quad (8)$$

12. En la columna tiempo para cambio de modelo se registra el tiempo que se requiere para llevar a cabo un cambio de modelo en la célula.

13. En la columna requerimiento de producción ajustado se registra el tiempo de producción ajustado, para su cálculo se utiliza la fórmula 9. (9)

$$\text{Requerimiento de producción Ajustado} = \left(\text{Requerimiento de producción} \right) (1 + \text{Scrap del sistema \%})$$

14. En la columna tiempo de ciclo (segundos/pieza) se registra el tiempo de ciclo de la línea, para su cálculo se utiliza la fórmula 10.

$$\text{Tiempo de ciclo (seg/pza)} = \frac{\text{Tiempo total}}{\text{Total de unidades a producir}} \quad (10)$$

15. En la columna flexible CT (segundos/pieza) se registra cada cuando sale una pieza de la célula realmente, para su cálculo se utiliza la fórmula 11.

$$\text{Flexible CT (seg/pza)} = \frac{\text{KOZU}}{\text{Personal actual}} \quad (11)$$

16. En la columna tiempo para producción, se registra el tiempo necesario para que la célula produzca la cantidad de piezas de la demanda, para su cálculo se utiliza la fórmula 12.

$$\text{Tiempo para producción (min)} = \frac{(\text{Requerimiento de producción ajustado})(\text{Flexible CT})}{60} \quad (12)$$

17. En la columna asignación de setups con base a la demanda diaria se define el intervalo de programación y se asigna el valor correspondiente, la tabla 3 muestra los posibles valores para asignación de setups con base en su demanda diaria

Demanda por día	Intervalo de programación	Asignación de setups
1000 o más	Diario	1
De 500 a 999	Una vez cada 2 días	0.5
De 200 a 499	Una vez cada 3 días	0.3333
Menor a 100 a 199	Una vez cada 4 días	0.25
Menor a 100	Una vez cada 5 días	0.2

Tabla 3. Valores de setups en base a su intervalo de programación

18. En la columna esperas + transportes se registra el tiempo que tarda los componentes en llegar a la línea, cuando se tiene más de un componente en el producto, se utiliza el tiempo mayor.
19. En la columna lead time se registra el tiempo que tarda el producto en llegar al cliente, para su cálculo se utiliza la fórmula 16.

$$Lead\ time = \left[\frac{\left(\frac{Req.\ de\ producción}{ajustado} \right) \left(\frac{Flexible\ CT}{60} \right)}{Estándar\ de\ empaque} \right] + Esperas + Transportes + Demoras \quad (13)$$

20. En la columna porcentaje de seguridad se registra el porcentaje de seguridad que se desea tener, al inicio del proyecto se utiliza 10 %, una vez implementado, este porcentaje se reduce conforme pasa el tiempo hasta llegar al 0 %
21. En la columna tiempo de seguridad en minutos se registra el tiempo de seguridad, para el cálculo del mismo se utiliza la fórmula 14.

$$Tiempo\ de\ seguridad\ (min) = (Porcentaje\ de\ seguridad)(Tiempo\ total\ neto\ disponible) \quad (14)$$

22. En la columna estándar de empaque del contenedor, se registra el número de piezas que se empaquetan por cada contenedor de producto.
23. En la columna frecuencia de orden se registra cada cuantos días se programa el número de parte en la célula de manufactura, para calcularlo se utiliza la fórmula 15.

$$Frecuencia\ de\ orden\ (días) = \frac{1}{Asignación\ de\ setups} \quad (15)$$

24. En la columna número de Kanbans se registra la cantidad de tarjetas requeridas por cada número de parte, para calcular el número de Kanbans se utiliza la fórmula 16.

No de Kanbans

$$= \left(\text{Req. de producción ajustado} \right) \left[\frac{(\text{Frec. de orden}) + \left(\frac{\text{Lead Time} + \text{Tiempo de seguridad}}{\text{Tiempo total neto disponible}} \right)}{\text{Estándar de empaque}} \right] \quad (16)$$

25. En la columna número de Kanbans redondeado arriba se registra el número entero consecutivo del número de Kanban calculado, es decir se redondea el número de Kanbans al entero siguiente.

26. En la columna pitch se calcula el intervalo de tiempo entre tarjetas del Kanban, para su cálculo se utiliza la fórmula 17.

$$\text{Pitch (min)} = \frac{(\text{Takt time})(\text{Estándar de empaque})}{60} \quad (17)$$

27. En la columna # de posiciones por autorizar se calcula el número de tarjetas que se deben acumular antes de pasarlas al área de producción, para su cálculo se utiliza la fórmula 18, si el resultado no es un numero entero, éste se redondea al número entero consecutivo más próximo.

$$\# \text{ de posiciones por autorizar} = \frac{(\text{Req de producción ajustado})(\text{Frecuencia de orden})}{\text{Estándar de empaque}} \quad (18)$$

28. En la columna Takt time, se registra cada cuanto tiempo debe salir una pieza de la célula de manufactura, para el cálculo del Takt time se utiliza la fórmula 19.

$$\text{Takt time (seg)} = \frac{(\text{Horas disponibles})(3600)}{\text{Requerimiento de producción}} \quad (19)$$

29. En el campo tiempo neto disponible, se registra el tiempo neto disponible de la célula, para su cálculo se utiliza la fórmula 20.

$$\text{Tiempo neto disponible (min)} = \sum_{i=1}^n (\text{Tiempo neto del turno } i) \quad (20)$$

30. En el campo capacidad actual, se registra el porcentaje de eficiencia actual de la célula de manufactura.

31. En el campo capacidad de producción se registra la capacidad de producción de la célula de manufactura, para su cálculo se utiliza la fórmula 21.

$$\text{Capacidad de producción (min)} = (\text{Tiempo neto disponible})(\text{Capacidad actual}) \quad (21)$$

32. En el campo tiempo requerido para producir se registra el tiempo total requerido para elaborar las piezas, éste se calcula con la fórmula 22.

$$\textit{T tiempo requerido para producir} = \sum_{i=1}^n \textit{T tiempo para producción} \quad (22)$$

33. En el campo tiempo disponible para cambios, se registra el tiempo que se dispone para cambios de modelo, éste se calcula con la fórmula 23.

$$\textit{T tiempo disponible para cambios} = \textit{T tiempo neto disponible} - \textit{Capacidad de producción} \quad (23)$$

34. En el campo oportunidades de setup por día se registra la cantidad de setup posibles en un día, éste se calcula mediante la fórmula 24.

$$\textit{Oportunidades de setup por día} = \frac{\textit{T tiempo disponible para cambios}}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \textit{T tiempo para cambio de modelo}}{n} \right)} \quad (24)$$

35. En el campo cambios asignados, se registra el número de cambios asignados por día, éste se calcula con la fórmula 25.

$$\textit{Cambios asignados} = \sum_{i=1}^n \textit{Asignación de setups} \quad (25)$$

36. En el campo cambios no asignados se registra el número de cambios que se pueden agregar a la célula de manufactura, para calcularlo se utiliza la fórmula 26. Si el resultado es negativo indica que los cambios asignados son mayores a las oportunidades de setup al día lo cual no es permitido.

$$\textit{Cambios no asignados} = \textit{Oportunidades de setup al día} - \textit{Cambios asignados} \quad (26)$$

Para la tabla de análisis de capacidad de la célula

37. En el campo piezas requeridas, se registra el total de piezas a producir en la célula de manufactura, éste se calcula mediante la fórmula 27.

$$\textit{Piezas requeridas} = \sum_{i=1}^n \textit{Requerimiento de producción ajustado} \quad (27)$$

38. En el campo operadores requeridos, se registra el total de personal requerido para cumplir con la demanda requerida, éste se calcula mediante la fórmula 28.

$$\textit{Operadores requeridos} = \frac{(\textit{Piezas requeridas})(\textit{KOSU})}{(\textit{Capacidad de producción})(60)} \quad (28)$$

39. En el campo piezas instaladas se calcula el total de piezas que puede producir la célula de manufactura, éste se calcula mediante la fórmula 29.

$$\text{Cantidad de piezas instaladas} = \frac{(\text{Tiempo neto disponible})(60)}{\text{Flexible CT}} \quad (29)$$

40. En el campo operadores instalados se registra la cantidad de operadores actual.

Para la tabla de tiempo para el intervalo de programación

41. En la columna cambio, se registran los turnos en los que trabaja la célula de manufactura.

42. En la columna total disponible se registra el tiempo total disponible por turno en minutos.

43. En la columna inactividad programada se registra el tiempo inactivo programado en minutos.

44. En la columna inactividad no programada se registra el tiempo inactivo no programado en minutos.

45. En la columna tiempo neto disponible se registra el tiempo disponible para producir por turno, este se calcula mediante la fórmula 30.

$$\text{Tiempo neto disponible} = \text{Total disponible} - \frac{\text{Inactividad programada}}{\text{programada}} - \frac{\text{Inactividad no programada}}{\text{no programada}} \quad (30)$$

46. En la fila total se realiza la sumatoria para las columnas total disponible, inactividad programada, inactividad no programada y tiempo neto disponible.

Tabla 4. Formato para cálculo de KANBAN

No.	Número de Parte	Descripción	Requerimiento de producción	Clasificación A-B-C-D	Stoap del Sistema (%)	Tiempo para el Mesaje (min)	Requerimiento de producción (semana)	Tiempo de flexibilidad (semana)	Tiempo para el Mesaje CT (semana)	Asignación de Setups	Espinas + Transiciones	Lead time (min)	% de Seguridad	Tiempo de entrega (min)	Estándar de Compensación (min)	Frecuencia de orden (días)	EPE Variado		Pitch (min)	Takt time (seg)
																	Número de Kanbans	Número de Kanbans (Redondeado arriba)		
1	A2C51018184	BOMBAS	1568	A	0.342%	15	1574	15	16.224174	0.25	80	113.0400	10%	125.5	140	1	13.37980717	35	12	15
2	A2C53019744	BOMBAS	1568	A	0.342%	15	1574	15	16.224174	0.25	80	113.0400	10%	125.5	140	1	13.37980717	35	12	15
3	A2C530326851	BOMBAS	1540	A	0.342%	15	1546	15	16.224174	0.25	80	112.0794	10%	125.5	140	1	13.1331695	35	8	15
4	A2C530326851	BOMBAS	1070	A	0.342%	15	928	15	16.224174	0.25	80	111.7928	10%	125.5	140	2	14.5104722	35	14	15
5	A2C53426578	BOMBAS	924	A	0.342%	15	871	15	16.224174	0.25	90	111.8923	10%	125.5	140	2	13.6188415	35	13	15
6	A2C34769800	BOMBAS	868	A	0.342%	15	875	15	16.224174	0.25	90	111.9327	10%	125.5	140	2	10.55260996	35	10	15
7	A2C53184428	BOMBAS	672	A	0.342%	15	675	15	16.224174	0.25	90	111.9327	10%	125.5	140	2	10.55260996	35	10	15
8	A2C53328652	BOMBAS	672	A	0.342%	15	619	15	16.224174	0.25	90	111.9596	10%	125.5	140	2	9.67647615	35	9	15
9	A2C34783900	BOMBAS	616	A	0.342%	15	562	15	16.224174	0.25	90	111.9596	10%	125.5	140	2	8.78531779	35	9	15
10	A2C53184841	BOMBAS	560	A	0.342%	15	450	15	16.224174	0.25	90	110.8692	10%	125.5	140	2	7.03959528	35	7	15
11	A2C30160000	BOMBAS	448	A	0.342%	15	366	15	16.224174	0.25	90	110.7069	10%	125.5	140	2	5.720613143	35	6	15
12	A2C30061200	BOMBAS	364	B	0.342%	15	302	15	16.224174	0.25	90	110.8333	10%	125.5	140	2	4.72007877	35	5	15
13	A2C30044781	BOMBAS	300	B	0.342%	15	253	15	16.224174	0.25	90	110.8887	10%	125.5	140	4	7.568384349	35	8	15
14	A2C53361476	BOMBAS	252	B	0.342%	15	225	15	16.224174	0.25	90	110.4346	10%	125.5	140	4	6.73070734	35	7	15
15	A2C53368213	BOMBAS	224	B	0.342%	15	225	15	16.224174	0.25	90	110.4346	10%	125.5	140	4	6.73070734	35	7	15
16	A2C53361475	BOMBAS	224	B	0.342%	15	225	15	16.224174	0.25	90	110.4346	10%	125.5	140	4	6.73070734	35	7	15
17	A2C53026605	BOMBAS	196	B	0.342%	15	197	15	16.224174	0.25	90	110.3805	10%	125.5	140	4	5.893007568	35	6	15
18	A2C53289327	BOMBAS	168	B	0.342%	15	169	15	16.224174	0.25	90	110.3264	10%	125.5	140	4	5.055402032	35	5	15
19	A2C53194132	BOMBAS	168	B	0.342%	15	169	15	16.224174	0.25	90	110.3264	10%	125.5	140	4	5.055402032	35	5	15
20	A2C53108181	BOMBAS	168	B	0.342%	15	141	15	16.224174	0.25	90	110.2723	10%	125.5	140	4	4.21779733	35	5	15
21	A2C30227400	BOMBAS	140	B	0.342%	15	141	15	16.224174	0.25	90	110.2723	10%	125.5	140	4	4.21779733	35	5	15
22	A2C53361474	BOMBAS	140	B	0.342%	15	141	15	16.224174	0.25	90	110.2723	10%	125.5	140	4	4.21779733	35	5	15
23	A2C53184844	BOMBAS	140	B	0.342%	15	141	15	16.224174	0.25	90	110.2723	10%	125.5	140	4	4.21779733	35	5	15
24	A2C52165887	BOMBAS	140	C	0.342%	15	141	15	16.224174	0.25	90	110.2723	10%	125.5	140	4	4.21779733	35	5	15
25	A2C53184853	BOMBAS	140	C	0.342%	15	141	15	16.224174	0.25	90	110.2723	10%	125.5	140	4	4.21779733	35	5	15
26	A2C53114334	BOMBAS	112	C	0.342%	15	113	15	16.224174	0.25	90	110.1483	10%	125.5	140	5	4.187314529	35	5	15
27	A2C53114366	BOMBAS	84	C	0.342%	15	85	15	16.224174	0.25	80	110.1642	10%	125.5	140	5	3.148927204	35	4	12
28	A2C53186762	BOMBAS	84	C	0.342%	15	85	15	16.224174	0.25	80	110.1642	10%	125.5	140	5	3.148927204	35	4	12
29	A2C53078394	BOMBAS	56	C	0.342%	15	57	15	16.224174	0.25	80	110.1101	10%	125.5	140	5	2.112500115	35	3	15
30	A2C53210855	BOMBAS	56	C	0.342%	15	57	15	16.224174	0.25	80	110.1101	10%	125.5	140	5	2.112500115	35	3	15
31	A2C53210856	BOMBAS	56	C	0.342%	15	57	15	16.224174	0.25	80	110.1101	10%	125.5	140	5	2.112500115	35	3	15
32	A2C53078314	BOMBAS	28	C	0.342%	15	29	15	16.224174	0.25	90	110.0596	10%	125.5	140	5	1.07493764	35	2	15
33	989 784 045	BOMBAS	28	C	0.342%	15	29	15	16.224174	0.25	90	110.0596	10%	125.5	140	5	1.07493764	35	2	15
34	A2C52186996	BOMBAS	28	C	0.342%	15	29	15	16.224174	0.25	90	110.0596	10%	125.5	140	5	1.07493764	35	2	15
35	A2C52165888	BOMBAS	28	C	0.342%	15	29	15	16.224174	0.25	90	110.0596	10%	125.5	140	5	1.07493764	35	2	15
36	A2C53019744MB	BOMBAS	28	C	0.342%	15	29	15	16.224174	0.25	90	110.0596	10%	125.5	140	5	1.07493764	35	2	15
37	A2C53044780	BOMBAS	28	C	0.342%	15	29	15	16.224174	0.25	90	110.0596	10%	125.5	140	5	1.07493764	35	2	15
38	A2C53114360	BOMBAS	28	C	0.342%	15	29	15	16.224174	0.25	90	110.0596	10%	125.5	140	5	1.07493764	35	2	15
39	A2C53284851	BOMBAS	28	C	0.342%	15	29	15	16.224174	0.25	90	110.0596	10%	125.5	140	5	1.07493764	35	2	15
40	A2C53287183	BOMBAS	28	C	0.342%	15	29	15	16.224174	0.25	90	110.0596	10%	125.5	140	5	1.07493764	35	2	15
			13998			870	14071		3804.839101	14.5				140						
Promedio																				

Tiempo para el intervalo de programación (min)		
Cambio	Total Disponible	Neto disponible
1	570	495
2	520	405
3	350	295
Total	1440	1255

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA CÉLULA		
Piezas	REQUERIDO	INSTALADO
	14071	4641.222541
Operadores	25.53047835	8

Tiempo Neto Disponible	1255
Capacidad Actual (% de Eficiencia)	95%
Capacidad de Producción (min.)	1192.29
Tiempo Requerido para Producir	3804.839101
Oportunidades de cambio	62.75
Oportunidades de setup por día	41.83333333
Cambios asignados	14.5
Cambios no asignados	-9.5

HEIJUNKA

I. Con los cálculos obtenidos en la tabla de cálculo de KANBAN se procede a implementar HEIJUNKA.

1. Se elaboran las tarjetas KANBAN para los números de parte del área de bombas como se muestra en la figura 4.

P. N.:	A2C53108164	Class: A
Origen:	BOMBAS L3	
Componente:	BOMBA	
Cantidad a mover:	140	
Destino:	BUNDLE V	
	1	14

Figura 4. Ejemplo de tarjeta KANBAN

2. Se elabora el casillero HEIJUNKA como se muestra en la figura 5.

CASILLERO HEIJUNKA ÁREA DE BOMBAS							
A2C53108164		A2C80050000		A2C83227400		A2C53210856	
A2C53019744		A2C80081200		A2C53351474		A2C53019314	
A2C53328551		A2C53044781		A2C53184844		993 784 045	
A2C53063268VI		A2C53351476		A2C52125587		A2C52186906	
A2C53428578		A2C53388213		A2C53194353		A2C52125588	
A2C34755800		A2C53351475		A2C53114334		A2C53019744MB	
A2C53184828		A2C53026605		A2C53114356		A2C53044780	
A2C53328552		A2C53239327		A2C53186762		A2C53114360	
A2C34738300		A2C53194132		A2C53019304		A2C53284951	
A2C53184841		A2C53108161		A2C53210855		A2C53297193	

Figura 5. Diseño del casillero HEIJUNKA para el área de bombas

3. Se realiza el entrenamiento.
4. Se implementa el sistema HEIJUNKA.
5. Se evalúa el sistema

Diseño experimental y pruebas estadísticas

Para la elaboración de la prueba estadística, con ayuda de la tabla 1 se realiza un muestreo de la célula de manufactura con el sistema HEIJUNKA implementado, cada corrida representa un día. Con los datos de la célula antes y después de la investigación se realiza una prueba T de 2 muestras para la productividad y el cumplimiento al plan de producción.

Una prueba T de Student para dos muestras independientes es una prueba estadística utilizada para probar si la hipótesis nula es cierta, se aplica cuando la población estudiada sigue una

distribución normal para comparar las medias de 2 poblaciones, esta se calcula mediante la fórmula 8.

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{(m-1)s_1^2 + (n-1)s_2^2}{m+n-2}} \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{n}}} \quad (31)$$

La decisión de rechazar o no rechazar la hipótesis nula se toma en base al valor P, si es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, si es mayor a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusiones y recomendaciones

Mediante la aplicación de Lean Six Sigma y el uso de las metodologías KANBAN y HEIJUNKA se espera un aumento del 1.93 % del cumplimiento al plan de producción en la línea 3 de bombas. Una recomendación para la investigación es:

- 1.- Utilizar la demanda real de los módulos para todos los números de parte.

Referencias

AITECO Consultores. (s.f.). *Técnica de Grupo Nominal*. Recuperado el 12 de Octubre de 2015, de <http://www.aiteco.com/tecnica-de-grupo-nominal/>

Aruleswaran, A. (2009). *Changing Lean Six Sigma*. Malaysia: LSS Academy Sdn. Bhd.

Asociación Española para la Calidad. (2007). *Lean Manufacturing*. España: AEC.

Cheng, T., & Podolsky, A. (1996). *Just-in-Time Manufacturing: An Introduction*. London: Chapman & Hall.

Escalante, E. (2008). *Seis sigma: Metodología y técnicas*. México, Distrito Federal: Limusa.

Galgano, A. (1995). *Los siete instrumentos de la calidad total*. Madrid, España: Diaz de Santos.

George, M. (2003). *Lean Six Sigma for Service*. United States of America: McGraw-Hill.

George, M. (2010). *The Lean Six Sigma Guide to Doing More with Less : Cut Costs, Reduce Waste, and Lower Your Overhead*. New Jersey: Wiley.

Goldsby, T., & Martichenko, R. (2005). *Lean Six Sigma Logistics: Strategic Development to Operational Success*. Boca Raton, Florida: J. Ross Publishing.

Gross, J., & McInnis, K. (2003). *Kanban Made Simple : Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. New York: AMACOM.

Gupta, P. (2004). *The Six Sigma Performance Handbook: A Statistical Guide to Optimizing Results*. United States of America: McGraw-Hill.

- Imaai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management*. United States of America: McGraw-Hill.
- Joiner Associates Incorporated. (1995). *Pareto Charts: Plain & Simple*. Madison, Wisconsin: Joiner.
- Juran, J. (1996). *Juran y la calidad por el diseño*. Madrid, España: Diaz de Santos.
- King, P., & King, J. (2015). *Value Stream Mapping for the Process Industries: Creating a Roadmap for Lean Transformation*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Luyster, T., & Tapping, D. (2006). *Creating Your Lean Future State How to Move from Seeing to Doing*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Lyonnet, P. (1989). *Los métodos de la calidad total*. Madrid: Diaz de Santos.
- Monden, Y. (2012). *Toyota Production System An Integrated Approach to Just-In-Time*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Montgomery, D. (2004). *Control estadístico de la calidad*. México, Distrito Federal: Limusa Wiley.
- Montgomery, D. (2009). *Design and Analysis of Experiments*. Arizona, USA: Wiley.
- Rey, F. (2005). *Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid, España: Fundación Confemetal.
- Silva, A., & Mata, M. (2005). *La llamada Revolución Industrial*. Caracas: Universidad Católica Andres Bello.
- Taghizadegan, S. (2006). *Essentials of Lean Six Sigma*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Tang, L., Goh, T., Yam, H., & Yoap, T. (2006). *Six Sigma : Advanced Tools for Black Belts and Master Black Belts*. Singapore: Wiley.

Impacto de las Técnicas de Producción y las Prácticas de Calidad en los Beneficios JIT

Teresita Molina Salazar, Jorge Luis García-Alcaraz, Aidé Aracely Maldonado-Macías y Lázaro Rico Pérez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: al145024@alumnos.uacj.mx

Resumen: En el ambiente global actual de los negocios, las maquiladoras establecidas en México, al igual que las empresas, necesitan constantemente mejorar sus procesos y reducir sus costos de operación para permanecer en el mercado y ser competitivas. La herramienta Justo a Tiempo (JIT) es una herramienta de manufactura esbelta que trabaja fundamentalmente en estos dos aspectos. Sin embargo, se desconocen los Factores Críticos de Éxito (FCE) para su implementación, así como las relaciones que tienen con los beneficios obtenidos. En este artículo se presenta un modelo de ecuaciones estructurales que relaciona las técnicas de producción y las prácticas de calidad como FCE de JIT con los beneficios obtenidos y que fue validado con información proveniente de 372 encuestas. Se determinan los índices para la validación del modelo y se analizan los efectos directos, indirectos y totales. Los resultados indican que existe suficiente evidencia estadística para declarar que las técnicas de producción y las prácticas de calidad si tienen un impacto directo y positivo sobre los beneficios de JIT.

Palabras Clave: JIT, factores críticos de éxito, maquiladora, modelo de ecuaciones estructurales (MEE), efectos directos

1. Introducción

Para enfrentar los máximos desafíos de la fuerte competencia, tanto local como globalmente, los negocios se ven forzados a buscar alternativas para reducir costos, mejorar la calidad y las necesidades de demanda esperadas de sus clientes (Nadarajan, Chandren, & Mohamed Elias, 2013). Como una respuesta a lo anterior, la manufactura esbelta ha sido adoptada e implementada por compañías en sectores tanto industrial como de servicios en las décadas

recientes. En muchos casos esto les ha permitido mejorar sus resultados y su competitividad (Martínez-Jurado, Moyano-Fuentes, & Jerez-Gómez, 2014).

Womack y colaboradores (1991) fueron los que introdujeron el término “manufactura esbelta” en su libro, *La Máquina que Cambio al Mundo*; sin embargo, el origen del pensamiento esbelto es generalmente atribuido a Toyota, cuyo sistema de producción fue originalmente referido como Justo a Tiempo (JIT), pero ahora es comúnmente llamado el Sistema de Producción Toyota (Fullerton, Kennedy, & Widener, 2014). El Sistema de Producción Toyota provee las bases de lo que se conoce popularmente como JIT.

JIT significa que, en un flujo de proceso, las partes correctas necesarias para el ensamble estén al alcance de la línea de ensamble en el tiempo que se necesitan y solo en la cantidad necesaria y una compañía establece este flujo con la finalidad de tener cero inventarios (Ohno, 1978). Debido a que los principios de JIT incluyen la eliminación de desperdicio, sistema de producción de jalón, flujo de trabajo ininterrumpido, control de calidad total, compromiso del alto nivel gerencial, involucramiento del empleado, relaciones de largo plazo con los proveedores y mejoramiento continuo (Pheng, Arain, & Fang, 2011), dos de los factores de éxito para su implementación son las técnicas de producción y las prácticas de calidad para tener la posibilidad de contar con los beneficios JIT y por tal razón se explican de una mejor manera a continuación.

1.1 Las Técnicas de Producción JIT

JIT es una filosofía de producción cuyos objetivos son alta calidad y bajo consumo en condiciones de alta variedad, bajo volumen y mezcla alta de productos, por lo que para lograr lo anterior requiere estar vinculado e integrado con otras herramientas de manufactura esbelta. Los equipos usualmente están dispuestos de acuerdo a su secuencia de producción y manufactura, por lo que la labor para los empleados multifuncionales es de contacto cercano con la distribución de los equipos (Li & Yang, 2010). El proceso incluye dispositivos a prueba de errores (poka-yoke) que evita que los defectos ocurran, monitoreando las condiciones del proceso en la fuente y corrigiendo las divergencias que pudieran causar defectos (Eti, Ogaji, & Probert, 2004). Todos los procesos de producción tienen establecido la cantidad de trabajo por unidad de tiempo (Li &

Yang, 2010) y todo lo anterior se enfoca en el concepto de hacer, mantener y producir lo que agrega valor o justo lo que es necesario (Bakri, Rahim, Yusof, & Ahmad, 2012).

Los autores recomiendan varias prácticas o aspectos que contribuyen en el logro de los objetivos y los beneficios de JIT, en la Tabla 1 se mencionan algunos con las referencias que los justifican.

Ítem o Atributo	Autores que lo avalan
Organizar la planta en células de manufactura o grupos tecnológicos	(Ahmad, Schroeder, & Sinha, 2003; Cua, McKone, & Schroeder, 2001; Fullerton & McWatters, 2002; Jing-Wen, 2011; Li & Yang, 2010; Wakchaure, Venkatesh, & Kallurkar, 2006)
Reducir el número de actividades en el proceso de producción	(Li & Yang, 2010)
Implementados dispositivos (poka-yoke) destinados a evitar errores	(Eti et al., 2004; Jirarat, Ketlada, & Nuttapon, 2011; Masai, Parrend, & Zanni-Merk, 2015)
Generar un flujo continuo dentro de la cadena de valor	(Bakri et al., 2012; Lai, Lee, & Ip, 2003; Li & Yang, 2010)
Estandarizar los procesos	(Li & Yang, 2010; Masai et al., 2015; Miltenburg, Steiner, & Yeomans, 1990; Villa & Taurino, 2013)

Tabla 1. Atributos de las Técnicas de Producción

1.2 Las Prácticas de Calidad en JIT

La implementación de JIT es un proceso continuo y no un proyecto de una sola vez, por lo que es necesario el uso continuo de herramientas de calidad para conseguir sus estándares deseados, tales como control estadístico para controlar y reducir la variación de los procesos (Wakchaure et al., 2006). JIT mejora la producción y la calidad del servicio incrementando la productividad y la flexibilidad, así aumenta la sensibilidad hacia el cliente (Savino & Mazza, 2015), enfatiza el control de calidad siendo aun más importante que la cantidad de producción (Summers & Scherpereel, 2008), por lo que muchas empresas manufactureras combinan la implementación de

JIT, control total de la calidad (TQM) y mantenimiento Preventivo Total (TPM) para su mejor desempeño (Jirarat et al., 2011).

En la Tabla 2 se mencionan algunas de las prácticas de calidad JIT más importantes y las referencias que lo corroboran.

Ítem o Atributo	Autores que lo avalan
Utilizar control estadístico para controlar y reducir la variación de los procesos	(Bergenwall, Chen, & White, 2012; Jirarat et al., 2011; McLachlin, 1997; Wakchaure et al., 2006)
Las iniciativas de calidad deben estar orientadas al cliente	(Albino & Garavelli, 1995; Bergenwall et al., 2012; Jirarat et al., 2011; Li & Yang, 2010; Zhao, Yu, Li, & Tian, 2014)
Tener y divulgar las métricas de calidad	(Bergenwall et al., 2012; Li & Yang, 2010; Wilson, 1998)
Implementar un programa de mantenimiento productivo total (TPM)	(Bakri et al., 2012; Cua et al., 2001; Eti et al., 2004; Fullerton & McWatters, 2002; Jirarat et al., 2011)
Implementado principios y herramientas de Gestión de Calidad Total (TQM)	(Barlow, 2002; Bergenwall et al., 2012; Cua et al., 2001; Eti et al., 2004; Fullerton & McWatters, 2002; Jarrar & Smith, 2014; Jirarat et al., 2011; Lai et al., 2003; Wakchaure et al., 2006)

Tabla 2. Atributos de las Prácticas de Calidad

Sin embargo, dependiendo de los procesos de producción que se tengan y de las diferentes herramientas de manufactura que estén implementadas, dependen las prácticas de calidad que se ejecutan, por lo que se propone la siguiente hipótesis de trabajo:

H₁. Las *Técnicas de Producción* tienen un impacto directo y positivo sobre las *Prácticas de Calidad* al implementar JIT.

1.3 Los Beneficios JIT

Cuando JIT es exitosamente implementado cosechará los siguientes beneficios: mejoramiento de los niveles de calidad, mejoramiento en la moral del empleado y mejoría conjunta de la productividad y la rentabilidad (Pheng et al., 2011). En la Tabla 3 se mencionan una serie de beneficios que varios autores asocian a JIT, los cuales comprenden aspectos del recurso humano, la maquinaria, la productividad y la flexibilidad en los procesos de producción.

Sin embargo es conveniente mencionar que no todos los beneficios obtenidos de JIT son fortuitos, se deben o son consecuencia de alguna otra actividad o buena práctica que se ha realizado anteriormente.

Ítem o Atributo	Autores que lo avalan
Aumenta la motivación y satisfacción de los trabajadores	(Eti et al., 2004; Jirarat et al., 2011; Li & Yang, 2010; Low Sui & Gao, 2011; McLachlin, 1997)
Incrementa la eficiencia y utilización de maquinaria y equipo	(Bruun & Mefford, 2004; Eti et al., 2004; Jirarat et al., 2011; Li & Yang, 2010)
Se tiene un aumento de productividad	(Aksoy & Öztürk, 2011; Bruun & Mefford, 2004; Eti et al., 2004; Fatehi-Sedeh, 1984; Hines, 1998; Lai et al., 2003; Li & Yang, 2010; Low Sui & Gao, 2011; McLachlin, 1997; Salameh & Ghattas, 2001)
Se mejora la calidad del producto	(Ahmad et al., 2003; Bruun & Mefford, 2004; Hines, 1998; Li & Yang, 2010; Low Sui & Gao, 2011; Salameh & Ghattas, 2001; Wilson, 1998; Wujun, Yujin, Chenggang, & Xuelin, 2007; Zhao et al., 2014)
Se aumenta la velocidad de introducción de nuevos productos	(Bruun & Mefford, 2004; Lai et al., 2003)

Tabla 3. Atributos de los Beneficios Obtenidos

Se observa claramente que un aumento de la productividad y calidad del producto son los beneficios más reportados por los autores, lo cual puede deberse a la puesta en prácticas de programas tales como TPM o TQM. Además, una reducción de los errores como parte de un programa de Poka-Yoke trae como consecuencia una mayor satisfacción de los operarios en la

línea de producción. Así pues, los beneficios obtenidos de JIT pueden tener varios orígenes, por lo que se proponen las siguientes hipótesis de trabajo:

H₂. Las *Técnicas de Producción* tienen un impacto directo y positivo sobre los *Beneficios* operativos al implementar JIT.

H₃. Las *Prácticas de Calidad* tienen un impacto directo y positivo sobre los *Beneficios* operativos al implementar JIT.

1.4 Problema de Investigación y objetivo

Dados los factores claves de éxito asociados a las técnicas de producción en la Tabla 1 y a las prácticas de calidad de la Tabla 2 establecidas, se entiende que el uso de los mismos debe generar beneficios, y algunos de los cuales se ilustran en la Tabla 3. El problema que se tiene en el sector industrial de Ciudad Juárez (México) es que aunque muchas empresas adoptan la filosofía de JIT, muchas han fallado en mejorar el funcionamiento de la planta (Ahmad et al., 2003) y por ello, el problema que se busca resolver en esta investigación es identificar el impacto que tienen los factores críticos en los beneficios asociados a las técnicas de producción y las prácticas de calidad en los beneficios obtenidos, dado que existe un desconocimiento de un valor cuantitativo que asocie esas variables, validando para ello las tres hipótesis planteadas inicialmente, mismas que se ilustran gráficamente en la Figura 1.

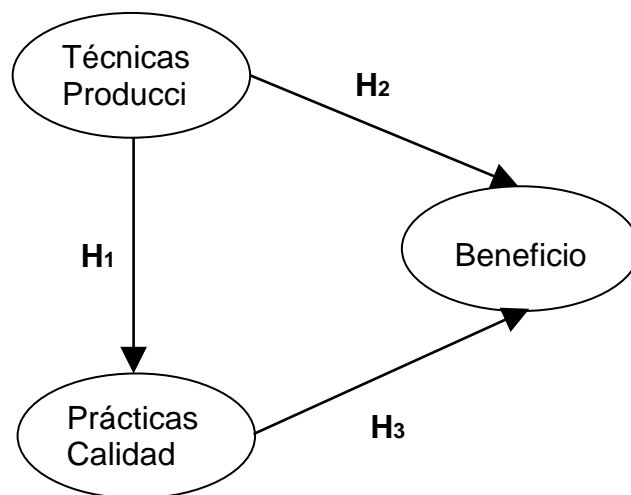


Figura 1. Relación de Variables Latentes

2. Metodología

La metodología para lograr el objetivo planteado es de acuerdo a las siguientes etapas:

2.1. Revisión del conocimiento disponible, validación racional y por jueces

Se realizó una revisión de literatura para verificar el conocimiento disponible de JIT, principalmente en los aspectos inherentes a su implementación los cuales se mencionan en Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3, mismo que se asocian a las técnicas de producción que se implementan junto con JIT, las prácticas de calidad y los beneficios que se obtienen de su implementación. En esta etapa se han realizado búsquedas en bases de datos electrónicas tales como Springer, Web of Science, Ebscohost, Emerald, Ingenta, GStor, entre otras, donde algunas de las palabras clave fueron “factores críticos de éxito”, “factores clave de éxito”, “implementación de JIT”, entre otras.

2.2. Elaboración del cuestionario

Se realiza una extracción de iniciativas, prácticas, procedimientos, competencias y beneficios JIT, los cuales se establecen como ítems del cuestionario y son los que se mencionan en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3, lo cual representa una validación racional. El cuestionario se presenta a un grupo de expertos en JIT para que determinen si los ítems incluidos contaban con la validez cualitativa necesaria para ser incluidos, lo cual representa una validación por jueces. Se administra un cuestionario preliminar a una pequeña muestra de casos para probar pertinencia y eficacia. Se hicieron las correcciones necesarias y se genera un cuestionario final que se aplica a empleados de la industria maquiladora de Ciudad Juárez.

Como método de calificación de los ítems se utiliza una escala Likert, con calificaciones del 1 al 5, donde 1 corresponde a “nunca”, 2 a “casi nunca”, 3 a “regularmente”, 4 a “casi siempre” y 5 a “siempre”. Además, en el cuestionario se realizaron cuatro preguntas referentes a aspectos demográficos de los encuestados: años del encuestado en el puesto, donde puede contestar entre cinco opciones, el sector al que pertenece la maquiladora, con siete opciones, el género del encuestado, cuyas opciones son femenino y masculino y la posición jerárquica en la empresa con cinco opciones.

2.3 Captura de la información

Se captura la información obtenida a través del cuestionarios usando el software IBM SPSS 21, empezando con las primeras cuatro preguntas sobre aspectos demográficos de los encuestados y luego cada uno de los ítems del cuestionario. Las encuestas físicas se archivaron escribiendo en cada una el número correspondiente según la base de datos de SPSS.

2.4 Depuración

Se realizaron pruebas para la determinación de valores perdidos y valores extremos, para los que se usan graficas de caja y bigote. Los valores perdidos y extremos fueron reemplazados por la mediana y se descartan las encuestas cuyas respuestas tengan una desviación menor o igual a 0.15 por fila, ya que indica que el encuestado proporciona siempre la misma respuesta a todas las preguntas.

2.5 Modelo de ecuaciones estructurales

Con la información depurada se crea un archivo de Excel el cual es usado para crear un modelo de ecuaciones estructurales en el software WarpPLS 5.0 ® en donde se crean la tres variables latentes *Técnicas de Producción*, *Prácticas de Calidad* y *Beneficios* relacionadas como aparecen en la Figura 1.

2.6 Validación de las variables latentes

Las variables latentes fueron validadas de acuerdo a los siguientes índices:

- Para la validación predictiva se usa los índices R^2 , R^2 ajustada y Q^2 . Se requieren valores superiores a 0.2
- Para la validez convergente se usa el promedio de varianza extraída (AVE) y se requieren valores superiores a 0.5 en cada variable latente.
- Para determinar la colinealidad, se determinan los índices de inflación de la varianza (VIF), en el cual se requieren índices menores a 3.3.
- Para la confiabilidad interna, se estima el índice Alfa de Cronbach y el índice de confiabilidad compuesta, donde se requieren valores superiores a 0.7.

3. Resultados

Un total de 372 cuestionarios válidos fueron obtenidos después de aplicarlo empleados de la industria maquiladora de Ciudad Juárez y los resultados que se han obtenido son los siguientes.

3.1 Validación del cuestionario

En la Tabla 4 se presentan los índices de validación obtenidos del software WarpPLS 5.0 ® para las variables latentes que se analizan: *Técnicas de Producción*, *Prácticas de Calidad* y *Beneficios*. Los índices de validez predictiva R^2 , R^2 ajustada y Q^2 son mayores a 0.2, por lo que se concluye que existe validez predictiva desde el punto de vista paramétrico y no paramétrico. En referencia a los índices de confiabilidad compuesta y alfa de Cronbach, todos los valores son mayores a 0.7, por lo que se concluye que las variables latentes analizadas tienen validez interna. Al analizar los valores de AVE, se observa que todos los índices son mayores a 0.5, lo cual indica que las variables latentes tienen validez convergente y finalmente, los valores de los VIF son menores a 3.3 en las tres variables, por lo que se concluye que no existen problemas de colinealidad.

Tabla 4. Validación de las Variables Latentes

Índice	Técnicas Producción	Prácticas Calidad	Beneficios
R^2		0.478	0.549
R^2 ajustada		0.477	0.546
Conf. Compuesta	0.871	0.927	0.903
Alfa de Cronbach	0.814	0.901	0.865
AVE	0.576	0.718	0.651
AVIF	2.263	2.264	2.178
Q^2		0.479	0.549

3.2 Evaluación del modelo propuesto

Con el análisis de los índices mostrados en la Tabla 4 que corresponden al modelo de ecuaciones propuesto en la Figura 1, se genera la Figura 2, en la cual se al ser ejecutado en el software WarpPLS 5.0 ®, donde se muestran los valores de β que relaciona cada una de las variables de manera directa. Al observar los P-valores asociados a las pruebas estadísticas de los parámetros estimados, se concluye que todos los efectos directos son estadísticamente significativos. En la Tabla 5 se muestran los efectos directos, indirectos y totales entre las variables latentes.

Tabla 5. Efectos Directos, Indirectos y Totales entre Variables Latentes

	Variable latente	Técnicas de Producción	Calidad
Efecto Directo	Prácticas Calidad	.692	
Efecto Directo	Beneficios	.383	.419
Efecto Indirecto	Beneficios	.290	
Tamaño del efecto	Beneficios	.197	
Efectos Totales	Prácticas Calidad	.692	
Efectos Totales	Beneficios	.673	.419

Así pues, de acuerdo a los efectos directos, se tienen las siguientes conclusiones en relación a las hipótesis planteadas inicialmente:

- H₁. Existe suficiente evidencia estadística para declarar que las *Técnicas de Producción* tienen un impacto directo y positivo sobre las *Prácticas de Calidad* al implementar JIT en las empresas maquiladoras, ya que cuando la primera variable latente incrementa su desviación estándar en una unidad, la segunda lo hace en 0.692 unidades
- H₂. Existe suficiente evidencia estadística para declarar que las *Técnicas de Producción* tienen un impacto directo y positivo sobre los *Beneficios* operativos al implementar JIT en las empresas maquiladoras, ya que cuando la primera variable latente incrementa su desviación estándar en una unidad, la segunda lo hace en 0.383 unidades.
- H₃. Existe suficiente evidencia estadística para declarar que las *Prácticas de Calidad* tienen un impacto directo y positivo sobre los *Beneficios* operativos al implementar JIT, ya que

cuando la primera variable latente incrementa su desviación estándar en una unidad, la segunda lo hace en 0.419 unidades.

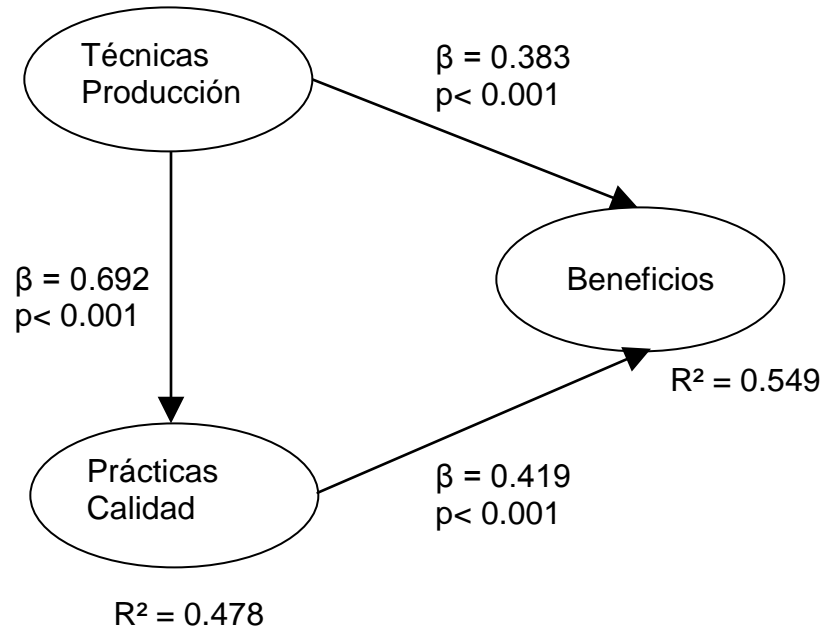


Figura 2. Modelo final evaluado

4. Conclusiones y recomendaciones

Para obtener los beneficios que la técnica JIT ofrece se requieren la suma de muchos factores críticos de éxito que se involucran, pero en este artículo se analizan solo dos de ellos, las técnicas de producción y las prácticas de calidad, y basados en los resultados obtenidos se pueden hacer las siguientes implicaciones industriales:

- El uso de las técnicas de producción que JIT requiere es muy importante para lograr los beneficios.
- Las prácticas de calidad de JIT impactan también en los beneficios que JIT ofrece, pero como se puede observar existe un impacto mayor en las técnicas de producción sobre las prácticas de calidad y esto significa que esta segunda variable latente actúa como variable

mediadora de la primera y es muy importante el uso combinado de ambas para lograr los beneficios esperados.

5. Referencias

- Ahmad, S., Schroeder, R. G., & Sinha, K. K. (2003). The role of infrastructure practices in the effectiveness of JIT practices: implications for plant competitiveness. *Journal of Engineering and Technology Management*, 20(3), 161-191. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0923-4748\(03\)00017-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0923-4748(03)00017-1)
- Aksoy, A., & Öztürk, N. (2011). Supplier selection and performance evaluation in just-in-time production environments. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 6351-6359. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.11.104>
- Albino, V., & Garavelli, A. C. (1995). A methodology for the vulnerability analysis of just-in-time production systems. *International Journal of Production Economics*, 41(1-3), 71-80. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00014-3](http://dx.doi.org/10.1016/0925-5273(95)00014-3)
- Bakri, A. H., Rahim, A. R. A., Yusof, N. M., & Ahmad, R. (2012). Boosting Lean Production via TPM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65, 485-491. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.153>
- Barlow, G. L. (2002). Just-in-time: Implementation within the hotel industry—a case study. *International Journal of Production Economics*, 80(2), 155-167. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00315-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00315-8)
- Bergenwall, A. L., Chen, C., & White, R. E. (2012). TPS's process design in American automotive plants and its effects on the triple bottom line and sustainability. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 374-384. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.04.016>
- Bruun, P., & Mefford, R. N. (2004). Lean production and the Internet. *International Journal of Production Economics*, 89(3), 247-260. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.007>
- Cua, K. O., McKone, K. E., & Schroeder, R. G. (2001). Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, 19(6), 675-694. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963\(01\)00066-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963(01)00066-3)
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T., & Probert, S. D. (2004). Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. *Applied Energy*, 79(4), 385-401. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2004.01.007>
- Fatehi-Sedeh, K. (1984). Conversion to a just-in-time production system: structural considerations. *Journal of Behavioral Economics*, 13(2), 111-132. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/0090-5720\(84\)90006-8](http://dx.doi.org/10.1016/0090-5720(84)90006-8)
- Fullerton, R. R., Kennedy, F. A., & Widener, S. K. (2014). Lean manufacturing and firm performance: The incremental contribution of lean management accounting practices. *Journal of Operations Management*, 32(7-8), 414-428. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2014.09.002>
- Fullerton, R. R., & McWatters, C. S. (2002). The role of performance measures and incentive systems in relation to the degree of JIT implementation. *Accounting, Organizations and Society*, 27(8), 711-735. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0361-3682\(02\)00012-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0361-3682(02)00012-0)
- Hines, P. (1998). Benchmarking Toyota's supply chain: Japan vs U.K. *Long Range Planning*, 31(6), 911-918. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0024-6301\(98\)80028-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0024-6301(98)80028-9)

- Jarrar, N. S., & Smith, M. (2014). Innovation in entrepreneurial organisations: A platform for contemporary management change and a value creator. *The British Accounting Review*, 46(1), 60-76. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.bar.2013.07.001>
- Jing-Wen, L. (2011). Comparing Kanban with CONWIP in a make-to-order environment supported by JIT practices. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 28(1), 72-88. doi:10.1080/10170669.2010.536633
- Jirarat, T., Ketlada, K., & Nuttapon, S. (2011). Relationship model and supporting activities of JIT, TQM and TPM. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 33(1), 101-106.
- Lai, C. L., Lee, W. B., & Ip, W. H. (2003). A study of system dynamics in just-in-time logistics. *Journal of Materials Processing Technology*, 138(1-3), 265-269. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136\(03\)00083-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00083-9)
- Li, J., & Yang, Q. (2010, 7-8 Aug. 2010). *The Analysis of Human Resource Allocation and Incentive Based on JIT System*. Paper presented at the Information Science and Management Engineering (ISME), 2010 International Conference of.
- Low Sui, P., & Gao, S. (2011). The Application of the Just-in-Time Philosophy in the Chinese Construction Industry. *Journal of Construction in Developing Countries*, 16(1), 91-111.
- Martínez-Jurado, P. J., Moyano-Fuentes, J., & Jerez-Gómez, P. (2014). Human resource management in Lean Production adoption and implementation processes: Success factors in the aeronautics industry. *BRQ Business Research Quarterly*, 17(1), 47-68. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cede.2013.06.004>
- Masai, P., Parrend, P., & Zanni-Merk, C. (2015). Towards a Formal Model of the Lean Enterprise. *Procedia Computer Science*, 60, 226-235. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.122>
- McLachlin, R. (1997). Management initiatives and just-in-time manufacturing. *Journal of Operations Management*, 15(4), 271-292. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963\(97\)00010-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963(97)00010-7)
- Miltenburg, J., Steiner, G., & Yeomans, S. (1990). A dynamic programming algorithm for scheduling mixed-model, just-in-time production systems. *Mathematical and Computer Modelling*, 13(3), 57-66. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/0895-7177\(90\)90370-3](http://dx.doi.org/10.1016/0895-7177(90)90370-3)
- Nadarajan, S., Chandren, S., & Mohamed Elias, E. (2013). HICCUPS IN JUST-IN-TIME PRACTICES FOR ELECTRICAL & ELECTRONIC MANUFACTURING. *International Journal of Academic Research*, 5(5), 269-271. doi:10.7813/2075-4124.2013/5-5/B.41
- Ohno, T. (1978). *Toyota Production System Beyond Large-Scale Production*. USA: Productivity Press.
- Pheng, L. S., Arain, F. M., & Fang, J. W. Y. (2011). Applying just-in-time principles in the delivery and management of airport terminal buildings. *Built Environment Project and Asset Management*, 1(1), 104-121. doi:10.1108/20441241111143812
- Salameh, M. K., & Ghattas, R. E. (2001). Optimal just-in-time buffer inventory for regular preventive maintenance. *International Journal of Production Economics*, 74(1-3), 157-161. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00122-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00122-0)
- Savino, M. M., & Mazza, A. (2015). Kanban-driven parts feeding within a semi-automated O-shaped assembly line: a case study in the automotive industry. *Assembly Automation*, 35(1), 3-15. doi:10.1108/AA-07-2014-068

- Summers, G. J., & Scherpereel, C. M. (2008). Decision making in product development: are you outside-in or inside-out? *Management Decision*, 46(9), 1299-1312. doi:doi:10.1108/00251740810911957
- Villa, A., & Taurino, T. (2013). From JIT to Seru, for a Production as Lean as Possible. *Procedia Engineering*, 63, 956-965. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.08.172>
- Wakchaure, V. D., Venkatesh, M. A., & Kallurkar, S. P. (2006, 21-23 June 2006). *Review of JIT Practices in Indian Manufacturing Industries*. Paper presented at the Management of Innovation and Technology, 2006 IEEE International Conference on.
- Wilson, J. M. (1998). A comparison of the 'American System of Manufactures' circa 1850 with Just in Time methods. *Journal of Operations Management*, 16(1), 77-90. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963\(97\)00015-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963(97)00015-6)
- Wujun, C., Yujin, H., Chenggang, L., & Xuelin, W. (2007). Single setup multiple delivery model of JIT system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33(11/12), 1222-1228. doi:10.1007/s00170-006-0558-7
- Zhao, W., Yu, Q.-q., Li, H.-s., & Tian, Y.-z. (2014, 17-19 Aug. 2014). *Study on the relationship between JIT practices and operational performance based on the cost leading strategy*. Paper presented at the Management Science & Engineering (ICMSE), 2014 International Conference on.

Control estadístico multivariante de proceso aplicado en la industria

Omar Juventino Argumedo, Rey David Molina Arredondo , Erwin A. Martínez Gómez y Jesús A. Hernández Gómez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: A1151518@alumnos.uacj.mx

Resumen:

En la actualidad gracias a la tecnología se puede implementar en los procesos de producción un análisis multivariante. Los gráficos multivariantes nos ayudaran a tener un proceso robusto y eliminar todo tipo de desperdicio; en el siguiente artículo se verá cómo se realiza el monitoreo de más de dos variables que es lo que nos ofrece el estadístico T^2 de Hotelling respecto a los gráficos univariantes para identificar variables fuera de especificación; así como también se presenta una simulación de futuras corridas donde se puede observar que al modificar o aumentar la muestra es mucho más fácil detectar puntos fuera de control.

Palabras Clave: Correlación estadística, Gráficos multivariantes, Límites Bonferroni

1. INTRODUCCIÓN

Debido a las actuales tendencias de la economía, las organizaciones han orientado sus estrategias hacia el mejoramiento de la calidad y a la reducción de los costos de fabricación (Norte et al., 2006; Manuel, 2003; Gutierrez Humberto, 2008); esta tendencia ha llevado al enfoque en la producción y el uso de sistemas de control de calidad, que además de proporcionar flexibilidad al proceso permitan disminuir costos que garanticen la reducción de falsas alarmas

por cambios en el proceso y la disminución de unidades defectuosas, lo que permite aumentar la calidad en el producto final y la satisfacción del cliente. Para alcanzar este objetivo y obtener una ventaja competitiva, se requiere la aplicación de diversas herramientas como el control estadístico de proceso. El control estadístico de calidad de productos y servicios tiene como objetivo reducir su variabilidad e idealmente eliminar sus defectos. Como un ideal se busca que todas las unidades fabricadas sean idénticas y perfectas. En la práctica real se consigue reducir los desperdicios, minimizar los reprocesamientos y mejorar la opinión del cliente, tratando de hacer las cosas bien a la primera vez (Diana, 2009; Alonso, 2011) y este puede aplicarse a cualquier proceso (Gustavo, 1986). El control estadístico tiene siete herramientas principales (Bartés, Llabrés, & Cintas, n.d.) (“Kaoru Ishikawa ¿Que Es El Control Total de Calidad 2003.pdf,” n.d.) (Humberto, 2010): Diagrama de Ishikawa, Hoja de Verificación, Histograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de Dispersión, Muestreo Estratificado, Gráficos de control.

Los gráficos utilizados para llevar a cabo el control estadístico del proceso se conocen como cartas o gráficas de control (Elena, 2012; Valencia, 2014; Bartés et al., n.d.). Estas permiten observar los resultados obtenidos periódicamente de una forma didáctica, indicando si las variaciones que se presentan en un proceso están por fuera de lo normal.

En la actualidad existe el control estadístico univariable (Ochoa & Tamayo, 2014), también conocido como control estadístico tradicional, en los cuales se monitorea una variable a la vez a través de gráficos de control; sin embargo, debido al aumento de características o variables a medir, se ha transitado hacia el control estadístico de procesos multivariante.

Cuando un proceso envuelve más de una variable, existen dos formas de gráficas de control que pueden ser seleccionadas, una gráfica de control multivariante o un set de gráficos univariados (Ochoa & Tamayo, 2014; Christian, 2005). La técnica estadística de gráficas de control univariadas fue la más utilizada a pesar de que los procesos y productos que se analizaban poseían en su gran mayoría dos o más características de calidad (Herrera & Fontalvo, 2006). Con el tiempo se dio la necesidad de aplicar herramientas estadísticas multivariadas para controlar en forma simultánea dos o más variables. Sin embargo, las técnicas multivariadas de control son técnicas muy complejas de utilizar, por los conceptos matemáticos que se manejan.

Esta dificultad es superada actualmente con el avance de los programas o softwares especializados en control estadístico de procesos, lo que originó un interés de las técnicas de control multivariado.

En el presente artículo se analizan 6 variables de un vaso térmico para observar el comportamiento apoyado en gráficos de control tanto individual como múltiple utilizando los gráficos multivariantes T2 de Hotelling.

GRÁFICOS DE CONTROL

Un gráfico de control representa la evolución en el tiempo de una característica de calidad medida a partir de una muestra (Castro, 2005). En términos generales, es una representación gráfica en los ejes cartesianos, donde en el eje horizontal se indica el número de la muestra o el tiempo en que se obtiene, y en el eje vertical se indican los valores observados en las muestras. Se representan tres líneas horizontales:

- Una línea central (LC), que es la norma de calidad prescrita para el proceso.
- Dos líneas horizontales llamadas límite inferior de control (LIC) y límite superior de control (LSC) que se sitúan por debajo y por encima de la LC.

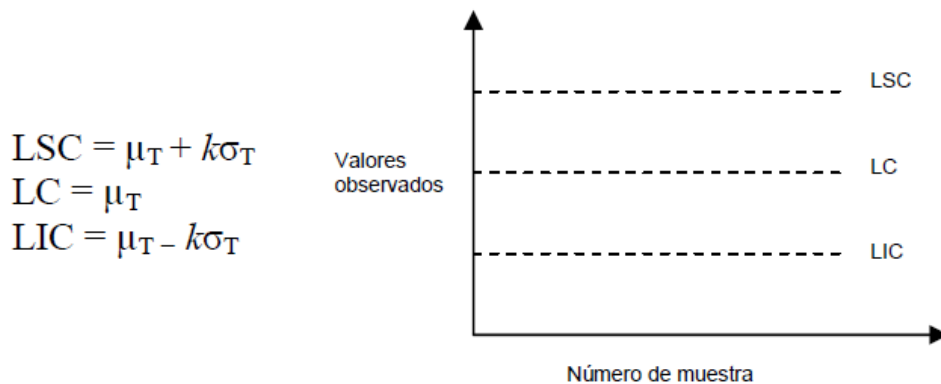
Estos dos límites constituyen los criterios de decisión para el funcionamiento del proceso, es decir, cuando los puntos correspondientes a las observaciones están dentro de estas líneas se dice que el proceso está bajo control, sin embargo, cuando un punto cae fuera de dichos límites se interpreta como una evidencia de que el proceso está fuera de control. En definitiva, un gráfico de control se puede plantear como un contraste de hipótesis en el sentido siguiente:

H0: El proceso se encuentra bajo control estadístico.

H1: El proceso se encuentra fuera de control estadístico.

La hipótesis nula se puede referir a la media del proceso a la dispersión del mismo, o bien a la proporción de unidades defectuosas que origina dicho proceso. Según Shewhart, la

forma genérica de un gráfico de control, desde un punto de vista analítico y desde un punto de vista gráfico, es el siguiente:



En la expresión anterior:

T es el estadístico muestral que mide la característica de calidad en estudio (T es el estimador del parámetro del proceso que se desea estimar y controlar).

μ_T es la media del estimador.

σ_T es la desviación típica del estimador.

K es una constante que indica la distancia de los límites de control a la línea central expresada en unidades de desviación típica.

GRÁFICOS DE CONTROL UNIVARIADO.

Es un diagrama que presenta el comportamiento y a su vez se realiza el seguimiento de una característica de calidad en el tiempo. Detectando la existencia o no de inestabilidad en el proceso, si esto ocurre se conoce como causa asignable (en estadística involucra la variabilidad ajena a la información del proceso) (Herrera & Fontalvo, 2006). La característica de calidad es evaluada mediante el estadístico de las muestras o subgrupos que se toman del proceso. Entre los estadísticos más utilizados tenemos el promedio \bar{x} , el rango R, la varianza s^2 , la proporción p , El número de no conformidades en el subgrupo u. Los tres primeros son aplicados a en las Gráficas de Control por Variable y las dos últimas por las gráficas de control por atributos. El supuesto de normalidad e independencia se deben cumplir para la elaboración de estas gráficas de control (Flores & Coru, 2013; John, 1992).

CONTROL UNIVARIADO POR VARIABLES

Esta gráfica es propuesta por Walter Shewhart es una de las herramientas más utilizadas en el SPC, permite monitorear y controlar el promedio de un proceso es conocido como gráfico \bar{X} , es una carta que se aplica para controlar y mejorar la calidad media a través del valor promedio \bar{X} , calculado en cada subgrupo o muestra, es presentada simultáneamente con el gráfico R que permite controlar y mejorar la dispersión o variabilidad (Diharce, Noriega, & Tel, 2010). Pero como la variación es inherente en cada subgrupo los promedios y los rangos varían en cada subgrupo permitiendo así dos tipos de errores:

- Error tipo I: ocurre cuando al tomar una muestra conduzca a tomar una acción, cuando en realidad no ha habido cambio alguno en el proceso.
- Error tipo II: sucede cuando al tomar una muestra la gráfica muestre un proceso bajo control cuando en la realidad haya ocurrido un cambio en el proceso.

Para que un proceso de producción sea estable, ambas estadísticas, tanto el promedio como la dispersión deben estar en estado de control. Por tal motivo, para efectos prácticos, las cartas \bar{X} y R se dibujan en la misma hoja de papel. Esta etapa del proceso se conoce como FASE I.

La siguiente lista muestra la secuencia de actividades generales que se sigue en la elaboración de cartas de control \bar{X} y R :

1. Establecimiento de objetivos.
2. Selección de las variables a controlar: la variable o variables a controlar deben ser magnitudes susceptibles de medirse.
3. Elección del criterio de formación de subgrupos.
4. Elección de tamaño y frecuencia de los subgrupos.
5. Determinación del método de medición.
6. Obtención de las mediciones y registro de ellos.
7. Cálculo de la media, \bar{X} de cada subgrupo.
8. Cálculo de la amplitud R , de cada subgrupo: la amplitud de cada subgrupo se calcula restando el

valor de la medición más baja de la más alta.

9. Cálculo del rango promedio \bar{R} .

GRÁFICO DE CONTROL MULTIVARIANTES.

Durante la Segunda Guerra Mundial la técnica estadística de gráficas de control univariadas fue la más utilizada a pesar de que los procesos y productos que se analizaban poseían en su gran mayoría dos o más características de calidad (Luis, 2010). Con el tiempo se dio la necesidad de aplicar herramientas estadísticas multivariadas para controlar en forma simultánea dos o más variables (Herrera & Fontalvo, 2006; Miguel, 2010; Marta, 2016). Sin embargo, las técnicas multivariadas de control son técnicas muy complejas de utilizar, por los conceptos matemáticos que se manejan. Esta dificultad es superada posteriormente con el avance de los programas o software especializados en control estadístico de procesos, lo que originó un interés de las técnicas de control multivariado. El número de características de calidad en una Gráfico de Control Multivariado a es representada por p . El principal objetivo en este tipo de carta es determinar bajo un contraste de hipótesis si las p variables se encuentran bajo control estadístico. Para resolver este problema se propusieron dos métodos (Huertas & Mellado, 2005; Omar, 2012).

1) Realizar una carta de control a cada una de las p variables y rechazar la hipótesis cuando cualquiera de estas variables indiquen una señal fuera de control, obteniendo de esta forma un error tipo I $(\alpha) = 1 - (1 - \alpha)^p$, 2) Rechazar la hipótesis cuando todas las cartas indiquen que la variable a controlar posea una señal fuera de control, en este caso la probabilidad de error tipo I es de alfa p . Sin embargo, ninguna de estas propuestas explica el grado de correlación que pueda tener las variables, que en muchas ocasiones existe (Chen, Verwater-lukszo, Molin, & Bucchianico, 2005). Se Considera el caso en que se controlan dos características de calidad, que se distribuyen en forma de normal bivariada. Posteriormente se selecciona una muestra de n observaciones para cada una de las características de calidad y se evalúa con un estadístico cualquiera (Scholz & Tosch, 1993).

El método a considerar es la construcción separada de dos cartas superpuestas para cada una de las variables. Si el estadístico del subgrupo, en este caso la media, queda dentro de la región rectangular se considera el proceso bajo control estadístico. Sin embargo, la región realmente es de naturaleza elíptica, lo que implica que al tomar como referencia la región rectangular posibilita la aparición de errores que conlleve a conclusiones lejanas de la realidad del proceso.

TEOREMA 1

Sea \mathbf{X} un vector columna aleatorio de p dimensiones que tiene una distribución normal multivariada con parámetros μ y Σ . Entonces la variable aleatoria

$T^2 = (\mathbf{X} - \mu)' \Sigma^{-1} (\mathbf{X} - \mu)$ tiene una distribución χ^2 con p grados de libertad.

TEOREMA 2

Sea $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_p)'$ un vector columna con distribución normal multivariada y

Parámetros μ y Σ . Suponer una muestra aleatoria de tamaño n con el vector columna

$\mathbf{X} = ()' X_1, X_2, \dots, X_p$, donde X_i es el promedio muestral de X_i . Entonces \mathbf{X} tiene una distribución normal multivariada con vector de medias μ y matriz de covarianzas Σ/n .

CORRELACIÓN ESTADÍSTICA.

La correlación estadística puede estudiar y establecer las relaciones entre las variables, para predecir el comportamiento de una variable en función de su comportamiento (Sampaio, 2015; L., 2008; Alejandro, 2002). Es decir, determina la relación o dependencia que existe entre las dos variables que intervienen en una distribución bidimensional (Antunes, 2012; Antonio, 1996). Estableciendo que los cambios de una de las variables influyen en los cambios de la otra. En caso de que suceda, diremos que las variables están correlacionadas o que hay correlación entre ellas.

2. MÉTODO

El método en el que se basará este estudio es el propuesto por Ochoa y Tamayo (2014), para el cual, dependiendo de la naturaleza del proceso, se aplican diferentes técnicas de Control estadístico multivariante a fin de obtener el mejoramiento de la calidad que tenga un impacto en el factor económico. Estas técnicas se aplican a través de dos pasos.

1) Investigar el sistema del proceso por medio de la creación de un comité de calidad formado por los responsables del proceso el cual identifica la situación problemática mediante sesiones de lluvias de ideas, y da respuesta a la pregunta, ¿Dónde aplicar el procedimiento de control en el proceso, dado que existen muchas variables?

2) Recolectar y evaluar el conjunto de datos preliminares esta fase consiste en la verificación de la calidad de los datos, examinando los errores de los datos tanto humanos como electrónicos se analizan aquellos problemas que pueden afectar el uso y desempeño del estadístico T^2 , en contraste con los problemas de la recolección de datos estudiados en el paso 2 (Jackson, 1991 citado por Ochoa y Tamayo, 2014). El estadístico T^2 para una observación ($n = 1$) sobre p variables se expresa como:

$$T^2 = [X - \bar{X}]S^{-1} (X - \bar{X})$$

Equation 1 T2 de hoteling (1)

Donde $X = (X1, X2, Xp)$ donde el vector de medias muestrales;

(\bar{X}) representa una medida del centro del proceso.

La matriz de varianzas-covarianzas S proporciona información sobre las variables individuales y sobre la correlación entre los componentes de la vector observación.

El uso del estadístico T^2 en el control estadístico requiere el cumplimiento de ciertos supuestos entre las variables, como son:

a) Ausencia de colinealidad, o redundancias exactas entre las variables del proceso, lo que puede ocurrir cuando dos variables están perfectamente (o casi perfectamente) correlacionadas. Esta anomalía puede resolverse eliminando alguna de las variables del estudio.

b) Independencia entre las observaciones, pueden surgir dependencias de tipo temporal entre las observaciones, lo que genera problemas de auto correlación. Es importante señalar que la detección de auto correlación no prohíbe el uso del procedimiento T^2 , simplemente hay que ajustar los datos ante la presencia de este tipo de dependencia (Mason, Tracy, & Young, 1997).

El proceso de depuración consiste en calcular el valor T^2 para cada observación y compararlo con un valor de la distancia crítica, denominado el límite de control superior (LCS) (Adan, 1999). Se eliminan las observaciones con un $T^2 > LCS$, después de investigar las causas; en caso contrario, dichas observaciones se retienen. El proceso continúa hasta obtener un conjunto de datos homogéneos, con los que se estiman \bar{X} y S , para construir el estadístico de control T^2 y así monitorear futuras observaciones (Fermín, Valdiviezo, Orlandoni, & Berreto, 2009).

Para la implementación de control estadístico de proceso multivariante se puede realizar por medio de dos fases distintas en la utilización de graficas de control (Alt, 1985).

La Fase I se dirige a la estimación de los parámetros del proceso y está conformada por dos Etapas

Etapas 1: consiste en un examen retrospectivo de la conducta de los subgrupos previamente definidos.

Etapas 2: Es el examen prospectivo de futuros subgrupos, utiliza los valores especificados para los parámetros del proceso.

El objetivo de la Fase I es determinar si el proceso está en control estadístico mediante el uso de graficas de control y estimar los parámetros en control del proceso.

De esta manera se inicia con el análisis de 6 variables.

1) Se identifican y seleccionan 6 variables a medir de un vaso térmico.

Ilustración 1. Muestras de las 6 variables.

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	48.37	47.88	48.24	47.62	47.92	47.94	48.14	47.52	48.08	47.84
B	94.01	94.06	93.82	94.18	93.95	94.30	94.11	93.64	93.47	93.64
C	80.75	80.85	80.38	80.71	80.81	81.10	81.18	79.77	80.56	81.35
D	2.92	2.99	2.86	3.28	2.89	3.24	3.10	3.15	2.99	3.06
E	74.85	74.98	74.39	75.09	75.40	75.12	75.57	73.81	75.19	75.35
F	1.6445	1.6361	1.6775	1.5773	1.6026	1.5788	1.7003	1.5660	1.6523	1.6892

2) Se analiza la correlación entre dichas variables.

Ilustración 2. Matrices de correlación.

correlacion					
1	0.31	0.41	-0.04	-0.09	0.39
0.31	1	0.23864	0.055229	-0.05459	0.371413
0.41	0.23864	1	0.058977	0.08359	0.093345
-0.04	0.055229	0.058977	1	-0.1049	0.115625
-0.09	-0.05459	0.08359	-0.1049	1	-0.22413
-0.05	0.08359	-0.1049	0.115625	-0.22413	1

3) Prueba de normalidad de los datos analizados.

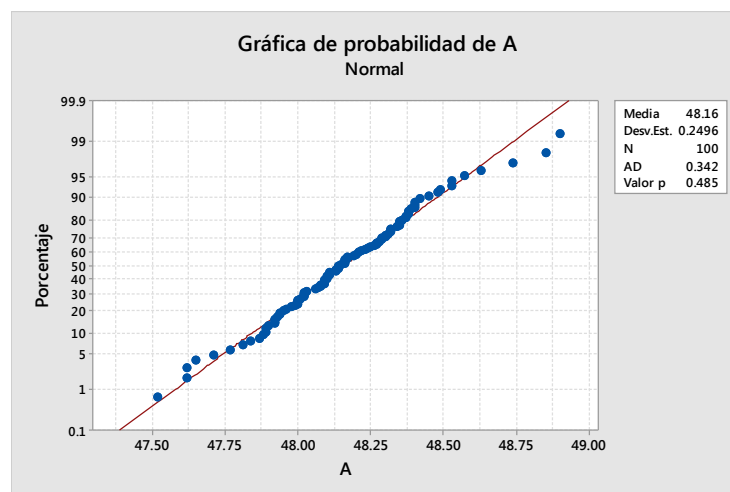


Figura 1. Prueba de normalidad

4) Gráficos X-R de las muestras obtenidas en donde se observa estar dentro de control.

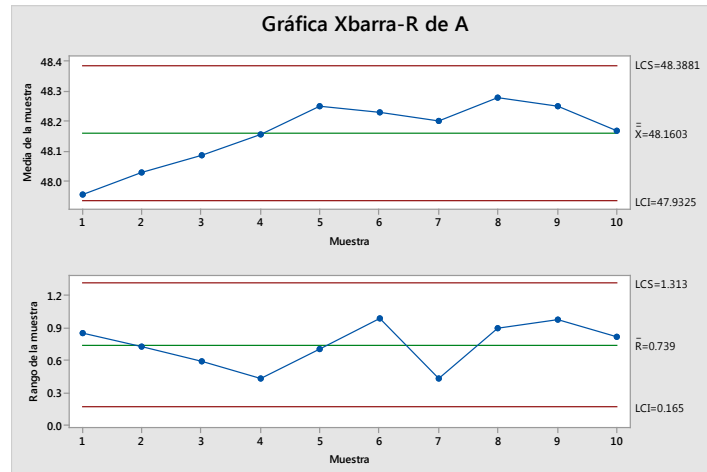


Figure 2. Grafico X-R 1 de las 6 variables.

5) Gráficos multivariable T2 de Hoteling observemos las seis variables en conjunto se puede observar que la variable A en el grafico univariable supone estar dentro de control pero al hacer el análisis multivariado observamos que se encuentra fuera de los límites de control.

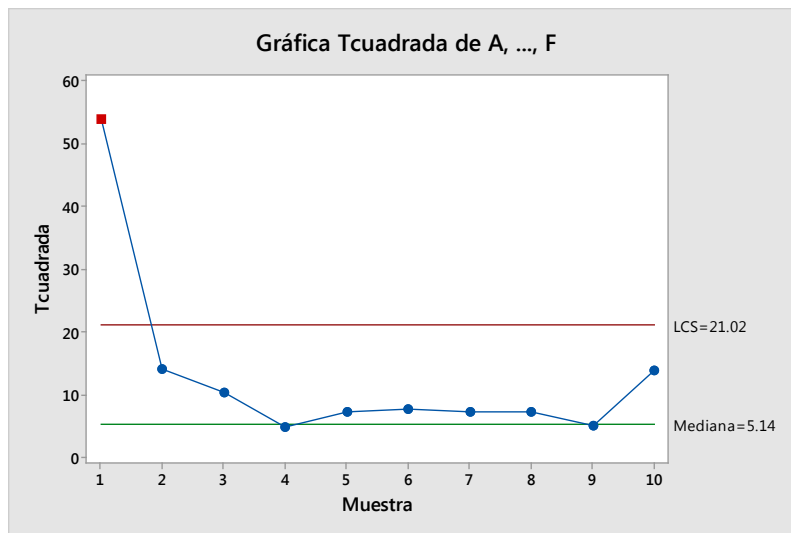


Figura 3. Grafico Multivariable

Se observar que existe una muestra fuera de control, en consecuencia habrá que buscar si existe alguna causa asignable investigando qué variable origina dicha situación. Uno de los procedimientos para averiguarlo es analizar cada variable individualmente.

Para tratar de detectar la variable que está fuera de control obtendremos los intervalos de Bonferroni con un nivel de confianza de $1 - \alpha = 0.99$ y $p = 6$.

Asimismo, la variable A es un valor fuera de los límites de Bonferroni, de donde se infiere que esta variable si está fuera de control y esto lo debe considerar el ingeniero al tratar de identificar la causa del problema.

Ilustración 3 Límites Bonferroni.

Límites bonferroni						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6
(-/+)	0.114312237	0.293231179	0.344718149	0.105886	0.351329	0.042725

muestra1	
A	-0.2053
B	-0.21818
C	-0.185511111
D	-0.0981
E	0.30636
F	-0.037543

En la Fase II, las gráficas se usan para probar si el proceso permanece bajo control cuando se extraen futuras muestras, para evaluar el diseño de las gráficas control multivariante de diferentes tamaños de muestra y longitudes promedio de corrida por sus siglas en inglés (PLC) se simularon 1000 realizaciones en las cuales las 300 primeras muestras tenían una media dentro de control de la 301 a 400 había un cambio de media de 2σ

Lo que hace en la fase II es aplicar la carta T^2 a muestras futuras, es decir a muestras que no intervinieron en la fase I. Sea p el número de variables monitoreadas, k el número de muestras en la fase I, n el tamaño de cada muestra y a el número de muestras eliminadas en la fase I. Sea \bar{X} y S_p la estimación de μ y Σ respectivamente, obtenidas en la fase I. Entonces el estadístico T^2 de la fase II se define como:

$$T^2 = n \left(\bar{X}_{futura} - \bar{X}^* \right)' \left(S_p^* \right)^{-1} \left(\bar{X}_{futura} - \bar{X}^* \right)$$

Equation T2 de hoteling fase II (2)

Y el límite superior es:

$$LCS = \left[\frac{p(k-a+1)(n-1)}{(k-a)n-k+a-p+1} \right] F_{\alpha, p, (k-a)n-k+a-p+1}$$

Equation Limite de control superior (3)

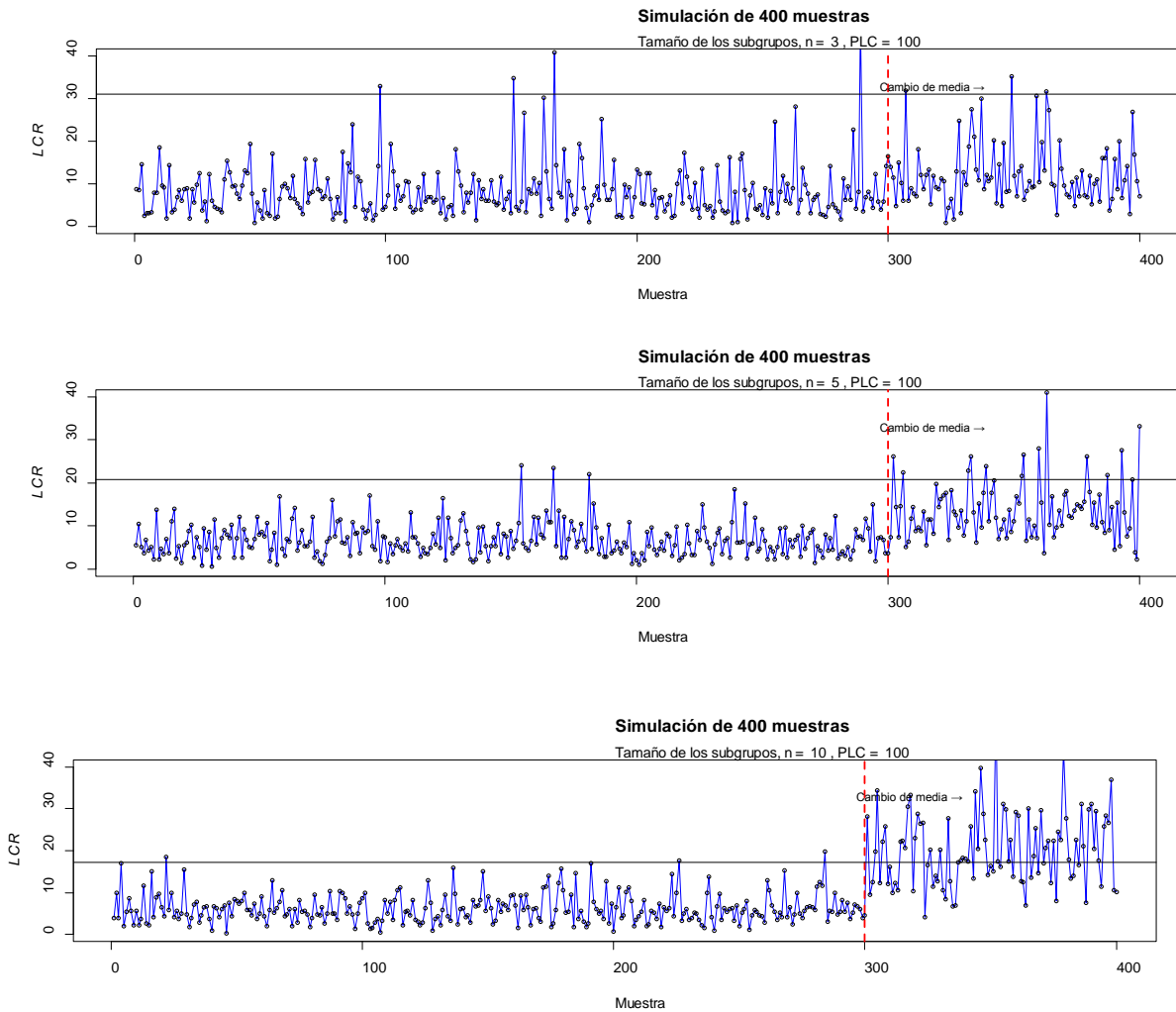
Dónde $PLC = 1/\alpha$ es el PLC bajo control. Observe que el LCS es diferente del que se usa en la fase I.

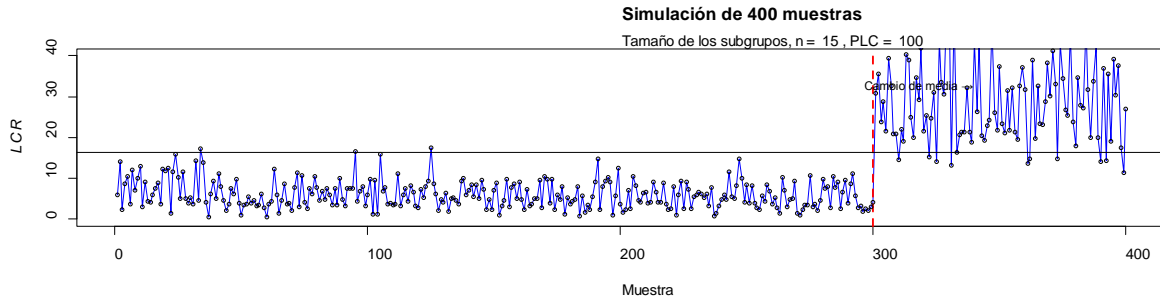
Ilustración 4. Simulación de corridas con diferentes

PLC	n	A	B	C	D
100	3	3.07	12.45	8.03	16.89
200		1.50	7.49	12.58	18.64
300		0.97	6.39	15.65	19.65
100	5	2.97	26.18	3.81	16.84
200		1.46	19.22	5.20	18.58
300		1.04	15.95	6.27	19.59
100	10	2.94	64.31	1.55	16.81
200		1.52	55.86	1.79	18.55
300		1.00	51.08	1.96	19.55
100	15	3.05	88.02	1.13	16.80
200		1.49	82.90	1.20	18.54
300		1.05	79.48	1.26	19.55

- A** Falsas alarmas
- B** Puntos fuera de control cuando cambia la media
- C** Corridas promedio antes de detectar fuera de control
- D** LCR

PLC





3. Conclusiones y Recomendaciones.

Se observó en este artículo que al utilizar gráficos multivariante se tiene un proceso más robusto ya que se identifican más fácilmente puntos fuera de especificación el estadístico T^2 facilita el diagnóstico de los cambios en el proceso que dieron origen al problema dotando al investigador de un conjunto de indicadores capaces de mostrar cuales de las relaciones entre las variables definidas por la data histórica que han quebrantado en la señal encontrada.

En la simulación es claro que una muestra de tamaño ($n=10$) es adaptable y aceptado por la mayoría de procesos en la industria.

REFERENCIAS

- Adan, A. (1999). *Universidad autonoma. de nuevo leon.*
- Alejandro, C. (2002). *Estadística Descriptiva* (pp. 523–560).
- Alonso, A. (2011). *Propuesta Metodologica para la reduccion de desperdicios en la empresa us technologies.*
- Antonio, V. (1996). *Estadística Descriptiva e Inferencial* (pp. 183–185).
- Antunes, S. (2012). *Modelo de Regressão Linear e suas Aplicações.* Universidade Da Beira Interior.
- Bartés, P., Llabrés, T., & Cintas, G. (n.d.). *Control y mejora de la calidad Prólogo.*
- Castro, C. H. (2005). *Aplicación de los gráficos de control en el análisis de la calidad textil, 1*, 125–148.
- Chen, W., Verwater-lukszo, Z., Molin, E., & Bucchianico, A. Di. (2005). *Master Thesis Multivariate Statistical Process Control in Industrial Plants*, (August).
- Christian, G. (2005). *“Control Estadístico Multivariable mediante Análisis de Componentes Principales (PCA),*

aplicado al área de destilación Planta I Methanex Chile Limited.”

- Diharce, E. V., Noriega, G. R., & Tel, G. (2010). CARTAS DE CONTROL PARA MONITOREAR PROCESOS DE, (1), 1–8.
- Elena, P. (2012). Los gráficos de control por atributos, 1–6.
- Flores, M. A., & Coru, L. (2013). Desarrollo de una aplicación para gráficos de control de procesos industriales.
- Gustavo, L. (1986). Metodología six-sigma: calidad industrial. 1, 1–14.
- Gutierrez Humberto. (2008). Los Retos Actuales de la Mejora de la Calidad y la Productividad en las Organizaciones.
- Huertas, R. R., & Mellado, A. G. (2005). ESTADÍSTICA INDUSTRIAL (Temas de estadística para Ingenieros).
- Humberto, G. P. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD* (3er ed.).
- John, F. (1992). Estadística Elemental (pp. 27–30).
- Kaoru Ishikawa ¿Que Es El Control Total de Calidad 2003.pdf. (n.d.).
- L., D. J. (2008). Probabilidad y Estadística Para Ingenierías y Ciencias (pp. 485–493).
- Manuel, G. (2003). MEJORA CONTINUA DE LA, (6), 89–94.
- Marta, Q. (2016). CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS CONTROL MULTIVARIADOS T2 DE HOTELLING , (May).
- Miguel, S. (2010). Una gráfica de control combinada para identificar señales fuera de control en procesos multivariados A Combined Control Chart for Identifying, 453–460.
- Norte, U., Niebles, P., Patricia, R., Eljach, F., Penagos, G., & Niebles, R. P. P. (2006). Evaluación del uso de las cartas de control X , EWMA y CUSUM en un sistema de control de calidad para procesos no correlacionados.
- Ochoa, E. R., & Tamayo, R. (2014). Análisis comparativo del control estadístico de procesos (CEP) univariable y multivariable en un proceso de producción de galletas, 8, 41–60.
- Omar, R. (2012). *GRÁFICOS DE CONTROL DE CALIDAD MULTIVARIANTES CON DIMENSIÓN VARIABLE*.
- Sampaio, N. (2015). *APLICAÇÕES DA CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR*. Associação Educacional Dom Boco.
- Scholz, F. W., & Tosch, T. J. (1993). SMALL SAMPLE UNI- AND MULTIVARIATE CONTROL CHARTS FOR MEANS, 2.
- Valencia, U. P. De. (2014). DOUBLE SAMPLING IN ATTRIBUTE CONTROL CHARTS, (May), 2–5.

Sistema de monitoreo de consumo eléctrico inalámbrico y analizador de la calidad de la energía

Rubén Acosta Tejeda, Luis Carlos Méndez González, Fabiola Lom Monarrez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen: El presente artículo tiene como objetivo primario detallar el desarrollo de una unidad central de monitoreo eléctrico inalámbrico en tiempo real, el cual brinda la capacidad al usuario final de conocer su consumo eléctrico histórico mediante una interfaz gráfica generada con el software *NI LabView* y un hardware controlado por la tarjeta programable *Arduino*. Además, el usuario puede conocer y analizar las distorsiones armónicas generadas en la red eléctrica. Los resultados comprueban la factibilidad de desarrollar un medidor de consumo eléctrico confiable y económico. Así como un análisis de la calidad en la energía eléctrica en tiempo real.

Palabras clave: Calidad de la Energía, Armónicos eléctricos, Voltaje RMS, Corriente RMS, Triángulo de potencias.

Introducción

El tema del ahorro de energía eléctrica ha tomado un enorme auge en los últimos años debido a la generación de altos impactos ambientales negativos. Los países industrializados tienen una alta tendencia de desperdicio de energía eléctrica. En México, el consumo de energía eléctrica per cápita en el año 2015 fue de 2,055,593 Kwh/hab (CFE, 2017). El aumento del consumo eléctrico no es económica ni ambientalmente sustentable.

Un plan de ahorro de energía resulta fundamental con la finalidad de hacer uso consciente del consumo eléctrico generado en los hogares y áreas de trabajo. La solución propuesta es la implementación de un sistema de monitoreo eléctrico con la finalidad de minimizar los costos de operación sin llegar a afectar la productividad y ayudar a reducir el impacto ambiental.

Trabajos anteriores han diseñado e implementado proyectos con propósitos similares. Fransiska R.W. (Fransiska R.W., 2013) desarrolló un medidor de consumo eléctrico con una interfaz gráfica utilizando el microprocesador *Arduino* y el software *NI Labview*. Este estudio

consistió en condicionar señales analógicas provenientes de la recopilación de información de los transformadores de corriente y voltaje, y convertirlas a señales digitales, las cuales serán utilizadas para obtener las variables eléctricas. El medidor de consumo eléctrico despliega la información necesaria de voltaje, corriente, potencia, energía y frecuencia a través de una serie de cálculos eléctricos. El trabajo propuesto por Tamkittikhun (Tamkittikhun, 2015) desarrolló un monitor de consumo eléctrico empleando transformadores de voltaje y corriente, y la placa controladora *Arduino*, el cual tiene la capacidad de monitorear las variables eléctricas voltaje, corriente, potencia real y aparente, y el factor de potencia en tiempo real. A través de determinadas calibraciones se logró diseñar un sistema de monitoreo eléctrico con una exactitud confiable.

Por lo que, en este artículo se presenta un diseño de un sistema de monitoreo eléctrico inalámbrico para instalaciones eléctricas monofásicas el cual consiste de 2 partes principales. La primera consta de la interfaz gráfica del usuario con la cual grabará y analizará diferentes variables eléctricas tales como voltaje, corriente y potencia utilizando para ello el software *NI Labview*, además de analizar las distorsiones armónicas presentes en la red eléctrica. La segunda etapa se enfoca en la medición física de estas variables haciendo uso de sensores que medirán las distintas variables de manera física utilizando la placa controladora *Arduino*.

Metodología

En este proyecto, se llevarán a cabo las siguientes etapas de desarrollo (véase figura 1).

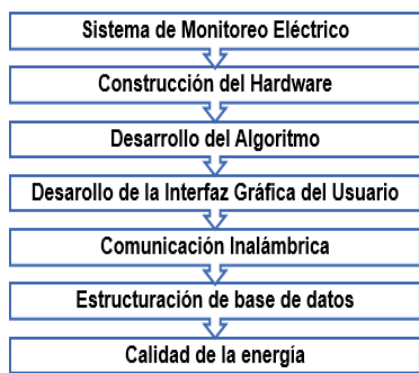


Figura 1. Diagrama de bloques

La construcción del hardware consistió en el desarrollo de la unidad central de monitoreo (figura 2) compuesta por los componentes y dispositivos electrónicos necesarios para lograr la mayor eficacia posible en la recolección de la información y obtener una interacción amigable con el usuario.

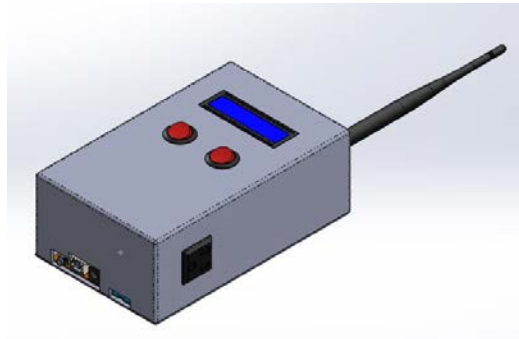


Figura 2. Unidad central de monitoreo

La distribución estratégica de los componentes en la consola de monitoreo es fundamental para lograr una mayor eficiencia y calidad en el funcionamiento de la unidad. El interior de la unidad está compuesto por los siguientes componentes: *Arduino*, circuito SCT-013, *Xbee Shield*, batería litio-polímero (LI-PO) y módulo Security Digital (SD, por sus siglas en inglés) de *Arduino*. En la figura 3, se muestra la ubicación asignada a cada uno de los componentes.

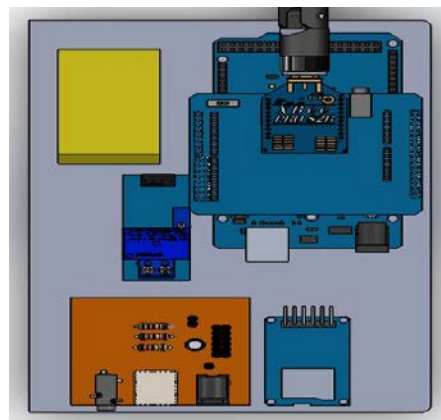


Figura 3. Interior de la unidad.

El valor Root Means Square (RMS) es denotado por I_{rms} para corriente y V_{rms} en voltaje. Las ecuaciones 1 y 2 modelan el valor RMS de la siguiente manera.

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n I^2 pITj}{N}} \quad (1)$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n V^2 pITj}{N}} \quad (2)$$

El objetivo del circuito mostrado en la figura 4 es proveer dos voltajes para el análisis de la corriente RMS, voltaje de referencia y el voltaje de bobina secundaria. El voltaje de referencia es un valor el cual se compara con la salida de voltaje proveniente de la bobina secundaria del transformador de corriente. La diferencia entre este voltaje y el de referencia será el valor a analizar.

La primera parte del circuito consta de un divisor de voltaje el cual arroja un valor de 2.5V (voltaje de referencia). En la segunda parte se tiene una resistencia en paralelo con la bobina secundaria la cual es llamada resistencia burden y cumple la función de arrojar un voltaje proporcional a la corriente que circula por la bobina primaria. En la figura 4, se puede observar el circuito.

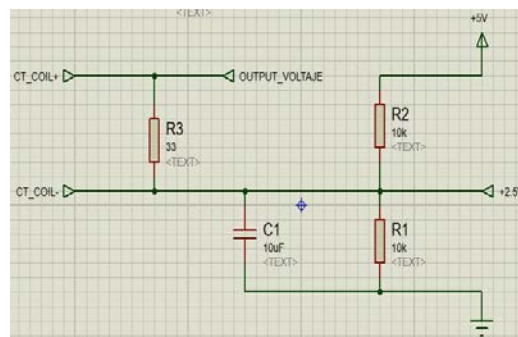


Figura 4. Circuito SCT-0013.

Las mediciones del voltaje se realizaron con el transformador de voltaje ZMPT-101B (véase figura 5). El voltaje alterno introducido al transformador determinará el voltaje de salida el cual tomará Arduino para realizar el cálculo. El rango de valores de salida oscila de 0V hasta 5V que guarda relación en base al voltaje análogo introducido en el transformador. La

instrucción del código en Arduino indica tomar 3000 muestras, cada una de ellas es comparada con la medición anterior, a su vez el valor comparado se multiplica por un valor de calibración y una variable suma cada valor resultante.

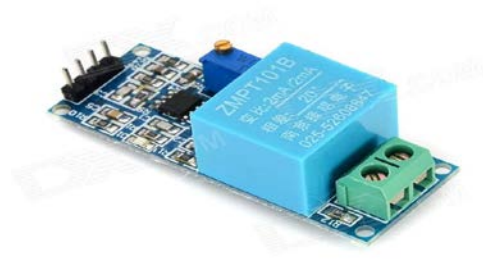


Figura 5. ZMPT-101B

La información detallada del consumo eléctrico generado se representa en tiempo real por medio de una interfaz gráfica de usuario en *LabView*. El usuario será capaz de visualizar la información correspondiente al consumo eléctrico generado en el hogar. La interfaz gráfica del usuario cuenta con los siguientes elementos:

- Medidor de consumo eléctrico.
- Gráfica de consumo eléctrico.
- Voltaje RMS.
- Corriente RMS.
- Potencia Real.
- Potencia Aparente.
- Potencia Reactiva.
- Factor de potencia.
- Energía Activa.
- Energía Aparente.
- Energía Reactiva.

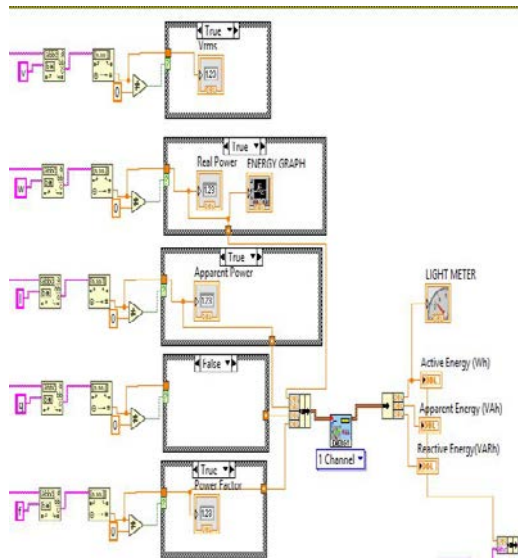


Figura 6. Interfaz gráfica de usuario

La comunicación inalámbrica se realiza mediante los módulos de radiofrecuencia XBee, estos trabajan en la banda de 2.4GHz basado en el protocolo de comunicación IEEE 802.15.4 para redes punto a punto o punto a multipunto con velocidades de 250Kbps. (Villamarín, 2016)

El almacenamiento de las distintas variables eléctricas se realiza mediante el uso del grupo de *Virtual Instruments* (VI, por sus siglas en inglés) para base de datos del software *Labview*. La información recopilada del programa se almacena y clasifica dentro de una plantilla del paquete computacional *Microsoft Access 2016*. La ventaja de utilizar el software Access como base de datos se debe a su compatibilidad y espacio de almacenamiento.

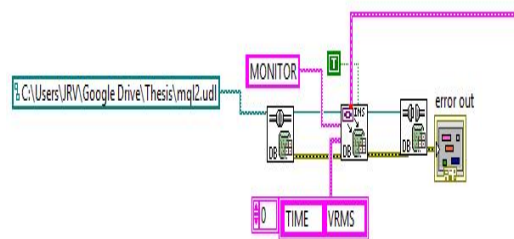


Figura 7. Base de datos

La información es transmitida de manera inalámbrica por el puerto serial a una tasa 250000 baudios.

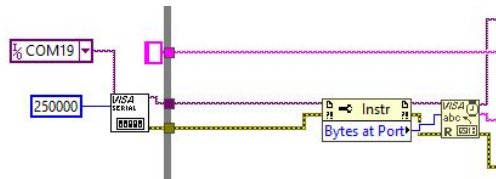


Figura 8. Puerto serial

El recibo de consumo eléctrico es generado mediante una aplicación *Visual Basic for Applications* (VBA, por sus siglas en inglés) en *Microsoft Excel*. En base a cierta información capturada que se mencionará más adelante, la aplicación mostrará los costos de consumo eléctrico durante el periodo dado. A continuación, se enlista la información que contendrá el recibo generado:

- Localidad.
- Tarifa.
- Consumo.
- Periodo.
- Mes.
- Días.
- Promedio Diario en KWh.
- Gasto Promedio Diario.
- Costo KWh.
- Costo Total.

El recibo eléctrico consta de 4 secciones: datos de ubicación geográfica, título, consumo eléctrico y costo de consumo eléctrico por tarifa. Los valores de costo que se utilizarán están basados en la actual tarifa eléctrica establecida por la Comisión Federal de Electricidad para el año 2017. En la figura 9, se muestra el recibo generado con la información anteriormente mencionada.

Ciudad Juárez Estado Chihuahua Tarifa 1F Costo Kwh \$ 2.8020		Presiona para Generar Factura Factura Consumo Eléctrico 2017																			
<u>Consumo</u> 2500 KWh <u>Periodo</u> 13-Jan-16 14-Jan-16 <u>Mes</u> 1 1 <u>Días</u> 18 17 <u>Promedio Diario en kWh</u> 74.285714 <u>Gasto Promedio Diario</u> \$ 208.15	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Costo/ KWh</th> <th>Costo Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><u>Básico 1,200</u></td> <td>\$0.58</td> <td>\$ 174.50</td> </tr> <tr> <td><u>Intermedio 301 1,200</u></td> <td>\$0.73</td> <td>\$ 452.67</td> </tr> <tr> <td><u>Intermedio alto 1,201-2,500</u></td> <td>\$1.77</td> <td>\$2,296.63</td> </tr> <tr> <td><u>Excedente</u></td> <td>\$2.80</td> <td>\$ 285.80</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>\$3,410.01</td> </tr> </tbody> </table>				Costo/ KWh	Costo Total	<u>Básico 1,200</u>	\$0.58	\$ 174.50	<u>Intermedio 301 1,200</u>	\$0.73	\$ 452.67	<u>Intermedio alto 1,201-2,500</u>	\$1.77	\$2,296.63	<u>Excedente</u>	\$2.80	\$ 285.80			\$3,410.01
	Costo/ KWh	Costo Total																			
<u>Básico 1,200</u>	\$0.58	\$ 174.50																			
<u>Intermedio 301 1,200</u>	\$0.73	\$ 452.67																			
<u>Intermedio alto 1,201-2,500</u>	\$1.77	\$2,296.63																			
<u>Excedente</u>	\$2.80	\$ 285.80																			
		\$3,410.01																			

Figura 9. Recibo eléctrico

Los armónicos generados en la red eléctrica son obtenidos con la aplicación de la transformada rápida de Fourier la cual es definida por la siguiente ecuación número 3. (Méndez González, 2016)

$$f(t) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos(\omega_n t - \theta_n) \quad (3)$$

Resultados

La construcción de la unidad central de monitoreo consta de la impresión del circuito eléctrico, instalación de los dispositivos y componentes electrónicos e impresión de la unidad. En la figura 10, se muestra la base que contiene los componentes de la consola.

El circuito impreso contiene una extensión a los puertos de comunicación y alimentación de Arduino. Esto se consideró por el reducido espacio para la conexión de estos puertos, por lo que se decidió tomar esta alternativa.

El diseño de la consola fue hecho mediante impresión 3D con material ABS. Figura 10.



Figura 10. Construcción del hardware

La comprobación de la correcta funcionalidad del sistema se estableció en base a una prueba de funcionamiento a cierto periodo de tiempo. El tiempo definido para la prueba fue de 24 horas continuas, esto con la finalidad de verificar la inexistencia de interrupciones en la comunicación y obtener una información constante del consumo eléctrico durante el día. En la figura 11, se muestra la consola de monitoreo instalada en el área de trabajo designada.



Figura 11. Monitoreo

Una vez finalizado el lapso de tiempo definido anteriormente, se comprobaron los resultados de la prueba en *LabView* y mostraron satisfactoriamente un consumo eléctrico de 18.605 KWh (véase la figura 12).

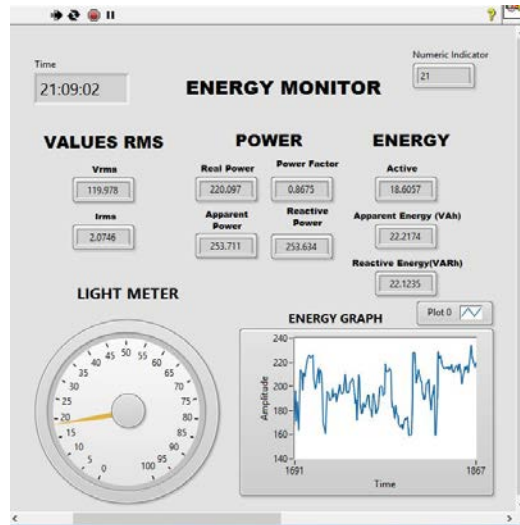


Figura 12. Monitoreo

Las pruebas pertinentes a la comprobación de la exactitud en las mediciones se realizaron registrando los valores de consumo eléctrico arrojado por Arduino contra un medidor de voltaje, con ello se comprobó la exactitud en las mediciones. En la tabla 1, se puede apreciar las muestras de corriente tomadas.

Corriente RMS			
Muestra	Minuto	Consola(A)	Medidor(A)
1	0	0.49	0.49
2	0.265	0.5	0.5
3	0.53	0.48	0.49
4	0.795	0.47	0.47
5	1.06	0.51	0.53
6	1.325	0.5	0.48
7	1.59	0.75	0.73
8	1.855	0.72	0.72
9	2.12	0.65	0.65
10	2.385	0.53	0.53
11	2.65	0.47	0.49
12	2.915	0.56	0.56
13	3.18	0.57	0.57
14	3.445	0.62	0.65
15	3.71	0.65	0.65
16	3.975	0.69	0.69
17	4.24	0.73	0.73
18	4.505	0.86	0.87
19	4.77	0.81	0.81
20	5.035	0.72	0.73

Tabla 1. Muestreo de señales

Los registros de consumo eléctrico se analizaron con la herramienta de recibo eléctrico desarrollada en VBA, la cual nos proporcionó la información de los Watts consumidos durante el periodo especificado, además del costo económico del periodo asignado (véase la figura 13).

Consumo	2600	KWh
Periodo	13-Jan-16	14-Jan-16
Mes	1	1
Dias	18	17
Promedio Diario en kWh	74.28571	
Gasto Promedio Diario	\$ 208.15	

Figura 13. Costo energético.

La red eléctrica monofásica se sometió a un análisis dentro de un periodo de 30 minutos, la magnitud máxima de armónico detectada fue de 62.4 Vrms (véase la figura 14).

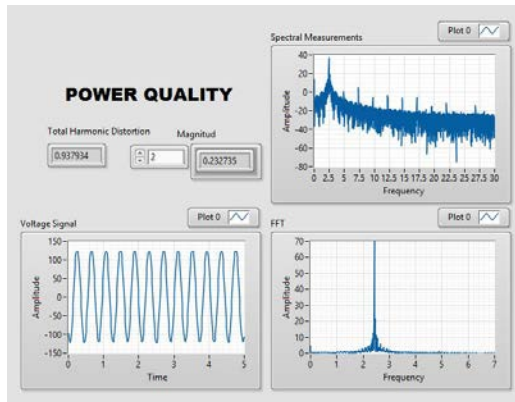


Figura 14. Análisis de distorsión armónica

La red eléctrica registró distorsiones a lo largo de la onda senoidal de voltaje en la mayoría de los casos dentro del lado negativo de la señal. En la figura 15, se muestra uno de los armónicos capturados por el sistema

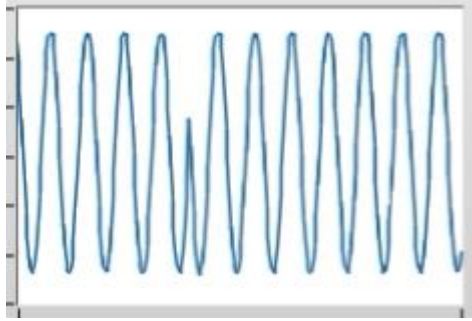


Figura 15. Armónicos

Conclusiones

El objetivo de este estudio fue desarrollar un sistema de monitoreo de energía eléctrica realizando mediciones con la mayor aproximación posible utilizando componentes de bajo costo. El prototipo desarrollado es capaz de mostrar el consumo eléctrico al usuario por lo que se espera en base a ello se tome una decisión adecuada que reduzca el consumo eléctrico en su hogar al identificar las áreas críticas y plantear una solución que disminuya el desperdicio energético.

La sencilla implementación del equipo hace que cualquiera esté interesado en la preservación de la energía eléctrica. Los propietarios de vivienda y sus habitantes tendrán acceso a su consumo eléctrico en el momento que ellos lo deseen, lo cual beneficiará la reducción del consumo energético.

La interfaz gráfica de usuario diseñada provee un eficiente método para monitorear la energía desde áreas remotas además de una interacción amigable con el usuario final. La información es almacenada dentro de una base de datos donde se registra el consumo energético histórico.

Referencias

CFE; 2017; Tarifas de consumo; Comisión Federal de Electricidad;

http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas{_}negocio.asp; 20 de Febrero de 2017

Méndez González Luis Carlos, Ambrosio-Lazaro Roberto, Rodríguez Borbon Iván, Alvarado Iniesta Alejandro; 2016; Failure mode and effects analysis of power quality issues and their influence in the reliability of electronic products; México; Springer; 13

Nacimba Cantuña William Patricio; 2016; Construcción de un prototipo de sistema de seguridad inalámbrico mediante el uso de sensores de movimiento, magnético y de humo, utilizando el módulo de radiofrecuencia Xbee; Quito: EPN; 182

Nattachart Tamkittikhun, Thitinan Tantidham, Puwadech Intakot; 2012; AC Power Meter Design for Home Electrical Appliances; Tailandia; IEEEexplore; 6

R.W. Fransiska, E.M.P Septia, W.K. Vessabhu, W. Frans, W. Abednego; 2013; Electrical Power Measurement Using Arduino Uno Microcontroller and LabVIEW; Indonesia; IEEEexplore; 8

Diseño en línea y validación de un instrumento que identifica los aspectos clave en la contratación de servicios 3PL

José C. Delgadillo Holguín, Liliana Avelar Sosa, Paolo I. Ortega Gámez, Jorge L. García Alcaraz

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: al120620@alumnos.uacj.mx

Resumen

Se revisan algunos conceptos clave que impactan en el desempeño y manejo de la logística de terceros (3PL: *Third Party Logistics*) en empresas de manufactura, ya que a lo largo de más de 30 años este servicio ha pasado a ser algo fundamental dentro de cualquier tipo de empresa debido a las exigencias solicitadas por los clientes. En este sentido se presenta la validación de un instrumento en el que se identifican aspectos clave para contratar servicios 3PL. La metodología incluye el diseño del instrumento en una plataforma especializada, *SurveyMonkey*, para encuestar a profesionales y empleados de las empresas de manufactura en Ciudad Juárez y que conocen las áreas de logística, compras, aduanas y almacén. Por su parte, la validación consta de tres etapas principales: 1) validación de contenido, 2) validación por jueces, y 3) validación estadística. Los resultados indican que el instrumento es adecuado y recopila la información deseada, por lo que es fiable ya que los valores de consistencia interna alcanzados en los constructos del mismo respecto al índice Alfa de Cronbach son superiores a 0.70.

Palabras clave: Logística; 3PL; Instrumento; Validación de respuesta; Análisis descriptivo

1. Introducción

Hoy en día se observa que los clientes demandan mejor servicio al momento de solicitar requerimientos de productos, entre los que se exige mayor rapidez, calidad y velocidad de respuesta. Cualquier compañía actualmente se enfoca en la satisfacción del cliente debido a que esto conlleva a lograr mejores resultados económicos. La estrategia de 3PL actualmente es usada ampliamente como un recurso para mejorar la seguridad respecto al trato o relación con el cliente. Durante los últimos quince años la industria de servicios logísticos ha logrado convertirse en una fuente de apoyo (servicios) y recursos para las compañías al permitir que

éstas implementen exitosamente sus estrategias de mejora en sus cadenas de suministros (Selva, 2009). Día a día, la industria busca implementar nuevas prácticas para optimizar parte de la gestión de la cadena de suministro del fabricante. En el mundo empresarial moderno existe una tendencia a eliminar las actividades secundarias en las que se transfieren ciertas operaciones a empresas especializadas, esta transferencia de las actividades logísticas se conoce como subcontratación de servicios, o servicios 3PL (Batarlienè, 2017). Las compañías están considerando 3PL con una expectativa más eficiente, menos costosa y más rápida respecto a ejecutar estos procesos en sus propios establecimientos, ya que en la actualidad la industria no se gestiona solamente desde donde está establecida físicamente, sino que requiere operaciones internacionales por lo que requiere un manejo a nivel mundial. Algunas de las funciones del 3PL son el transporte de entrada, el transporte de salida, el almacenamiento y la logística inversa, y como resultado de esto se ha alcanzado una demanda emergente de servicios en todo el mundo (Mothilal, 2012) ya que es importante estudiar las áreas de desempeño para mejorar la eficiencia en los servicios ofrecidos.

México un país con mayor cantidad de acuerdos comerciales y de exportaciones en el mundo, tiene un gran posicionamiento estratégico y una economía en crecimiento lo que posibilita que numerosas compañías requieran contratar a empresas especializadas para realizar la logística de su negocio y esto les permita concentrarse en las actividades claves para su empresa. Ciudad Juárez es una ciudad fronteriza importante en cuestión de empresas industriales y manufactureras de exportación (conocidas como *maquiladoras*), ya que junto con El Paso, Texas forman una región importante para exportaciones de productos manufacturados. Según la Estadística Integral del Programa de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación del INEGI, hasta junio de este año se tenían 321 empresas activas (INEGI, 2017), por lo que permite indagar acerca de que probablemente dichas empresas solicitan apoyo en sus servicios de transporte u otros a empresas 3PL, y con ello, además pensar que las decisiones de contratación de servicios se llevan a cabo considerando costos, flexibilidad, confianza, seguridad, etc. Con dichas implicaciones este trabajo pretende reunir información acerca de 3PL en la industria manufacturera de Ciudad Juárez por medio de un análisis descriptivo, para identificar aspectos importantes que son claves en las empresas al momento de tomar la decisión de contratar servicios de este tipo. Actualmente la globalización de los mercados hace más complejo el sistema logístico y su gestión; por ello, es necesario mejorar las condiciones de las compañías productoras o comercializadoras de bienes y servicios que se encuentran participando en un ambiente de negocios internacionales (Olivos et al. 2015), como el caso de las empresas maquiladoras, quienes pertenecen a cadenas globales de suministro donde es necesario competir mundialmente con otras. Para lograr esto, se realizará una investigación de campo en las empresas maquiladoras de Ciudad Juárez donde se hará uso de un instrumento para recopilar información confiable y de primera mano sobre aspectos de 3PL considerados, para validarlo y poder identificar estrategias de mejora que permitan solucionar problemas reales en la industria, a fin de mejorar el desempeño de la cadena de suministro en las mismas.

2. Revisión de literatura

2.1 Logística

La logística se encarga de la administración del flujo de materiales e información a lo largo del proceso de creación de valor: aprovisionamiento, producción y distribución; y de esta manera, gestiona un grupo de actividades que tienen lugar en la organización con la finalidad de brindar valor al cliente mediante la transformación de los factores productivos (Ballou, 2004). La logística tiene como objetivo principal satisfacer la demanda en las mejores condiciones de servicio, coste y calidad, además de garantizar la calidad del producto y/o servicio y reducir costes para aumentar los medios necesarios (locales, medios de transporte, programas de gestión informática, etc.) y movilizar los recursos humanos y financieros adecuados (Escudero, 2014), todo esto para lograr una ventaja competitiva. Adicionalmente al sistema de gestión de riesgos en la cadena de suministro, es importante hacer referencia al tema de la tercerización logística, la cual viene a utilizarse como una importante estrategia empresarial en el mundo, con el que las empresas logran enfocarse en sus actividades centrales y dejan otras actividades a un tercero especializado en las mismas (Osorio, Manotas, Rivera, 2017).

2.2 3PL

La adopción de conceptos logísticos ha obligado cada vez más a estas empresas a centrarse en su actividad principal y, al mismo tiempo, externalizar sus actividades de transporte logístico. La demanda logística ha generado en décadas pasadas un cambio en la forma de llevar los negocios, con mercados mundiales, en los que los proveedores de servicios especializados retoman relevancia, y surgen como gestión de la logística basada en terceros (3PL). El *outsourcing* proporciona una cierta energía que no está disponible dentro de los departamentos internos de una organización (Faruk, 2016), por lo que ha sido ampliamente promovido ya que cada vez más las empresas dependen de este fenómeno, y que ha ido en crecimiento, lo cual se atribuye principalmente a los beneficios en términos de reducción de costes, mejora del rendimiento, empresarial y la creación de empresas virtuales (mayor uso de tecnologías de información) a través de alianzas entre empresas (Aguzzoul, 2014).

Hoy en día, debido a los servicios profesionales proporcionados por proveedores de logística de terceros es más eficiente para muchas empresas el subcontratar el transporte o la distribución a éstos, por lo que se preocupan más por los aspectos de manufactura y no de transportación, delegando responsabilidad debido a la especialización que estos proveedores tienen al momento de gestionar el movimiento de los materiales. En los servicios 3PL destacan dos tipos de operaciones, primero: si un proveedor de 3PL sólo sirve a un cliente, el horario del vehículo de la 3PL está determinado por la orden tiempo de fabricación en la fabricación. Este tipo de operación es particularmente usado para los 3PL que proporcionan transporte por carretera

servicios; segundo: si el 3PL proporciona servicios a más de un fabricante, la salida y el tiempo de llegada del vehículo está determinado por el 3PL y no por el fabricante (Li, Iyer, Kumar, 2008). Según Piedra (2017) el deseo entre muchos proveedores de servicios es establecer relaciones profundas y de largo plazo con algunos clientes ya que esto representa una oportunidad real para que los usuarios hagan más, que solamente hablar sobre el valor de la colaboración en la cadena de suministro. Mientras los clientes trabajen de forma más colaborativa con sus proveedores de servicio, y mientras la estrategia de los 3PL de vender a lo largo de la cadena de suministro se haga realidad, la promesa de una verdadera integración en la cadena de suministro estará más cerca de hacerse realidad.

2.3 Instrumento (cuestionario, escala de medición)

García, Ibáñez y Alvira (2000), definen al cuestionario como un conjunto de preguntas acerca de hechos o aspectos que interesan en una investigación y que son contestados por los encuestados. Ellos también explican que se trata de un instrumento fundamental para la obtención de datos, el cual se debe redactar, una vez que se ha determinado el objetivo de la encuesta y se han desarrollado los objetivos específicos, de tal modo que las preguntas que se hagan respondan a la información que se desea obtener. Esto es fundamental para lograr el mejor análisis de la información recolectada. De acuerdo a Trojar (2001) al momento de elaborar un cuestionario se debe corroborar que el cuestionario contenga en sus ítems todos los dominios de contenido que se han enunciado y se van a medir; dicho esto, en la práctica, una medición es fiable cuando proporciona resultados consistentes o estables, ya sea en medidas repetidas o en las respuestas a los diversos ítems que la componen.

Un cuestionario es una herramienta que permite recopilar información de manera consistente o sistemática acerca de un tema particular. La información puede ser obtenida de una muestra de una población o de la población entera. En una encuesta es inusual que todos respondan al cuestionario, ya que corresponde al público objetivo decidir si participar o no y rara vez lograr una tasa de respuesta del 100%, a menos que un cuestionario sea obligatorio y con una audiencia cautiva. La ventaja de tener altas tasas de respuesta es que tenemos mayores datos de muestras y un mayor poder estadístico, así también aumenta la probabilidad de que nuestra población sea mayormente representada (Krishnan & Poulouse, 2016). Junto con las entrevistas, el cuestionario es la técnica de recogida de datos más empleada en investigación, porque es menos costosa, permite llegar a un mayor número de participantes y facilita el análisis, aunque también puede tener otras limitaciones que pueden restar valor a la investigación desarrollada (Arribas, 2004). Los instrumentos utilizan una escala de valoración, generalmente de tipo Likert para interpretar la percepción del encuestado según la importancia o frecuencia con la que se llevan a cabo los aspectos incluidos en el mismo. En este trabajo se usó la escala tipo Likert considerando cinco valores de respuesta, que corresponden a los números de 1 a 5, y donde 1 representa el valor más bajo, y 5 el valor más alto en la escala. Con este cuestionario se pretende recopilar información

del sector manufacturero en Ciudad Juárez para validar e identificar los atributos importantes en el desempeño del servicio 3PL.

2.4 Alfa de Cronbach

El índice alfa de Cronbach es una prueba estadística que en una escala mide el grado de correlación que tiene un ítem con otro (Bernard, 2013). Es un coeficiente de fiabilidad que valora la consistencia de la escala entera. El acuerdo general sobre el límite inferior para el alfa de Cronbach es de 0.7, aunque puede bajar a 0.6 en una investigación exploratoria. Un aspecto en la valoración de este índice es su relación positiva con el número de ítems de la escala (Hair Jr. Anderson, Tatham, & Black, 2005). La fórmula para su estimación es la que se ilustra en la Ecuación 2.4.1 (Bland & Altman, 1997), en la que se indican tanto el número de ítems como el puntaje de la varianza que se extrae de ellos:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2}\right) \quad \text{Ecuación 2.4.1}$$

Donde:

α , Alfa de Cronbach

k, número de ítems

S_i^2 , varianza del ítem i

S_T^2 , varianza del puntaje total por la suma de todos los ítems

2.5 Análisis descriptivo y validación de respuesta

De acuerdo a Flores (2009) el nivel descriptivo está referido al estudio y análisis de los datos obtenidos en una muestra n y como su nombre lo indica, describen y resumen las observaciones obtenidas sobre un fenómeno un suceso o un hecho. Este académico también comenta que las medidas de tendencia central o de resumen son indicadoras que tienden a sintetizar o describir de la manera más representativa las características de un conjunto de datos. La validación de respuestas, en inglés Answer Validation (AV), consiste en decidir si las respuestas de un sistema de búsqueda de respuestas son o no correctas. Un sistema de validación de respuestas recibe una tripleta formada por una pregunta, una respuesta candidata y un texto soporte y devuelve un valor booleano indicando si la respuesta a la pregunta es o no correcta de acuerdo con el texto soporte. Se espera que los sistemas de validación de respuestas sean útiles para mejorar el rendimiento de los sistemas de búsqueda de respuestas, además de mejorar la precisión de los valores de confianza de estos. También se espera que sirvan para ayudar en la evaluación manual de las respuestas y en el desarrollo de criterios para la colaboración entre distintos sistemas (Yuste, 2006).

2.6 Validación de un instrumento

Los instrumentos son por tanto aquellas herramientas que permiten obtener evidencia, y cuando ésta se provee en términos de unidades de medida entonces tal instrumento es catalogado como científico. El atributo medido tiene una magnitud que puede ser expresada mediante números y que los instrumentos de medida tienen la función de detectar dicha magnitud y validación y estandarización de Instrumentos 6 traducirla en tales números denominados unidades de medida. Por lo tanto, existen dos valores de la magnitud, la que verdaderamente tiene el atributo objeto de medición y la observada en el instrumento de medida, lo deseable es que ambos valores sean el mismo, es decir, que lo verdadero y lo observado sean lo mismo, cualquier diferencia entre estos se denomina error de medición (Espinosa, 2008).

3. Metodología

Regularmente los investigadores utilizan instrumentos como una forma predominante para la recopilación de información específica. En este sentido la metodología realizada en este trabajo fue un proceso secuenciado en el que se incluyeron cinco etapas principales: 1) revisión de literatura, 2) diseño del instrumento en línea, 3) aplicación del instrumento, 4) análisis descriptivo de la información, y 5) validación. La figura 3.1 muestra el esquema general de esta metodología y que se explica a detalle a continuación.

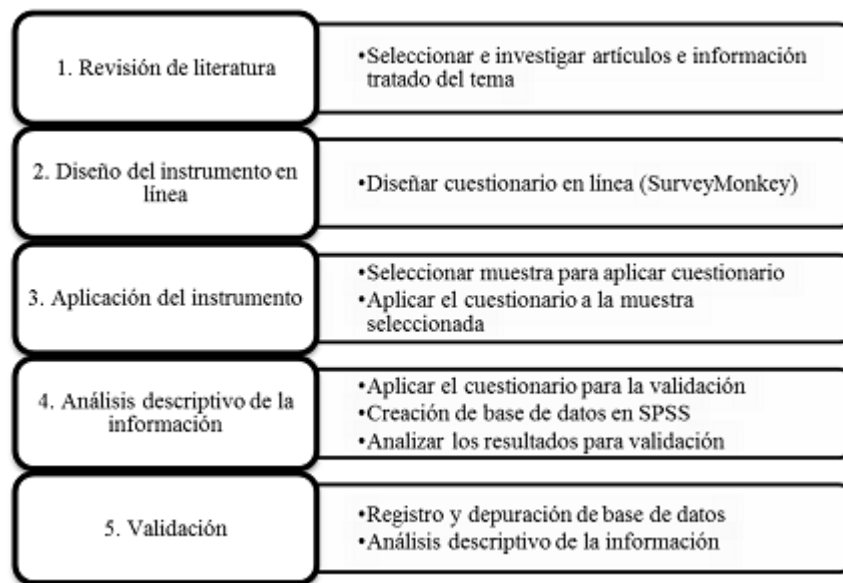


Figura 3.1 Metodología de investigación usada.

3.1 Etapa uno: Revisión de literatura

El inicio de esta investigación se logró primeramente con una revisión de literatura para encontrar información reciente sobre los conceptos y temas abordados en el instrumento, por lo que se accedió a base de datos de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez para realizar búsquedas de artículos científicos sobre 3PL, y del mismo modo también para temas como logística, validación y análisis descriptivo. El proceso de esto se logró usando palabras clave como 3PL, Logística tercerizada, Validación estadística, Proveedor de servicios, entre otras. Posteriormente la información obtenida se organizó y resumió mediante un proceso por eliminación de artículos de interés que no cumplieran con el objetivo de este trabajo. Posteriormente se creó una base sistemática para la investigación.

3.2 Etapa dos: Diseño del instrumento en línea

Para el diseño del instrumento de manera electrónica se utilizó consideró primeramente el cuestionario previamente diseñado por un alumno de maestría, quien lo diseñó y creó de forma impresa. Luego se utilizó un software especializado en encuestas para diseñarlo en ésta, con el propósito de recopilar información en línea (internet) y así aumentar el tamaño de cuestionarios necesarios para un próximo análisis. Es decir, este proceso de diseño en línea complementa la forma de recopilación de datos realizada por el alumno de maestría. El *SurveyMonkey* (2017) es una página web usada y especializada para crear cuestionarios de este tipo. Para diseñar el cuestionario en línea se consideró la estructura del instrumento impreso, así como los constructos, solamente para esto se consideraron características propias del software para diseñar cada pregunta. En este diseño se aplicaron ciertas restricciones proporcionadas como herramienta del software para evitar que el encuestado deje espacios en blanco, esto con el propósito de obtener instrumentos contestados en su totalidad. El cuestionario se encuentra estructurado por tres secciones, y cada una de ellas conformada por alrededor de 25 a 55 preguntas. La primera sección consta de 25 preguntas sobre actividades operacionales entre empresas y proveedores 3PL, las primeras 11 preguntas se tomaron de (Sluis & De Giovanni, 2016) y además se tradujeron al español; y el resto de las preguntas de esta sección se extrajeron de (Yeung et al., 2012) acerca del impacto de las capacidades de los proveedores de logística tercerizada en el rendimiento de los exportadores que se enfoca en orientación estratégica, capacidad básica de los proveedores y por último capacidad argumentada de los proveedores. En esta sección la valoración de frecuencia usada fue: nunca, raramente, algunas veces, frecuentemente y siempre, mostrada en la segunda columna de la tabla 3.2.1. Mientras tanto, La segunda sección consta de 55 preguntas que se dividen en nueve subsecciones y que se enfoca en el grado de importancia otorgado a los aspectos que podría ofrecer un proveedor 3PL (Liu & Lyons, 2011): Transporte, Gestión y planificación de transporte, Almacenamiento e inventario, Servicios de valor agregado, Tecnologías de información, Diseño de producto y apoyo de comercialización, Finanzas, Servicios de consultoría, otros servicios al cliente. En ésta se utilizó la valoración de importancia mostrada en la tercer columna de la tabla 3.2.1, correspondiente a 1 como nada importante, 2 como poco importante, 3 como de regular importancia, 4 como importante y 5 como muy

importante. La tercera sección que se enfoca en los beneficios logrados en la cadena de suministros publicados (Rajesh et al., 2011) y que hace referencia a la influencia de las ofertas de servicios 3PL en el rendimiento del cliente de la India, la cual consta de 21 preguntas y se divide en cuatro subsecciones: indicadores de desempeño de proceso, financiero, estratégico, de mercadotecnia. La valoración del desempeño en la cuarta columna de la tabla 3.2.1 se refiere al nivel alcanzado: nulo, escaso, regular, suficiente y alto. La última sección del instrumento recopila datos demográficos acerca de los participantes en el estudio y de este modo concluir sobre el sector industrial, experiencia laboral del encuestado, puesto de trabajo, entre otros. La escala de valoración usando una configuración Likert se muestra en la Figura 3.2.1.

Escala	Frecuencia	Importancia	Desempeño
1	Nunca	Nada importante	Nulo
2	Raramente	Poco importante	Escaso
3	Algunas veces	De regular importancia	Regular
4	Frecuentemente	Importante	Suficiente
5	Siempre	Muy importante	Alto

Tabla 3.2.1 Escala de valoración utilizada (escala Likert)

3.3 Aplicación del instrumento

Por medio de redes sociales, de correo electrónico y de amigos se compartió el cuestionario, distribuyendo la liga de internet, generada por el SurveyMonkey, en Ciudad Juárez, Chihuahua a técnicos, ingenieros y gerentes que laboran en empresas de manufactura y que se relacionan o conocen el tema bajo estudio. Enfocándose principalmente en trabajadores que conocen las áreas de logística, aduanas, compras, *Supplier Chain* y planeación. El método de aplicación del instrumento consideró un muestreo aleatorio simple, en el cual se toman en cuenta todas las empresas manufactureras activas de la ciudad, y posteriormente un muestreo estratificado al considerar los posibles participantes en relación a las áreas mencionadas.

3.4 Análisis descriptivo de la información

Una vez recopilada la información, como segundo paso se creó una base de datos usando el software SPSS para registrarla, el registro de la información en la base de datos se fue de dos maneras: una fue dando conforme se recibían los cuestionarios contestados, puesto que el software estadístico SPSS permite efectuar cambios como se desee, así que desde que se recibió el primer cuestionario contestado y hasta que terminó el periodo de recolección para este proyecto, se fue llenando la base de datos para. Posteriormente se realizó un análisis descriptivo para obtener medidas de posición y de forma, además de gráficos de dispersión con el propósito de identificar el comportamiento de los datos.

3.5 Validación

En la validación del instrumento se consideran tres: validación de contenido, por jueces y estadística. La primera se refiere a revisar la literatura relacionada con el tema 3PL e identificar contenido acerca de los ítems que conforman el instrumento, de tal forma que se valida la existencia de teoría cerca del tema bajo estudio, la segunda consiste en aplicar el instrumento a expertos a fin de que se evalúen las propiedades métricas de la escala. De este modo los expertos retroalimentan acerca de la concordancia, comprensión, suficiencia, y claridad en la redacción de los ítems, por lo que se mejora la primer versión del mismo y se inicia con la validación estadística, aplicando la versión final a los posibles encuestados.

La validación estadística consiste en encontrar la consistencia interna entre los ítems que conforman el instrumento usado buscando que el índice Alfa de Cronbach sea mayor a 0.7 recomendado (Cronbach, 1951). La finalidad es encontrar los parámetros que ayuden a recopilar la información deseada y así continuar con estudios o análisis posteriores. Para esta validación se requiere usar el software estadístico SSPS (*Statistical Program for the Social Sciences*) a fin de crear primero la una base de datos en la que se organice la información y luego calcular los índices de fiabilidad y factibilidad del cuestionario, y para realizar las inferencias sobre el comportamiento de los datos. Con esto se sabe si el cuestionario es fácil de entender y si la categorización de los ítems es adecuada, si el ordenamiento de estos es lógico, si existe concordancia, etc.

4. Resultados

Este trabajo se llevó a cabo para el caso de estudio específico de la industria manufacturera de Ciudad Juárez, Chihuahua, México en el segundo semestre del año 2017. El propósito de este trabajo fue de identificar los factores de relevancia para del éxito de la adopción de proveedores 3PL en empresas ubicadas en la frontera entre Ciudad Juárez, Chihuahua. De tal manera que se aporte información útil para empresas 3PL o para otras que utilizan sus servicios y así hacer más eficiente el resultado en cadena de suministro. Por ejemplo, mejor tiempo de entrega, mayor confianza y comunicación entre los participantes, disminución de los costos, mejor servicio.

4.1 Aplicación de cuestionarios

La aplicación del cuestionario final en línea se realizó en el sector de la industria manufacturera de Ciudad Juárez, en el periodo de Septiembre de 2017 a Noviembre de 2017, el cuestionario fue distribuido a personas con experiencia laboral en las áreas de logística, planeación, materiales, aduanas y otras áreas relacionadas con cadena de suministro. Este instrumento fue distribuido por medio de Internet utilizando una plataforma llamada *SurveyMonkey*, por correo electrónico y por distribución impresa, como lo fue el caso en el que se tuvo el apoyo de APICS (*American*

Production and Inventory Control Society). Al finalizar el periodo de recopilación se lograron obtener un total de 158 cuestionarios completos y útiles para el análisis posterior.

4.2 Validación estadística de la información

Aquí se muestran los resultados del análisis descriptivo de la muestra y la validación de los cuestionarios seleccionados para la investigación.

4.2.1 Análisis descriptivo de la muestra

En la tabla 4.1 se presenta la tabla del sector industrial en que laboran los encuestados en la cual indican que el sector automotriz tiene un total de 82 encuestas completas y validas para el análisis siendo mayor índice del sector encuestado con un 51.90%, seguida por el sector electrónico que conforma por 34 encuestas, en tercer lugar con un empate entre el sector médico y de empaque con 9 encuestas completas cada uno para el análisis con un porcentaje de 21.50%

Tabla 4.1 Tabla de frecuencias del sector industrial

Sector	Frecuencia	Porcentaje
<i>Automotriz</i>	82	51.90%
<i>Médico</i>	9	5.70%
<i>Electrónico</i>	34	21.50%
<i>Empaque</i>	9	5.70%
<i>Dato no proporcionado</i>	20	12.70%
Total	158	100%

En cuanto el género de los encuestados se tiene que el género femenino participó con un 36.70%, sin embargo no supera por mucho al masculino que alcanza un porcentaje del 34.17%, restando solo con 29.11% del total que no proporcionó respuesta como se indica en la tabla 4.2. La falta ausencia de este dato posiblemente sea debido a la confidencialidad de la información, ya que por seguridad, muchas empresas tienen prohibido proporcionar datos al respecto.

Tabla 4.2 Tabla de genero de encuestados

Género	Frecuencia	Porcentaje
<i>Femenino</i>	58	36.70%
<i>Masculino</i>	54	34.17%
<i>Dato no proporcionado</i>	46	29.11%
Total	158	100%

4.2.2 Resultado de la validación de dimensiones de los cuestionarios

Para medir la consistencia interna del cuestionario, se utiliza el coeficiente del alfa de Cronbach. Dependiendo del grado en que los errores de medición estén presentes en un instrumento de medición, el instrumento será poco o más confiable. A partir de estas consideraciones, los autores definen la confiabilidad como la ausencia relativa de errores de medición en un instrumento de medida (Quero Virla, 2010). Con este antecedente se realizó el análisis de validación de las secciones del cuestionario donde para esto se agruparon los ítems de acuerdo a las dimensiones establecidas con anterioridad como se muestra en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Alfa de Cronbach del cuestionario por sección

Sección	Cronbach	Ítems
<i>Primera (1 al 25)</i>		
Actividades operacionales realizadas entre empresa y proveedor 3PL.	.933	25
<i>Segunda:</i>		
Transporte (1 al 8)	.835	8
Gestión y Planificación de Transporte (9 al 13)	.912	5
Almacenamiento-Inventario (14 al 25)	.906	12
Servicios de valor añadido (26 al 32)	.914	7
Tecnologías de Información (33 al 40)	.834	8
Diseño de producto y apoyo a comercialización (41 al 44)	.900	4
Finanzas (45 al 49)	.504	5
Servicios de consultoría (50 y 51)	.868	2
Otros Servicios al Cliente (52 al 55)	.440	4
<i>Tercera: Beneficios logrados en la cadena de suministro.</i>		
Indicadores de Desempeño de Proceso (1 al 6)	.813	6
Indicadores de Desempeño Financiero (7 al 12)	.904	6
Indicadores de Desempeño estratégico (13 al 17)	.878	5
Indicadores de Desempeño estratégico (18 al 21)	.918	4

Para la sección I del cuestionario conformada por 25 preguntas se obtuvo un índice del alfa de Cronbach mayor que 0.80 en la cual indica que dicha sección tiene una consistencia interna buena según los ítems analizados. Para la sección II conformada por 55 preguntas y un total de 9 sub-secciones los resultados del análisis, mostrados en la tabla 4.3, donde se puede apreciar que la mayoría de los índices de alfa de Cronbach son mayores a 0.80, sin embargo se identifican valores menores en la subsección de “Finanzas” con 0.504 y “Otros Servicios al Clientes” con 0.440. Esto posiblemente porque han faltado ítems para describirlos, sin embargo debido se han tomado en cuenta en su origen para contar con esta información que pueda ser necesaria en posibles análisis. Se observa que la subsección “Servicios de valor añadido: presenta el índice mayor con un valor de 0.914. Respecto a la sección III, relacionada con los indicadores de desempeño en la cadena de suministro conformada por 21 preguntas y cuatro subsecciones. Los resultados obtenidos fueron favorables ya que todos obtuvieron un índice del alfa de Cronbach mayor a 0.80. En la subsección de sobre el desempeño estratégico se muestra con el valor más

alto de la sección con un 0.918 del alfa de Cronbach, mientras que el indicador del desempeño del proceso se muestra con el valor menor de la sección con un 0.813.

4.2.3 Análisis descriptivo de los ítems

En esta sección se muestran las tablas de frecuencia de las tres secciones del cuestionario. Las columnas Q₁, Q₂, Q₃ y RI son el primer cuartil, segundo cuartil, tercer cuartil y rango intercuartílico, respectivamente. Los valores se obtuvieron por medio del software SPSS ®. Los ítems se encuentran en orden como se presentó la encuesta. Tomando como ejemplo en la pregunta número 6, de la primera sección, en negritas y con líneas punteadas, se obtiene su RI con un total de 1.891, en la cual la mayoría de los encuestados casi tienen siempre intercambio de información con proveedores clave. Además, es el RI mayor de toda la sección en la cual es clave para las actividades operacionales realizadas entre empresas y proveedor 3PL.

Tabla 4.4 Análisis descriptivo de los ítems de la sección I

Actividades operacionales realizadas entre empresas y proveedor 3PL	Q₁	Q₂	Q₃	RI
1.-¿La relación que tiene con proveedores es de confianza?	3.381	4.109	4.721	1.340
2.- ¿El director de la cadena promueve el trabajo en equipo con nuestros proveedores?	3.287	4.099	4.752	1.465
3.- ¿Su relación con proveedores se enfoca a largo tiempo?	3.377	4.102	4.724	1.347
4.- ¿Se comparte información con proveedores por medio de un sistema coordinado de información?	3.212	3.971	4.685	1.473
5.- ¿Se involucra a los proveedores clave en la implementación de nuestra red logística?	3.216	4.090	4.802	1.586
6.- ¿Se intercambia información de nuestros clientes con nuestros proveedores clave?	2.286	3.264	4.176	1.891

Continuación de la Tabla 4.4

Actividades operacionales realizadas entre empresas y proveedor 3PL	Q₁	Q₂	Q₃	RI
7.- ¿Sus clientes siguen el desarrollo de sus productos por medio de rastreo y seguimiento?	2.931	3.862	4.698	1.767
8.- ¿Se consigue un aumento de las ventas continuamente?	2.829	3.573	4.345	1.517
9.- ¿Su proceso de producción es flexible?	2.758	3.593	4.393	1.635
10.- ¿Podemos realizar la producción en un tiempo de entrega corto?	2.787	3.525	4.272	1.485
11.- ¿Se revisa con regularidad la capacidad de servicio de su proveedor 3PL?	2.914	3.655	4.417	1.503
12.- ¿Se revisa con regularidad la capacidad de servicio de su proveedor 3PL?	2.869	3.634	4.404	1.535
13.- ¿Se reúne con frecuencia con su proveedor 3PL para revisar y mejorar la cooperación?	2.696	3.574	4.419	1.723
14.- ¿Se habla regularmente con el proveedor 3PL acerca de los métodos para lograr las metas?	2.733	3.643	4.468	1.735
15.- ¿Compartimos el calendario futuro de entregas con nuestro proveedor 3PL?	2.964	3.762	4.550	1.586
16.- ¿El desempeño de la logística de 3PL es considerado importante por los más altos niveles?	3.280	4.017	4.669	1.389
17.- ¿Nuestro proveedor responde rápida y acertadamente los problemas que se presentan?	3.119	3.788	4.529	1.411
18.- ¿Nuestro proveedor 3PL resuelve satisfactoria y completamente los problemas?	3.050	3.702	4.434	1.385
19.- ¿Nos brinda tiempos de entrega a tiempo y de confianza?	3.217	3.904	4.607	1.390
20.- ¿Desempeña el servicio con dependencia y exactitud?	3.177	3.785	4.486	1.309
21.- ¿Explora y provee soluciones creativas?	2.635	3.397	4.083	1.448
22.- ¿Ayuda al cliente a mejorar la eficiencia de operación?	2.943	3.610	4.352	1.409
23.- ¿Provee un servicio automatizado y con tecnologías de la información avanzada?	2.767	3.554	4.341	1.574
24.- ¿Tiene la habilidad de proveer servicios a medida de nuestros clientes?	3.121	3.802	4.533	1.413
25.- ¿Las órdenes llegan a nuestros clientes completas, a tiempo y en buenas condiciones?	3.491	4.169	4.750	1.259

En la segunda sección del cuestionario, en las cuales fueron 55 preguntas, se toma como ejemplo dos preguntas, que están en negritas y con líneas punteadas. La pregunta 1 habla que tan importante es el transporte de 3PL en la cual aparece solo con el cuartil uno y cuartil dos ya que

eso se debe a que los encuestados coinciden más en estos aspectos y por eso no se dispersa la información que se recopiló de ellos respecto a estos dos ítems. La mayoría concuerda que es importante la cuestión de transporte para el servicio 3PL. Y en el segundo ejemplo, la pregunta 42 habla sobre el diseño de producto y apoyo a comercialización en donde aparece como RI con un 1.7324 en la cual les toma importancia la configuración y diseño de producto. Los resultados de las frecuencias de la sección II se muestran en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Análisis descriptivo de los ítems de la sección II

Actividades operacionales empresa de manufactura-proveedor de servicios.	Q1	Q2	Q3	RI
1.- Inbound transportation / Transporte de llegada	4.0690	4.6138		0.5448
2.- Outbound distribution / Transporte de salida	4.4730	4.5811		0.1081
3.- Overseas sourcing / Compras en el extranjero	3.2907	4.1525	4.8220	1.5313
4.- Overseas distribution / Distribución en el extranjero	3.600	4.3806	4.9701	1.3701
5.- Merge in transit - Freight (of) consolidation / Combinar en tránsito - Flete (de) la consolidación	3.494	4.2846	4.8923	1.3983
6.- Direct transportation service / Servicio de transporte directo	3.895	4.4797		0.5850
7.- Expedited delivery / Servicio de entrega urgente	4.027	4.5646		0.5374
8.- Emergency transport / Transporte de emergencia	3.984	4.5455		0.5616
9.- Fleet operation and management / Operación y gestión de flotas	3.26	4.0167	4.6750	1.4154
10.- Route & network optimization - shipment planning / Recorrido y optimización de la red - Planificación del transporte	3.385	4.1870	4.8293	1.4447
11.- Rate negotiation / Negociación de tasas	3.33	4.1000	4.7583	1.4283
12.- Carrier selection / Selección del operador	3.33	4.1488	4.8017	1.4720
13.- Freight forwarding- Freight brokering / Reenvió de cargas - Intermediación de cargas	3.272	4.1017	4.7712	1.4995
14.- Warehousing - Storage with good reception / Almacenamiento - Almacenamiento con buena recepción	3.873	4.4965		0.6233
15.- Customer spare parts / Piezas de repuesto para clientes	3.333	4.1765	4.8403	1.5070
16.- Storage of products with special requirements (e.g., preparation for freezing and thawing) / Almacenamiento de productos con requerimientos especiales	3.253	4.1518	4.8571	1.6041
17.- Inventory management - Inventory replenishment / Gestión de inventario/ Reposición de inventario	3.454	4.2462	4.8538	1.4003
18.- Bonded warehousing / Almacenamiento con fianza	3.315	4.1356	4.8051	1.4899
19.- Pick and pack / Recoger y empacar	3.255	4.0789	4.7719	1.5166

Continuación de la Tabla 4.5

Actividades operacionales empresa de manufactura-proveedor de servicios.	Q1	Q2	Q3	RI
18.- Bonded warehousing / Almacenamiento con fianza	3.315	4.1356	4.8051	1.4899
19.- Pick and pack / Recoger y empacar	3.255	4.0789	4.7719	1.5166
20.- Order processing / Procesamiento de órdenes	3.796	4.5075		0.7112
21.- Order fulfilment / Cumplimiento de órdenes	4.064	4.6286		0.5643
22.- Cross-docking / Cruce de muelle	3.235	4.0087	4.6957	1.4604
23.- Product testing - Inspection - quality control / Pruebas de producto-inspección- control de calidad	3.508	4.3594	4.9766	1.4691
24.- Producto returns / Devolución de productos	3.321	4.0574	4.7049	1.3841
25.- Reverse logistics / Logística inversa	3.324	4.0840	4.7479	1.4244
26.- Labelling - Marking / Etiquetado	3.367	4.2377	4.8852	1.5181
27.- Packaging / Embalaje	3.304	4.1282	4.8034	1.4991
28.- Relabelling - Repackaging / Reetiquetado - Reempacado	3.143	3.8952	4.6538	1.5109
29.- Kitting / Juegos de productos	3.138	3.8624	4.5818	1.4442
30.- Assembly - Re-assembling - Installation / Ensamble - Reensamble - Instalación	3.095	3.8476	4.6058	1.5106
31.- Production - Selected manufacturing activities - Customization / Producción - Actividades de manufactura - Personalización	3.189	3.9340	4.6667	1.4780
32.- Repair / Reparaciones	3.05	3.8317	4.6139	1.5644
33.- Bar code scanning / Escaneo de códigos de barra	3.897	4.5035		0.6064
34.- RFID / Identificación por radio frecuencia	2.754	3.6702	4.5455	1.7917
35.- Electronic commerce / Comercio electrónico	3.148	4.0364	4.7545	1.6068
36.- Tracking and tracing shipment information / Rastreo y seguimiento de la carga	4.036	4.6000		0.5643
37.- Logistics information systems / Sistemas de información logística	3.814	4.4681		0.6538
38.- Order Entry - Management systems / Orden de entrada - Sistemas de gestión	3.849	4.4964		0.6479
39.- Selection of software / Selección de software	3.265	4.0357	4.7411	1.4764
40.- Interfacing with ERP systems; e.g., SAP / Interfaz con los sistemas ERP	3.645	4.3881	4.9776	1.3329
41.- Packaging design / Diseño de empaque	3.022	3.8901	4.7041	1.6821
42.- Product configuration - Product design / Configuración de producto - Diseño de producto	3.048	3.9881	4.7800	1.7324

Continuación de la Tabla 4.5

Actividades operacionales empresa de manufactura-proveedor de servicios.	Q1	Q2	Q3	RI
43.- Promotional support / Apoyo promocional	2.831	3.7188	4.5532	1.7227
44.- Exhibition / Exhibición	2.567	3.6092	4.5233	1.9566
45.- Invoicing - Billing function / Facturación - Funciones de cobro	3.617	4.3529	4.9338	1.3165
46.- Freight bill auditing - Payment / Auditoría de facturas de mercancías - Pagos	3.607	4.3143	4.8786	1.2719
47.- Billing the final customer / Facturación al cliente final	3.648	4.4030	4.9925	1.3446
48.- Factoring - Financing service / Servicio financiero	3.34	4.1417	4.8000	1.4596
49.- Insurance service / Servicio de seguro	3.484	4.2326	4.8450	1.3608
Logistics planning / La planificación logística	3.483	4.2598	4.8819	1.3988
Supply chain design / Diseño de la cadena de suministro	3.613	4.3556	4.9407	1.3282
52.- Customs brokerage / Servicio de aduanas	3.791	4.4676	7.4096	3.6186
53.- Call center operation - After sales service / Operación de centro de llamadas - Servicio postventa	3.129	3.9109	4.6542	1.5255
54.- Management - Performance reports / Administración - Reportes de desempeño	3.414	4.1615	4.7692	1.3551
55.- Procurement of materials (e.g., purchase of lower-level materials, packaging materials and inventory) / Adquisición de materiales	3.302	4.1000	4.7583	1.4562

Para la última sección, que se trata sobre los beneficios logrados en la cadena de suministro al contratar servicio 3PL en su empresa, se toma como ejemplo la pregunta número 7, en negritas y con línea punteada en la cual su RI le da como resultado 1.6050, en donde muestra que han tenido un mejoramiento en ingresos por ventas al contratar 3PL. La tabla 4.6 muestra los resultados del análisis de la sección III, en la cual salen con resultados un poco dispersos.

Tabla 4.6 Análisis descriptivo de los ítems de la sección III

Beneficios logrados en la cadena de suministro.	Q1	Q2	Q3	RI
1.- Fixed logistics asset reduction / Reducción de los activos fijos de logística	3.2301	3.9292	4.6339	1.4038
2.- Average order cycle length / Promedio de orden de longitud de ciclo	3.0703	3.6875	4.3900	1.3197
3.- Cash-to-cash cycle reductions / Reducciones del ciclo de efectivo a efectivo	3.0945	3.7165	4.4526	1.3581

4.- Service level improvements / Mejoramiento en el nivel de servicio	3.4649	4.1353	4.7293	1.2644
5.- Customer satisfaction / Satisfacción del cliente	3.8732	4.4930		0.6198
6.- Employee morale / Moral de los empleados	3.3939	4.1570	4.8099	1.4160
7.- Improvement in sales revenue / Mejoramiento en ingresos por ventas	3.1932	4.0734	4.7982	1.6050
8.- Working capital improvement / Mejoramiento en el capital	3.2673	4.0439	4.7368	1.4695
9.- Capital asset reduction / Reducción de activos de capital	3.1622	3.8739	4.6132	1.4510
10.- Production cost reduction / Reducción de costos de producción	3.102	3.9082	4.6731	1.5711
11.- Labor cost reduction / Reducción de costos laborales	3.1019	3.8333	4.6040	1.5021
12.- Logistics cost reduction / Reducción de costos de logística	3.2973	4.0087	4.6957	1.3984
13.- Cost competitiveness / Competitividad de costos	3.2427	4.0088	4.7080	1.4653
14.- Service and quality excellence / Servicio y calidad de excelencia	3.622	4.3609	4.9549	1.3329
15.- Flexibility in operations and delivery / Flexibilidad en las operaciones y la entrega	3.5	4.2331	4.8271	1.3271
16.- Risk minimisation / Minimización de riesgos	3.2885	4.0424	4.7119	1.4234
17.- Supply chain optimisation / Optimización de la cadena de suministro	3.3958	4.1694	4.8065	1.4107
18.- Profit margin / Margen de ganancias	3.2524	4.0177	4.7168	1.4644
19.- Return on sales / Rendimiento de las ventas	3.2475	4.0256	4.7009	1.4534
20.- Return on total assets / Rentabilidad sobre activos totales	3.1053	3.7982	4.5600	1.4547
21.- Sales over assets / Ventas sobre activos	3.1204	3.8519	4.6058	1.4854

5. Conclusiones

Este estudio tiene la limitación de que el análisis está basado en la recolección de información dentro de la industria manufacturera que opera en Ciudad Juárez, por lo que se considera confiable por provenir de personas conocedoras del tema y por la experiencia que tienen laborando en la industria. En este sentido los aspectos valorados permiten realizar inferencias acerca de los criterios que actualmente las empresas consideran al momento de contratar un servicio 3PL. Por otro lado, cabe mencionar que el uso de proveedores de servicios 3PL en la industria manufacturera de Ciudad Juárez como en otras partes del mundo es de gran importancia para alcanzar altos niveles de desempeño como de igual manera lo menciona (Domingues et al., 2015), las empresas en su afán de disminuir costos logísticos invierten en empresas especializadas para lograr más rapidez en las entregas de sus productos y al mismo tiempo disminuyendo costos por ello.

Así es como entre los aspectos de mayor importancia identificados son aquellos que presentan valores de respuesta mayores a 3, donde el 4 y 5 en la escala de valoración. Tal es el caso del ítem 19, en el que se pregunta si el proveedor de servicios brinda tiempos de entrega a tiempo y de confianza y donde el segundo y tercer cuartil tienen como valores de la escala “Frecuentemente” y “Siempre”. Esto quiere decir que el 50% de los encuestados considera que efectivamente el proveedor de servicios 3PL presenta estas características. Otro aspecto encontrado es que con frecuencia las empresas mantienen una relación a largo plazo con sus proveedores, según el segundo y tercer cuartil correspondientes al ítem 3, por lo que al brindar el servicio la empresa 3PL visualiza su contratación por parte de la empresa maquiladora por varios años, dando oportunidad de mostrar su capacidad de servicio. Esto es interesante ya que actualmente en las empresas se ha incorporado un esquema de desarrollo de proveedores en los que mantienen una relación estrecha para lograr beneficios en ambas partes y siempre trabajar bajo el concepto de ganar-ganar.

Referente a la validación, objeto de estudio de este trabajo, se concluye que el instrumento es fiable para obtener la información que conforma cada sección incluida en el mismo, ya que por un lado, la consistencia interna de los mismos, evaluada a través del índice Alfa de Cronbach fue aceptable para la mayoría de las dimensiones, ya que algunos autores sugieren que éste debe estar entre 0.7 y 0.9 (Hernández Sampieri et al., 2014; Hair et al. 2013). Debido a que todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de este intervalo se concluye que el instrumento tiene la validez necesaria para ser aplicado.

REFERENCIAS

- Aguezoul, A. (2014). Third-party logistics selection problem: A literature review on criteria and methods. *Omega*, 49, 69-78.
- Arribas, M. (2004). Diseño y validación de cuestionarios. *Matronas Profesión*, 5(17), 23-29. Retrieved from http://www.enferpro.com/documentos/validacion_cuestionarios.pdf
- Ballou, R.H. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro*. 5a ed. México: Prentice Hall.
- Batarlienė Nijolė, Jarašūnienė Aldona, “3PL” Service Improvement Opportunities in Transport Companies, *Procedia Engineering*, Volume 187 (201). Pages 67-76, ISSN 1877-7058
- Bernard, H.R. (2013). *Social Research Methods, Qualitative and Quantitative Approaches* (2nd ed.). USA: SAGE.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1997) Statistics notes: Cronbach’s alpha. *General Practice, ICRF Medical Statistics Group*.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Domingues, M. L., Reis, V., & Macário, R. (2015). A comprehensive framework for measuring performance in a third-party logistics provider. *Transportation Research Procedia*, 10, 662-672.
- Escudero Serrano, Maria Jose (2014). *Logística de Almacenamiento*. Paraninfo.

- Espinosa Méndez, Juan Carlos (2009). Validación y Estandarización de Instrumentos. Equipo Interdisciplinario de la Universidad Nacional de Colombia
- Estadística Integral del Programa de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación del INEGI
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/manufacturera/default.aspx>
- García, M., Ibáñez, J., & Alvira, F. (2000). El Análisis de la realidad social: métodos y técnicas de investigación: Editorial Alianza.
- Gürçan, Ö. F., Yazıcı, İ., Beyca, Ö. F., Arslan, Ç. Y., & Eldemir, F. (2016). Third Party Logistics (3PL) Provider Selection with AHP Application. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 235, 226-234.
- Hair Jr, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black W. C. (2005). *Análisis Multivariante* (5a. ed.). España: Pearson, Prentice-Hall
- Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2013). Partial least square structural equation modelling: rigorous applications, better results and higher acceptance. *Long Range Planning*, 46(1-2), 1-12.
- Krishnan, T. N., & Poulouse, S. (2016). Response rate in industrial surveys conducted in India: Trends and implications. *IIMB Management Review*, 28(2), 88-97.
- Li, K., Sivakumar, A. I., & Ganesan, V. K. (2008). Analysis and algorithms for coordinated scheduling of parallel machine manufacturing and 3PL transportation. *International Journal of Production Economics*, 115(2), 482-491.
- Mothilal, S., Gunasekaran, A., Nachiappan, S., & Jayaram, J. (2012). Key success factors and their performance implications in the Indian third-party logistics (3PL) industry. *International Journal of Production Research*, 50(9), 2407-2422.
- Olivos, P. C., Carrasco, F. O., Flores, J. L. M., Moreno, Y. M., & Nava, G. L. (2015). Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México. *Contaduría y administración*, 60(1), 181-203.
- Osorio, J. C., Manotas, D. F., & Rivera, L. (2017). Priorización de Riesgos Operacionales para un Proveedor de Tercera Parte Logística-3PL. *Información tecnológica*, 28(4), 135-144.
- Quero Virla, M. (2010). *Confiabilidad y coeficiente de Alpha de Cronbach*. *Revista de Estudios Interdisciplinarios de Ciencias Sociales*, Vol 12(2), 248-252
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. D. L. L. C. (1998). *Metodología de la investigación* (Vol. 1). México: Mcgraw-hill.
- Selva, G., de INCAE, D. A., Molina, P., & Amador, J. (2009). La industria 3PL en Centroamérica. *INCAE Business Review*, 1(8), 34-39.
- SPSS, I. (2011). IBM SPSS statistics for Windows, version 20.0. *New York: IBM Corp.*
- SurveyMonkey, L. L. C. (2012). SurveyMonkey®. *Palo Alto (CA): SurveyMonkey, LLC.*
- Yuste, A. R. (2008). *Validación de respuestas: Metodología de evaluación y desarrollo de sistemas* (Doctoral dissertation, Master's thesis, Universidad Nacional de Educación a Distancia).

Impacto de los Estilos de Aprendizaje de los Alumnos de Física y su Relación con el Bajo Aprovechamiento Académico

Julieta Royval Bustillos, Juan Hernández, Óscar Ruiz Chávez, Juan Luna González y José Ochoa Eduardo

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

INTRODUCCIÓN

Todos debemos de atender las necesidades de lograr el máximo rendimiento en lo académico, buscando que el estudiante del nivel de educación superior cumpla sus expectativas en razón del aprendizaje y la repuesta que genere en el área laboral, pero que cuyo resultado sea de manera óptima, pues podemos considerar que los exámenes aplicados para su ingreso a la educación superior fueron los adecuados, sin embargo ya dentro del proceso podemos ver que hay una discrepancia en cuanto a que los estudiantes no dan el rendimiento esperado tanto en lo personal como en lo que la sociedad espera de ellos en el ámbito laboral, y lo anterior puede obedecer a que no se han considerado todos los factores que inciden en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior, y que deberían de estar estructurados dentro del currículum con un enfoque centrado en el aprendizaje constructivista.

Existen diversas formas para aprender, según “John Grinder (lingüista) y Richard Bandler (matemático y terapeuta en Gestalt)” los procesos de aprendizaje se pueden dividir en visual, auditiva y kinestésico y cada una de ellas depende directamente del uso prevalente de uno de los sentidos. Una educación integral debe brindar facilidad de abordar la mayoría de los estilos de aprendizaje, una educación de calidad debe utilizar diversas estrategias de enseñanza. A partir de la Programación Neurolinguística (PNL) se pueden facilitar alternativas para mejorar el aprendizaje y el estudio, con herramientas para desarrollar un pensamiento estratégico y sistemático para establecer conductas que permitan alcanzar con eficiencia un mejor desarrollo de aprendizaje dentro del campo estudiantil.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El interés para realizar este trabajo de investigación se debe a que la materia menos aprobada en el IIT (Instituto de Ingeniería y Tecnología) de la UACJ (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez) son Química, Cálculo I y Física I, siendo esta última la que más bajo índice de aprovechamiento ha registrado en el periodo comprendido del 2013 al 2016.

De acuerdo a la problemática que enfrentan los estudiantes al cursar la asignatura de física es de suma importancia que integre los estilos de enseñanza-aprendizaje, al proceso de transmisión del conocimiento que garantice un mejor aprovechamiento y facilite un ambiente adecuado para los estudiantes por medio del cual los futuros profesionistas estén mejor preparados para enfrentar el difícil mundo profesional ante cualquier situación económico-crítica.

SUPUESTO DE INVESTIGACIÓN

La problemática que presenta el estudiante de educación superior, al no alinearse el estilo de enseñanza del docente con el estilo de aprendizaje del estudiante, genera mayor esfuerzo tanto para el estudiante como para el docente dentro del proceso enseñanza-aprendizaje. Lo anterior se puede resolver mediante la indagación o la puesta en marcha de estrategias enfocadas en el mejoramiento de la práctica docente, que combine la aplicación de los enfoques de corte constructivista, apoyándose en el modelo de inteligencias múltiples.

OBJETIVO

Demostrar que dentro del proceso enseñanza-aprendizaje, es necesario considerar de gran importancia los estilos de aprendizaje de los estudiantes de una manera activa en conjunto como parte del proceso enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de ingeniería en la UACJ.

Con esta investigación se busca conocer el estilo de aprendizaje de los estudiantes que cursan la asignatura de física I en el IIT a causa del bajo aprovechamiento de la asignatura antes mencionada.

El determinar el estilo de aprendizaje de los estudiantes de física I a través de la aplicación de cuestionarios relacionados con el VAC (instrumento visual, auditivo, kinestésico) nos permite conocer los estilos de aprendizaje de mayor frecuencia en los estudiantes antes mencionados. De acuerdo a los resultados se generarán recomendaciones a los maestros que impartirán dicha asignatura el próximo ciclo escolar con la finalidad de reducir de manera porcentual el índice de reprobación en esta materia.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El estilo de aprendizaje se refiere a las estrategias que cada persona utiliza cuando se enfrenta ante nuevos conocimientos. Las estrategias varían según lo que se quiera aprender, cada persona se inclinará por desarrollar ciertas preferencias o tendencias globales, que definen un estilo de aprendizaje.

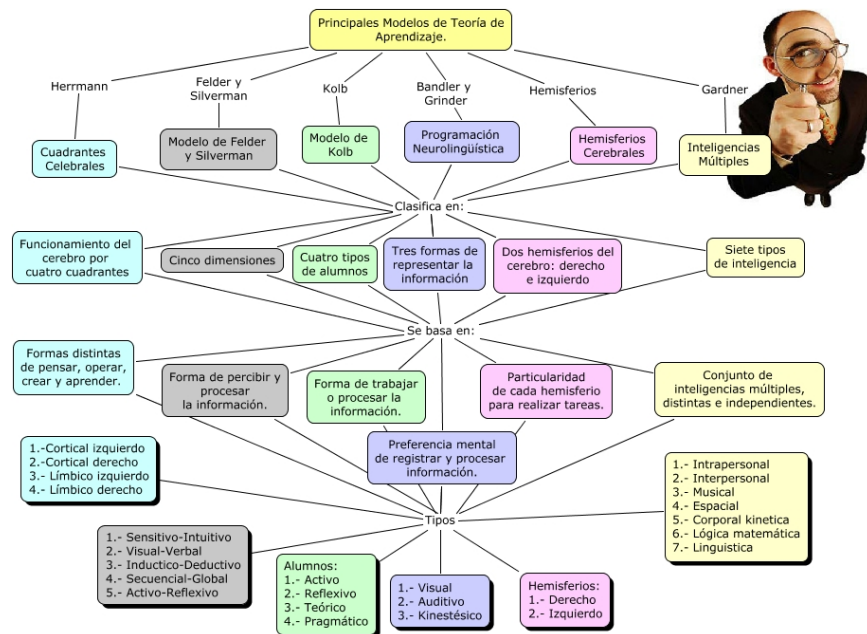


Figura 1: Principales modelos de teorías de aprendizaje

Fuente: <http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1KTZM960N-221GV3T-Y0P/Estilos%20Aprendizaje%20Modelos%2003.cmap>

En la Figura 1 se muestran los principales modelos de la teoría de aprendizaje. En la columna central podemos observar la programación neurolingüística propuesta por Bandler y Grinder la cual se basa en la preferencia mental de registrar y procesar información a través de tres formas que son la visual, auditiva y kinestésica.

Según Robert Dilts la PNL (Programación Neurolingüística) es un modelo acerca de cómo trabaja nuestra mente, cómo en esto afecta el lenguaje y cómo usar este conocimiento para programarnos a nosotros mismos en el sentido de lograr que nuestra vida y las cosas que hacemos nos resulten fáciles y al mismo tiempo eficientes.

Las siglas PNL, representan un término que engloba los tres elementos de mayor influencia en la producción de la experiencia humana. Así, el sistema neurológico regula la función del organismo; a su vez, el lenguaje determina cómo interactuamos y nos comunicamos con los demás, mientras que la programación mental de cada quien incide en las concepciones del mundo que creamos. La programación neurolingüística describe cómo la dinámica fundamental entre la mente (neuro), el lenguaje (lingüística) y la interacción de ambas determina nuestro organismo y comportamiento (programación). La PNL significa también auto descubrirse, es decir, explorar y descubrir la identidad y misión propias, provee además de una estructura que permite comprender y relacionar la parte “espiritual” de la experiencia humana, la cual, más allá de nosotros como individuos, alcanza a nuestras familias, comunidades y sistemas globales. La PNL no sólo se enfoca en desarrollar patrones de excelencia personal, sino sabiduría y visión.

También se define como el conjunto de características psicológicas, rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que se conjuntan cuando una persona se enfrenta a una situación de aprendizaje.

La noción de que cada persona aprende de manera distinta permite buscar las vías más adecuadas para facilitar el aprendizaje, cuando a los estudiantes se les enseña según su propio estilo de aprendizaje, aprenden con más efectividad y en consecuencia el proceso de enseñanza-aprendizaje es más enriquecedor.

La clasificación sensorial, también denominada VAK, destaca que todos tenemos un sentido favorito y que podemos mejorar el aprendizaje si contemplamos estas preferencias sensoriales. Principalmente, se distinguen tres grandes sistemas para asimilar la información recibida.



Figura 2: Características de los estilos de aprendizaje VAK

¿Por qué debemos de considerar los estilos de aprendizaje en el rendimiento académico en la educación superior? Los estilos de aprendizaje son importantes en el rendimiento académico pues esto ayuda a elevar el nivel académico, sin embargo es importante considerar la compatibilidad entre el estilo de aprendizaje y la disponibilidad académica para aceptar el cambio, pues éstas son benéficas para el aprovechamiento de los estudiantes (Denin, Stephen J. Enero 2004).

Por otra parte Stevenson y Dunn, (diciembre 2001), mencionan que, según un estudio realizado en Estados Unidos, se identifican los estilos de aprendizaje individuales de los estudiantes para enseñarles de acuerdo a su mismo estilo predominante. Esto da como resultado un impacto significativo en el aprovechamiento del estudiante y la retención académica, a tal punto que se logra una disminución anual de la deserción en las universidades disminuyendo del 39% al 20%.

De acuerdo a lo anteriormente dicho, la universidad tendría la capacidad de ofrecer a sus estudiantes una mejor preparación para su futuro, si se consideraran los estilos de aprendizaje de los estudiantes para el diseño de la técnica de enseñanza. Así también los estudiantes podrían sentirse satisfechos con su desempeño en las clases pues se les facilitaría el aprendizaje.

Según Petrakis (John G; Octubre 2003), si la técnica de enseñanza se adecua para cada uno de los tres estilos de aprendizaje, aunado a los beneficios de retención, cuando se logra mantener el interés del estudiante en la clase éste se hace más participativo y confiado en su capacidad de entendimiento. De tal forma que entender los estilos de

aprendizaje es sólo el primer paso, pues hay que aplicar nuevos métodos de enseñanza para maximizar el potencial y sobrellevar las diferencias del aprendizaje de los estudiantes.

Ahora bien, por medio de los estilos de aprendizaje los estudiantes pueden conocerse mejor y en consecuencia ser más flexibles en la manera de reconocer y resolver los problemas. El conocer los diferentes estilos de aprendizaje les ayuda a identificar nuevas oportunidades, y a que se adapten mejor a los cambios de dirección de su carrera. Cuando el estudiante obtiene los resultados positivos que espera y desea, se mantiene motivado para seguir adelante, y no se permite a sí mismo obtener bajas calificaciones, porque ya conoce sus capacidades.

En el libro *Estrategias de aprendizaje para universitarios (2007)*, Amaya, Guerra, Jesús y Prado Maillard, Evelyn afirman que una de las causas del llamado fracaso escolar o rendimiento académico insatisfactorio es la carencia de estrategias de aprendizaje adecuadas para abordar la tarea del estudio. De tal forma que se visualiza la importancia de las actitudes de los estudiantes, sus motivaciones, sus destrezas y sus estrategias de aprendizaje, siendo estos factores los que determinan el éxito o fracaso universitario.

La creciente apatía de los estudiantes, el desaliento, la excesiva dependencia respecto al docente, la falta de lectura y de actitudes críticas son producto de variables sociales y educativas de origen incierto. El Doctor Tirado Segura, Alfonso (1986) reporta la gravedad de la efectividad educativa en la adquisición de conocimientos y habilidades lógicas básicas en los estudiantes que se integran a la educación superior. El estudiante se enfrenta a una serie de nuevos retos cognitivos, afectivos y sociales en la universidad y muchas veces sin las herramientas de aprendizaje básicas para enfrentarlos.

La apatía cognitiva es considerada una actitud muy baja hacia el estudio, tan es así, que hay una gran cantidad de estudiantes de nivel superior en donde, según Espíndola y Gómez (1995), se encontró que el problema más serio fue “el interés por aprender”, esto es lo mismo que comparten docentes universitarios, quienes comentan que muchos estudiantes asisten a la universidad o a las aulas, para obtener el título profesional con el mínimo esfuerzo. La falta de cultura general en este rubro, identifica al estudiante que carece de conocimientos previos para relacionarlos con los contenidos nuevos que se proporcionan en los cursos. Entre los estudiantes no existe el hábito de la lectura, que es fuente de conocimiento y de cultura general, por lo tanto los docentes se ven forzados a utilizar estrategias remediales que compensen dichas deficiencias para iniciar el nuevo aprendizaje.

Las carencia de estrategias de aprendizaje, se refieren a que los estudiantes manifiestan deficiencias en sus operaciones cognitivas pues se les dificulta organizar, analizar y sintetizar la información investigada reafirmandose que estos en su mayoría cumplen sus tareas académicas mediante estrategias mecánicas, plagio de ideas, copia del trabajo de otros compañeros, el copiado y pegado de contenidos extraídos de la Internet, desequilibrio emocional entre otros aspectos. El inicio el siglo XXI trajo nuevos retos y transformaciones que impactaron la vida social al generarse un desarrollo vertiginoso de las tecnologías de la información y medios de comunicación, pues de pronto hay un acceso ilimitado a la información que está a disposición de los jóvenes con una enorme variedad de conocimientos, pero, el mismo estudiante al no tener gran capacidad de análisis, de evaluación y agregado a esto, la carencia de valores, ellos no logran aprender a aprender. Mucho menos a desaprender, pues para transformar y construir su propio conocimiento deben adaptarse de modo flexible pero con actitudes y valores adecuados. El estudiante universitario debe enfrentar retos académicos y personales para cumplir con sus metas educativas y profesionales, de manera que contribuya en su formación profesionalizante.

PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Los estudiantes se clasifican de acuerdo a su estilo de aprendizaje en visuales, auditivos y kinestésicos. Esta clasificación se realiza con la ayuda de un cuestionario de 21 preguntas que permiten identificar el estilo de aprendizaje predominante en cada estudiante. El total de preguntas se divide en tres conjuntos de siete preguntas cada uno, cada conjunto se enfoca en un estilo de aprendizaje particular.

Se utilizaron los enfoques de investigación cuantitativa, tomando como muestra 222 estudiantes de la carrera de ingeniería en el IIT que corresponde al cincuenta por ciento de los estudiantes inscritos en la asignatura de Física I durante el periodo Enero Junio del 2017.

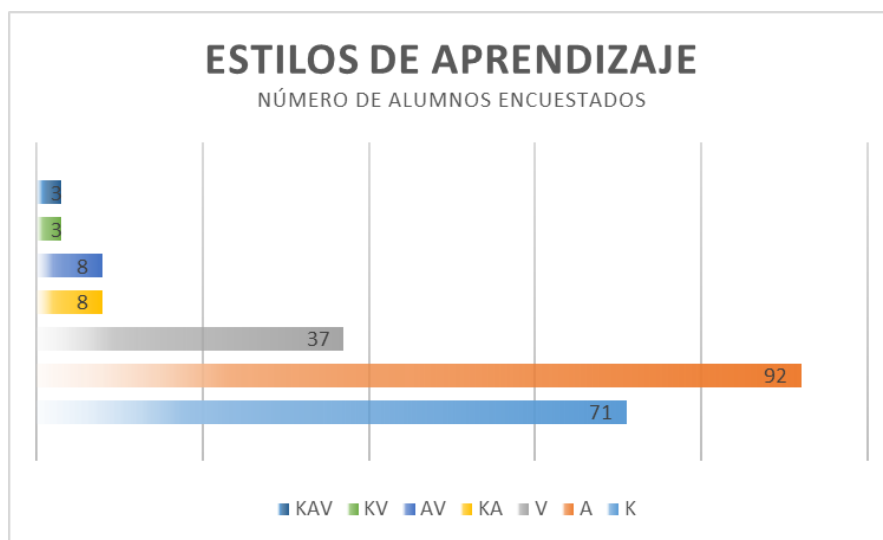
Lozano Rodríguez, Armando (2008), en su libro *“estilos de aprendizaje y enseñanza”* dedicado a la comunidad académica, afirma que es necesario actualizar a los docentes en los estilos de aprendizaje y enseñanza. Además afirma que aunque este tema es relativamente nuevo para muchos docentes y gestores educativos, ha considerado abordar algunas teorías necesarias para explicar los mecanismos que permitan el fracaso o el éxito estudiantil, conspirando sus diferencias individuales, al igual que varias tendencias psicopedagógicas han influido para visualizar nuevos esquemas en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Derivado de esto es que nos dimos a la tarea de aplicar un instrumento para conocer el estilo de aprendizaje de los alumnos y en una segunda etapa proponer el diseño de materiales y métodos de enseñanza de acuerdo a su estilo de aprendizaje. Este material se diseñará de acuerdo a los dos estilos más sobresalientes, debido a que el tercero está muy lejano a estos dos.

RESULTADOS

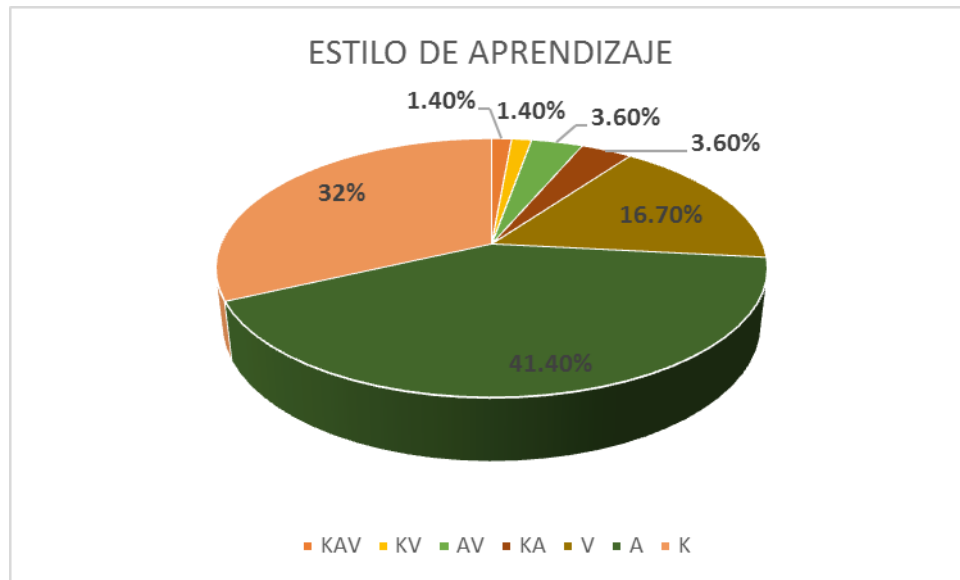
Se aplicó el instrumento a estudiantes de primer semestre que cursan la asignatura de Física I en el IIT, en los cuales fue más frecuente el estilo de aprendizaje auditivo, de lo cual se desprende que nuestra hipótesis estaba alejada de la realidad ya que se esperaba que los estudiantes se encontrarán con preferencia hacia el estilo visual. Esto nos lleva a la conclusión que los jóvenes prefieren el modelo tradicional en el cual la función del profesor es explicar claramente y exponer de manera progresiva sus conocimientos, enfocándose de manera central en el aprendizaje del alumno.

Haciendo un análisis a las gráficas podemos observar que la tendencia del estilo de aprendizaje de los estudiantes se da en razón de kinestésicos y auditivos, de tal forma que los estudiantes de física I se desarrollan mejor cuando el estilo de enseñanza utiliza las formas tradicionales de aprender que son por medio de conceptos y de procedimientos.



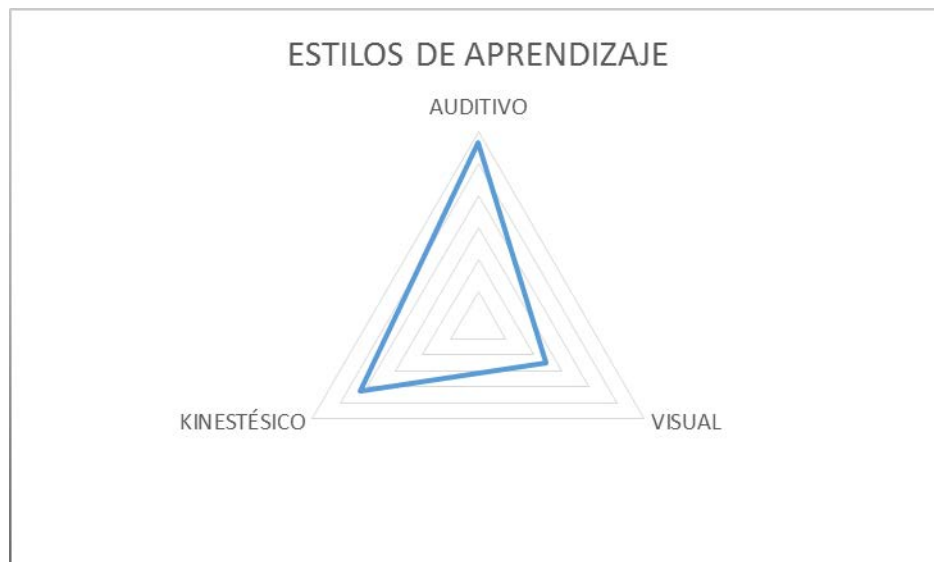
Gráfica 1: Estilos de aprendizaje

En la gráfica 1: Estilos de aprendizaje podemos apreciar que de los 222 alumnos a los que se les aplicó el instrumento para conocer su estilo de aprendizaje, tres alumnos tienen el kinestésico, auditivo y visual, tres alumnos tienen el kinestésico y visual, 8 alumnos tienen el auditivo y visual, 8 alumnos tienen el kinestésico y auditivo, 37 alumnos tienen el visual, 92 alumnos tienen el auditivo y finalmente 71 alumnos tienen el kinestésico.



Gráfica 2: Estilos de aprendizaje porcentual

En la gráfica 2: Estilos de aprendizaje porcentual podemos apreciar que de los 222 alumnos a los que se les aplicó el instrumento para conocer su estilo de aprendizaje, los dos estilos de más sobresalientes son el auditivo un 41.4% son auditivos seguido del kinestésico con un 32%.



Gráfica 3: Estilos de aprendizaje (radial)

En la gráfica 3: Estilos de aprendizaje (radial) podemos apreciar que el estilo de aprendizaje de los estudiantes a los que se les aplicó el instrumento tiene una tendencia notoria hacia el estilo auditivo y una tendencia menor hacia lo visual.

CONCLUSIONES

Podemos afirmar que la recomendación para que los estudiantes que cursan la asignatura de física I darán mayor resultados de aprovechamiento académico si el maestro utiliza, diseña y o estructura su estilo de enseñanza kinestésico y visual principalmente, sin dejar de lado la explicación visual o ejercicios en pizarrón, puesto que de acuerdo a los resultados en razón de los intereses de los estilos de aprendizaje los estudiantes manifiestan que realizan o desarrollan mejores actividades cuando se les da o explica un concepto y se genera un ejercicio de operaciones para comprobar lo que se tiene aprender.

La metodología propuesta para lograr mayor eficacia en el proceso de enseñanza-aprendizaje a nivel universitario, demuestra en base a los resultados que se exponen, que es una metodología confiable y válida estadísticamente, ya que logra por medio de la identificación y utilización de los estilos de aprendizaje dentro del salón de clases, y en conjunto con la retroalimentación positiva, generar un incremento en las calificaciones de los estudiantes. Lo que brinda la confianza para aplicarse en las instituciones de nivel superior con el objetivo de aumentar el rendimiento académico.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que una vez identificados los estilos de aprendizaje de los estudiantes, se realice la separación por estilos de aprendizaje en tres subgrupos, alineando el material desde el inicio del semestre, para lograr tener mayores puntos de comparación en lo que a calificaciones se refiere. Aunado a esto se recomienda la programación semanal de evaluaciones académicas que permitan contar con más datos al final de la investigación.

Para investigaciones futuras se recomienda un estudio más especializado acerca del nivel emocional de los estudiantes, ya que dada la naturaleza subjetiva de las emociones, los estudiantes atraviesan por diferentes estados anímicos, que repercuten en la estabilidad y manejo de sus emociones, lo que genera valores menores en las calificaciones. Resulta indispensable analizar más a fondo dichas emociones, para lograr que los estudiantes tengan el control de estas.

BIBLIOGRAFÍA

- Amaya Guerra, Jesús, Prado Maillard, Evelyn. 2007. "Estrategias de aprendizaje para universitarios: un enfoque constructivista". México: Trillas, 2002. Pp. 207.
- Denin, Stephen J. Enero 2004. "Multiple intelligences and learning styles: Two complementary Dimensions, Teachers Collage Record", Vol. 106, No. 1 pp. 96.
- Espíndola y Gómez. 1995. Citado en "Estrategias de Aprendizaje para Universitarios. Un enfoque Constructivista", por De Jesús Amaya Guerra y Evelyn Prado Maillar en 2007.
- Lozano Rodríguez, Armando. 2008. "Estilos de aprendizaje y enseñanza en su libro estilos de aprendizaje y enseñanza: un panorama de la estilística educativa". 2ª ed. México, Trillas. ITESM, Universidad Virtual. Pp. 116.
- Petrakis, John G. Octubre 2003. "Firefighter learning styles and training: Beyond the slide presentation", Fire engineering, Vol. 156, No. 10, pp. 132-136.
- Stevenson y Dunn. Diciembre 2001. "Knowledge management and learning styles: Prescriptions for future teachers, "collage student journal", Vol. 35, No. 4, pp. 483-491.
- Tirado Segura, Alfonso. 1986. Citado en "Estrategias de Aprendizaje para Universitarios. Un enfoque Constructivista", por De Jesús Amaya Guerra y Evelyn Prado Maillar en 2007.

ANEXO

Cuestionario sobre Estilos de Aprendizaje

Preguntas		Nunca	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre	Siempre
1	Me ayuda trazar o escribir a mano las palabras cuando tengo que aprenderlas de memoria.	1	2	3	4	5
2	Recuerdo mejor un tema al escuchar una conferencia en vez de leer un libro.	1	2	3	4	5
3	Prefiero las clases que requieren una prueba sobre lo que se lee en un libro de texto.	1	2	3	4	5
4	Me gusta comer y/o mascar chicle, cuando estudio.	1	2	3	4	5
5	Al prestar atención a una conferencia, puedo recordar las ideas principales sin anotarlas.	1	2	3	4	5
6	Prefiero las instrucciones escritas sobre las orales.	1	2	3	4	5
7	Me gusta armar los rompecabezas.	1	2	3	4	5
8	Prefiero las clases que requieren una prueba sobre lo que se presenta en una conferencia.	1	2	3	4	5
9	Me ayuda ver diapositivas y videos para comprender un tema.	1	2	3	4	5
10	Recuerdo más cuando leo un libro que cuando escucho una conferencia.	1	2	3	4	5
11	Necesito escribir los números de teléfono para que no se me olviden.	1	2	3	4	5
12	Prefiero escuchar las noticias en la radio o en la televisión, en lugar de leerlas en un periódico.	1	2	3	4	5
13	Me gusta tener algo como una pluma o un lápiz en la mano cuando estudio.	1	2	3	4	5
14	Cuando estoy en clase anoto los ejemplos del pizarrón y después verifico si los entendí.	1	2	3	4	5
15	Prefiero las instrucciones orales del maestro a aquellas escritas en un examen o en el pizarrón.	1	2	3	4	5
16	Me gusta escuchar música al estudiar o cuando realizo cualquier otra actividad.	1	2	3	4	5
17	Puedo corregir mi tarea examinándola y encontrando la mayoría de los errores.	1	2	3	4	5
18	Recuerdo fácilmente cuando me dicen un número de teléfono, una dirección, o alguna instrucción con el simple hecho de escucharla.	1	2	3	4	5
19	Me gusta más el trabajo que me exige usar la mano o herramientas.	1	2	3	4	5
20	Cuando escribo algo, necesito leerlo en voz alta para oír como suena.	1	2	3	4	5
21	Puedo recordar mejor las cosas cuando puedo moverme mientras estoy aprendiéndolas. Por ejemplo, caminar mientras estudio, o participar en una actividad que me permita moverme, etc.	1	2	3	4	5

USO DEL SOFTWARE MICROSOFT EXCEL COMO MEDIO DE COMPROBACIÓN DE LOS PROCESOS DE INTEGRACIÓN

Casos de longitud de arco de una curva y la suma de magnitudes de los vectores diferencia

Oscar Ruiz Chávez, Juan Luna González, Lidia Julieta Royval, María Concepción Salazar Álvarez, Eduardo José Loera Ochoa, Fernando Hermosillo Pérez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

RESUMEN. En este escrito presentamos un particular enfoque de la interpretación de la integral definida, desarrollada en el marco de la suma de aproximaciones, que parten del tratamiento de la idea de longitud de cuerda, centrada en nociones como medir, cuantificar y comparar, intentamos poner a la vista las dificultades que tienen algunos estudiantes ante el proceso que se presenta de manera típica, para allanar dicho proceso presentamos los casos de: longitud de arco de una curva y la suma de magnitudes de los vectores diferencia.

Palabras clave: Longitud de cuerda, suma de sus magnitudes $\|\vec{r}'(t)\|$, suma de magnitudes de los vectores diferencia, Excel

INTRODUCCIÓN.

En los cursos de cálculo, el proceso de integración está relacionado con la idea de área, pero pocas veces se utiliza la interpretación de la integral para obtener la longitud de arco de una curva, ahora bien si utilizamos la forma vectorial, dada en términos de las ecuaciones paramétricas utilizadas para representar la curva, proporcionan una condición que dan una considerable ventaja, dado nuestro propósito de calcular la longitud de arco a través del cálculo de subintervalos del vector $\vec{r}'(t)$ y la suma de sus magnitudes $\|\vec{r}'(t)\|$. Nuestra idea intuitiva de lo que la longitud será, nos dice que debería sernos posible aproximarnos a la longitud de cuerda. Exploraremos algunos conceptos vinculados con la conservación de la longitud de cuerda, el proceso de integración como un proceso de acumulación de variación continua y la suma de magnitudes de los vectores diferencia, a través del uso de hojas de cálculo.

Un estudio realizado por Cordero (2003), no busca caracterizar dificultades de los estudiantes ante tareas que requieren de la integración, sino que se orientan al examen de las características necesarias para *entender* el concepto de integral, para la cual acude al empleo de diferentes marcos como el epistemológico, el cognitivo y el didáctico:

- Del análisis epistemológico se identificó un patrón de construcción de la teoría de integración con la expresión $\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$ en donde la diferencia $F(x + dx) - F(x)$ y las condiciones de una función derivada F juega un papel definitivo.

Se le asoció un significado a la integral por medio de la noción de acumulación.

- Las situaciones que favorecen el pensar en las integrales, son fenómenos de cambio.

Considerar al área bajo una curva como modelo geométrico de la integral en un ambiente de variación continua exige mover lo estático. (1)

La utilización sistemática como recurso didáctico y como recurso cognitivo que dé coherencia a una serie de significados es la tarea a seguir. Coincidimos en que la mayor dificultad no radica en el uso de una nueva herramienta sino en concebir un proyecto en el cual tenga sentido la utilización de la misma y, a partir de, nuevos recursos tecnológicos puedan potenciar la propuesta educativa o enmarcarla (2). Tener la claridad para reconocer los espacios y tiempos de los hallazgos de cada uno de nuestros estudiantes, son algunas de las condiciones que intentamos que provoquen la reflexión y el razonamiento. Nuestra manera de orientar los temas está en un contexto geométrico y numérico, más intuitivo que abstracto.

DESARROLLO

Los conceptos de longitud de arco y medida de longitud en la enseñanza de las matemáticas, y el desarrollo de estos conceptos se deben presentar un entorno que dé cabida para adquirir ideas que proporcionen referencias y puedan comparar longitudes por aproximación, que permitan habituarse con la idea de longitud de cuerda y su medición todo en un ambiente de variación continua.

Consideremos la idea de que un vector tangente a una función vectorial de la forma $\vec{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}$ como un vector adherido a la curva, donde menor sea la magnitud del vector $\vec{r}(t)$ más se encontrará *adherido* permitiendo acercarse al valor exacto en cada aproximación.

Primer caso longitud de arco de una curva y la noción de acumulación.

Un ejemplo se presenta, con el tema de longitud de arco de una curva en el espacio.

Si C es una curva suave dada por $\vec{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}$ en un intervalo $[a, b]$,

Entonces la longitud de arco de C en el intervalo es

$$s = \int_a^b \sqrt{[x'(t)]^2 + [y'(t)]^2 + [z'(t)]^2} dt = \int_a^b \|\vec{r}'(t)\| dt$$

Se desea obtener la longitud de arco para $\vec{r}(t) = t\mathbf{i} + \frac{4}{3}t^{3/2}\mathbf{j} + \frac{1}{2}t^2\mathbf{k}$ en el intervalo $[0, 2]$. En esta ocasión utilizaremos un método numérico por aproximaciones de la suma de las magnitudes de los vectores $\vec{r}'(t)$.

Obtenemos $\vec{r}'(t) = \mathbf{i} + 2\sqrt{t}\mathbf{j} + t\mathbf{k}$ y para obtener una primera aproximación, evaluamos para $t = 0$ y $t = 1$ (2 subintervalos)

$$\vec{r}'(0) = \langle 1, 0, 0 \rangle ; \|\vec{r}'(0)\| = 1 \quad \vec{r}'(1) = \langle 1, 2, 1 \rangle ; \|\vec{r}'(1)\| = \sqrt{6}$$

$$\text{Aprox}_1 = 1 + \sqrt{6} = 3.449489$$

Para obtener una segunda aproximación, para $t = 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}$ (4 subintervalos)

$$\vec{r}'(0) = \langle 1, 0, 0 \rangle ; \|\vec{r}'(0)\| = 1 \quad \vec{r}'\left(\frac{1}{2}\right) = \left\langle 1, \sqrt{2}, \frac{1}{2} \right\rangle ; \left\| \vec{r}'\left(\frac{1}{2}\right) \right\| = \frac{\sqrt{13}}{2}$$

$$\vec{r}'(1) = \langle 1, 2, 1 \rangle ; \|\vec{r}'(1)\| = \sqrt{6} \quad \vec{r}'\left(\frac{3}{2}\right) = \left\langle 1, \sqrt{6}, \frac{3}{2} \right\rangle ; \left\| \vec{r}'\left(\frac{3}{2}\right) \right\| = \frac{\sqrt{37}}{2}$$

$$\text{Aprox}_2 = 1 + \frac{\sqrt{13}}{2} + \sqrt{6} + \frac{\sqrt{37}}{2} = \frac{8.293646}{2} = 4.146823$$

Para obtener una tercera aproximación, evaluamos para $t = 0, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1, \frac{5}{4}, \frac{3}{2}, \frac{7}{4}$

(8 subintervalos)

$$\vec{r}'(0) = \langle 1, 0, 0 \rangle ; \quad \|\vec{r}'(0)\| = 1 \qquad \vec{r}'\left(\frac{1}{4}\right) = \left\langle 1, 1, \frac{1}{4} \right\rangle ; \quad \left\| \vec{r}'\left(\frac{1}{4}\right) \right\| = \frac{\sqrt{33}}{4}$$

$$\vec{r}'\left(\frac{1}{2}\right) = \left\langle 1, \sqrt{2}, \frac{1}{\sqrt{2}} \right\rangle ; \quad \left\| \vec{r}'\left(\frac{1}{2}\right) \right\| = \frac{\sqrt{13}}{2} \qquad \vec{r}'\left(\frac{3}{4}\right) = \left\langle 1, \sqrt{3}, \frac{3}{4} \right\rangle ; \quad \left\| \vec{r}'\left(\frac{3}{4}\right) \right\| = \frac{\sqrt{73}}{4}$$

$$\vec{r}'(1) = \langle 1, 2, 1 \rangle ; \quad \|\vec{r}'(1)\| = \sqrt{6} \qquad \vec{r}'\left(\frac{5}{4}\right) = \left\langle 1, \sqrt{5}, \frac{5}{4} \right\rangle ; \quad \left\| \vec{r}'\left(\frac{5}{4}\right) \right\| = \frac{11}{4}$$

$$\vec{r}'\left(\frac{3}{2}\right) = \left\langle 1, \sqrt{6}, \frac{3}{2} \right\rangle ; \quad \left\| \vec{r}'\left(\frac{3}{2}\right) \right\| = \frac{\sqrt{37}}{2} \qquad \vec{r}'\left(\frac{7}{4}\right) = \left\langle 1, \sqrt{7}, \frac{7}{4} \right\rangle ; \quad \left\| \vec{r}'\left(\frac{7}{4}\right) \right\| = \frac{\sqrt{177}}{4}$$

$$A_3 = 1 + \frac{\sqrt{33}}{4} + \frac{\sqrt{13}}{2} + \frac{\sqrt{73}}{4} + \sqrt{6} + \frac{11}{4} + \frac{\sqrt{37}}{2} + \frac{\sqrt{177}}{4} = \frac{17,941821}{4} = 4.485455$$

Utilizando la integral, la longitud de arco de $\vec{r}(t)$ para $t = 0$ hasta $t = 2$ está dada por

$$s = \int_a^b \sqrt{[x'(t)]^2 + [y'(t)]^2 + [z'(t)]^2} dt = \int_0^2 \sqrt{1 + 4t + t^2} dt = \int_0^2 \sqrt{(t+2)^2 - 3} dt \approx 4.815703$$

En nuestro caso las aproximaciones van tendiendo a este resultado:

$$A_1 = 1 + \sqrt{6} = 3.449489$$

$$A_2 = 1 + \frac{\sqrt{13}}{2} + \sqrt{6} + \frac{\sqrt{37}}{2} = \frac{8,293646}{2} = 4.146823$$

$$A_3 = 1 + \frac{\sqrt{33}}{4} + \frac{\sqrt{13}}{2} + \frac{\sqrt{73}}{4} + \sqrt{6} + \frac{11}{4} + \frac{\sqrt{37}}{2} + \frac{\sqrt{177}}{4} = \frac{17,941821}{4} = 4.485455$$

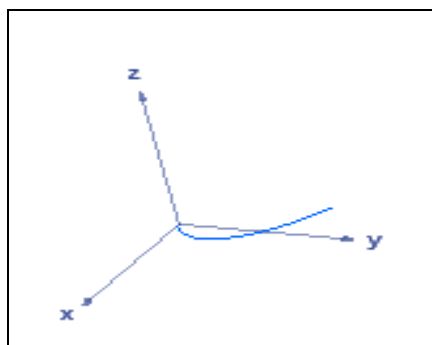


Figura 1. Curva $\vec{r}(t)$ en $I = [0,2]$

Esta es una representación paramétrica $\vec{r}(t) = t^2\hat{i} + \frac{4}{3}t^3\hat{j} + \frac{1}{2}t^4\hat{k}$ diferente de la curva del ejemplo anterior ¿Significa esto que la longitud de arco depende del parámetro que se use? Obteniendo la longitud de arco de $\vec{r}(t)$ para $t=0$ hasta $t=\sqrt{2}$ está dada por

$$s = \int_a^b \sqrt{[x'(t)]^2 + [y'(t)]^2 + [z'(t)]^2} dt = \int_0^{\sqrt{2}} \sqrt{4t^2 + 16t^4 + 4t^6} dt = 2 \int_0^{\sqrt{2}} t\sqrt{t^4 + 4t^2 + 1} dt \approx 4.815703$$

El resultado indica que es independiente de la forma de parametrizar la curva, prevalece la noción de conservación de la longitud. Es deseable que se encuentren otras formas de parametrizar la misma curva, así como la modificación de los límites de integración.

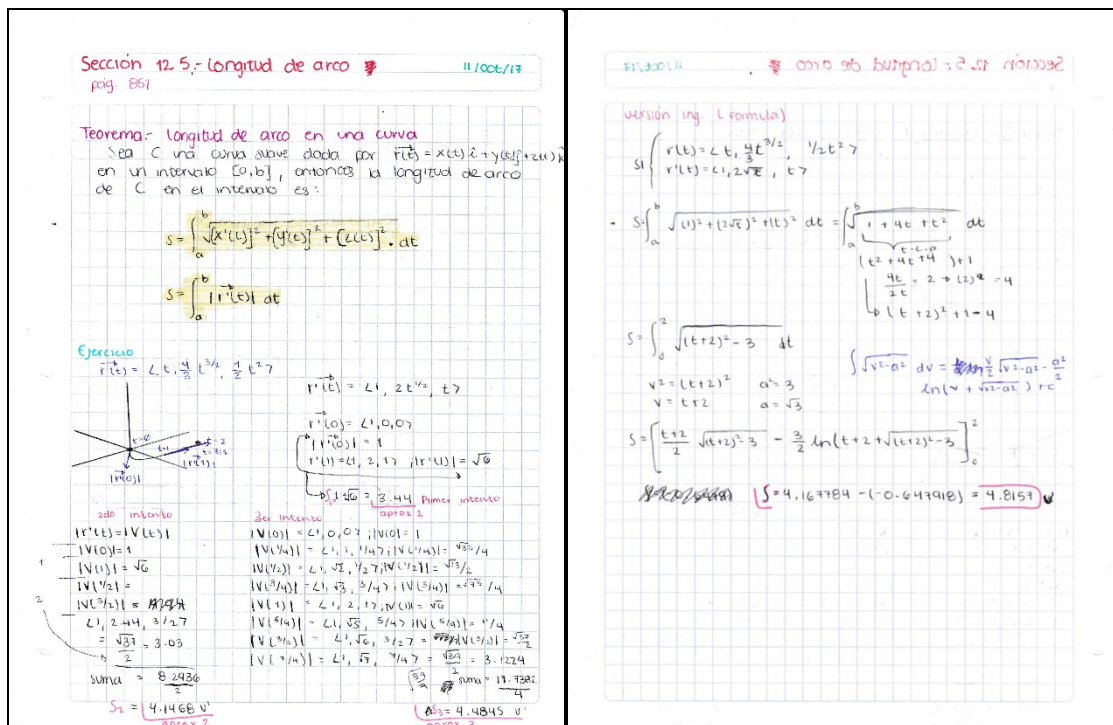


Figura. 2. Copia del ejercicio realizado en clase por un alumno

Segundo caso la suma de magnitudes de los vectores diferencia. Uso de tecnología Este método, por ser iterativo, se presta para utilizar un software de uso general como lo es el Microsoft Excel en el cálculo de aproximaciones para 8, 16 o más subintervalos, e ir observando cómo se aproxima al valor dado por la integral.

Se utilizó la misma curva del ejemplo en clase, $\vec{r}(t) = \hat{i} + 2\sqrt{t}\hat{j} + t\hat{k}$ pero la derivación se llevó a cabo por método numérico y la definición de derivada de una función vectorial $\vec{r}(t)$, donde el vector de posición se aproxima a un vector fijo como el límite de una función

$$\vec{r}'(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)}{\Delta t}$$

Conforme $\Delta t \rightarrow 0$, el vector $\frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)}{\Delta t}$ se aproxima a un vector tangente a la trayectoria de la función vectorial.

En la tabla para el cálculo de la longitud de arco se formaron las siguientes columnas:

La columna 2 para los valores de inicio y término del parámetro t, incremento de t y número de intervalos. Columna 4 para los valores de t en el punto medio del subintervalo. Columnas 5, 6 y 7 para el cálculo de las componentes de $\vec{r}(t)$ mientras que 8,9 y 10 para $\vec{r}(t + \Delta t)$. Columnas 11, 12 y 13 Se aproxima el valor de $\vec{r}'(t)$, columna 14 para $\|\vec{r}'(t)\|$ y las últimas 2 columnas para la suma de magnitudes y la obtención de la aproximación.

CÁLCULO DE LONGITUD DE ARCO DE UNA CURVA PARAMETRIZADA UTILIZANDO MAGNITUDES DE DIFERENCIAS															
0.00001 Dt															
Valor inicial	0		t		r(t)			r(t+Dt)			(r(t+Dt)-r(t))/Dt		Magnitud	Sumas	por factor
Valor final	2	1	0.5	0.5	0.4714	0.125	0.50001	0.4714187	0.125005	1	1.41422063	0.500005	1.80278257	1.80278257	3.60556514
incremento	1	2	1.5	1.5	2.44949	1.125	1.50001	2.4495142	1.125015	1	2.44949383	1.500005	3.04138702	4.84416959	4.84416959

Primera aproximación: 2 subintervalos, factor 1. Aprox1=4.84416959

CÁLCULO DE LONGITUD DE ARCO DE UNA CURVA PARAMETRIZADA UTILIZANDO MAGNITUDES DE DIFERENCIAS															
0.00001 Dt															
Valor inicial	0		t		r(t)			r(t+Dt)			(r(t+Dt)-r(t))/Dt		Magnitud	Sumas	por factor
Valor final	2	1	0.25	0.25	0.16667	0.03125	0.25001	0.1666767	0.0312525	1	1.00001	0.250005	1.4361485	1.4361485	2.87229699
incremento	0.5	2	0.75	0.75	0.86603	0.28125	0.75001	0.8660427	0.2812575	1	1.73205658	0.750005	2.13600737	3.57215587	3.57215587
intervalos	4	3	1.25	1.25	1.86339	0.78125	1.25001	1.8634123	0.7812625	1	2.23607245	1.250005	2.75000591	6.32216178	4.21477452
factor		4	1.75	1.75	3.08671	1.53125	1.75001	3.0867363	1.5312675	1	2.64575509	1.750005	3.32603931	9.64820109	4.82410054

Segunda aproximación: 4 subintervalos, factor 0.5. Aprox2=4.82410054

CÁLCULO DE LONGITUD DE ARCO DE UNA CURVA PARAMETRIZADA UTILIZANDO MAGNITUDES DE DIFERENCIAS															
0.00001 Dt															
Valor inicial	0	t	r(t)				r(t+Dt)			(r(t+Dt)-r(t))/Dt		Magnitud	Sumas	por factor	
Valor final	2	1	0.125	0.125	0.05893	0.00781	0.12501	0.0589326	0.0078138	1	0.70712092	0.125005	1.23111586	1.23111586	2.46223171
incremento	0.25	2	0.375	0.375	0.30619	0.07031	0.37501	0.3061985	0.0703163	1	1.22475304	0.375005	1.62500731	2.85612316	2.85612316
intervalos	8	3	0.625	0.625	0.65881	0.19531	0.62501	0.6588237	0.1953188	1	1.58114515	0.625005	1.97247338	4.82859655	3.21906436
factor		4	0.875	0.875	1.09132	0.38281	0.87501	1.0913354	0.3828213	1	1.87083404	0.875005	2.29470123	7.12329778	3.56164889
		5	1.125	1.125	1.59099	0.63281	1.12501	1.5910115	0.6328238	1	2.12132506	1.125005	2.60108751	9.72438529	3.88975412
		6	1.375	1.375	2.14977	0.94531	1.37501	2.1497973	0.9453263	1	2.34521214	1.375005	2.89666338	12.6210487	4.20701623
		7	1.625	1.625	2.76197	1.32031	1.62501	2.7619944	1.3203288	1	2.54951368	1.625005	3.18444049	15.8054892	4.51585405
		8	1.875	1.875	3.42327	1.75781	1.87501	3.4232934	1.7578313	1	2.73861644	1.875005	3.46636175	19.2718509	4.81796273

Tercera aproximación: 8 subintervalos, factor 0.25. Aprox3=4.81796273

CÁLCULO DE LONGITUD DE ARCO DE UNA CURVA PARAMETRIZADA UTILIZANDO MAGNITUDES DE DIFERENCIAS															
0.00001 Dt															
Valor inicial	0	t	r(t)				r(t+Dt)			(r(t+Dt)-r(t))/Dt		Magnitud	Sumas	por factor	
Valor final	2	1	0.0625	0.0625	0.02083	0.00195	0.06251	0.0208383	0.0019538	1	0.50002	0.062505	1.11978876	1.11978876	2.23957753
incremento	0.125	2	0.1875	0.1875	0.10825	0.01758	0.18751	0.1082618	0.01758	1	0.86603695	0.187505	1.33610558	2.45589435	2.45589435
intervalos	16	3	0.3125	0.3125	0.23292	0.04883	0.31251	0.2329349	0.0488313	1	1.11804293	0.312505	1.53221388	3.98810823	2.65873882
factor		4	0.4375	0.4375	0.38584	0.0957	0.43751	0.385852	0.0957075	1	1.32288321	0.437505	1.71505995	5.70316817	2.85158409
		5	0.5625	0.5625	0.5625	0.1582	0.56251	0.562515	0.1582088	1	1.50000667	0.562505	1.8884999	7.59166807	3.03666723
		6	0.6875	0.6875	0.76006	0.23633	0.68751	0.7600764	0.236335	1	1.65831843	0.687505	2.05491682	9.64658489	3.2155283
		7	0.8125	0.8125	0.9765	0.33008	0.81251	0.9765215	0.3300863	1	1.80278118	0.812505	2.21589358	11.8624785	3.38927956
		8	0.9375	0.9375	1.21031	0.43945	0.93751	1.2103267	0.4394625	1	1.93649684	0.937505	2.3725378	14.2350163	3.55875407
		9	1.0625	1.0625	1.46027	0.56445	1.06251	1.4602872	0.5644638	1	2.06155766	1.062505	2.52565573	16.760672	3.72459378
		10	1.1875	1.1875	1.7254	0.70508	1.18751	1.7254193	0.70509	1	2.17945406	1.187505	2.67585278	19.4365248	3.88730496
		11	1.3125	1.3125	2.00488	0.86133	1.31251	2.0048998	0.8613413	1	2.29129221	1.312505	2.82359512	22.2601199	4.04729453
		12	1.4375	1.4375	2.298	1.0332	1.43751	2.2980266	1.0332175	1	2.39791993	1.437505	2.96924917	25.2293691	4.20489485
		13	1.5625	1.5625	2.60417	1.2207	1.56251	2.6041917	1.2207188	1	2.500004	1.562505	3.11310807	28.3424772	4.3603811
		14	1.6875	1.6875	2.92284	1.42383	1.68751	2.9228617	1.423845	1	2.59808006	1.687505	3.25540982	31.597887	4.51398385
		15	1.8125	1.8125	3.25354	1.64258	1.81251	3.253564	1.6425963	1	2.69258612	1.812505	3.39635016	34.9942371	4.66589828
		16	1.9375	1.9375	3.59585	1.87695	1.93751	3.5958757	1.8769725	1	2.78388577	1.937505	3.53609186	38.530329	4.81629112

Cuarta aproximación: 16 subintervalos, factor 0.125. Aprox4=4.81629112

CÁLCULO DE LONGITUD DE ARCO DE UNA CURVA PARAMETRIZADA UTILIZANDO MAGNITUDES DE DIFERENCIAS																
0.00001 Dt																
Valor inicial	0	t			r(t)			r(t+Dt)			(r(t+Dt)-r(t))/Dt			Magnitud	Sumas	por factor
		0.025	0.025	0.00527	0.00031	0.02501	0.0052736	0.0003128	1	0.31625939	0.025005	1.04911641	1.04911641	2.09823283		
Valor final	2	0.075	0.075	0.02739	0.00281	0.07501	0.0273916	0.0028133	1	0.54774081	0.075005	1.14264857	2.19176498	2.19176498		
Incremento	0.05	0.125	0.125	0.05893	0.00781	0.12501	0.0589326	0.0078138	1	0.70712092	0.125005	1.23111586	3.42288084	2.28192056		
Intervalos	40	0.175	0.175	0.09761	0.01531	0.17501	0.0976187	0.0153143	1	0.83667198	0.175005	1.31554048	4.73842132	2.36921066		
Factor		0.225	0.225	0.1423	0.02531	0.22501	0.142312	0.0253148	1	0.94869384	0.225005	1.39665574	6.13507705	2.45403082		
		0.275	0.275	0.19228	0.03781	0.27501	0.1922921	0.0378153	1	1.04881838	0.275005	1.47500771	7.61008477	2.53669492		
		0.325	0.325	0.24704	0.05281	0.32501	0.2470494	0.0528158	1	1.1401842	0.325005	1.55101523	9.1611	2.61745714		
		0.375	0.375	0.30619	0.07031	0.37501	0.3061985	0.0703163	1	1.22475304	0.375005	1.62500731	10.7861073	2.69652683		
		0.425	0.425	0.36942	0.09031	0.42501	0.3694345	0.0903168	1	1.30384815	0.425005	1.69724755	12.4833549	2.77407886		
		0.475	0.475	0.43649	0.11281	0.47501	0.4365087	0.1128173	1	1.37841213	0.475005	1.76795072	14.2513056	2.85026112		
		0.525	0.525	0.5072	0.13781	0.52501	0.5072127	0.1378178	1	1.44914458	0.525005	1.83729427	16.0885999	2.92519997		
		0.575	0.575	0.58135	0.16531	0.57501	0.5813689	0.1653183	1	1.51658168	0.575005	1.90542666	17.9940265	2.99900442		
		0.625	0.625	0.65881	0.19531	0.62501	0.6588237	0.1953188	1	1.58114515	0.625005	1.97247338	19.9649999	3.07176921		
		0.675	0.675	0.73943	0.22781	0.67501	0.7394419	0.2278193	1	1.64317376	0.675005	2.03854157	22.0050415	3.14357735		
		0.725	0.725	0.82309	0.26281	0.72501	0.823104	0.2628198	1	1.70294451	0.725005	2.10372343	24.1087649	3.21450199		
		0.775	0.775	0.90969	0.30031	0.77501	0.9097031	0.3003203	1	1.76068737	0.775005	2.16809888	26.2768638	3.28460797		
		0.825	0.825	0.99912	0.34031	0.82501	0.9991428	0.3403208	1	1.81659572	0.825005	2.23173772	28.5086015	3.35395312		
		0.875	0.875	1.09132	0.38281	0.87501	1.0913354	0.3828213	1	1.87083404	0.875005	2.29470123	30.8033027	3.42258919		
		0.925	0.925	1.18618	0.42781	0.92501	1.1862013	0.4278218	1	1.9235436	0.925005	2.35704354	33.1603463	3.49056276		
		0.975	0.975	1.28365	0.47531	0.97501	1.2836669	0.4753223	1	1.97484683	0.975005	2.41881267	35.5791589	3.55791589		
		1.025	1.025	1.38364	0.52531	1.02501	1.3836648	0.5253228	1	2.02485061	1.025005	2.48005146	38.0592104	3.6246867		
		1.075	1.075	1.48611	0.57781	1.07501	1.4861324	0.5778233	1	2.07364896	1.075005	2.54079825	40.6000087	3.69090988		
		1.125	1.125	1.59099	0.63281	1.12501	1.5910115	0.6328238	1	2.12132506	1.125005	2.60108751	43.2010962	3.75661706		
		1.175	1.175	1.69823	0.69031	1.17501	1.6982479	0.6903243	1	2.16795295	1.175005	2.66095035	45.8620465	3.82183721		
		1.225	1.225	1.80777	0.75031	1.22501	1.8077909	0.7503248	1	2.21359888	1.225005	2.7204149	48.5824614	3.88659691		
		1.275	1.275	1.91957	0.81281	1.27501	1.9195928	0.8128253	1	2.25832239	1.275005	2.77950675	51.3619682	3.95092063		
		1.325	1.325	2.03359	0.87781	1.32501	2.0336091	0.8778258	1	2.30217723	1.325005	2.83824915	54.2002173	4.01483091		
		1.375	1.375	2.14977	0.94531	1.37501	2.1497973	0.9453263	1	2.34521214	1.375005	2.89666338	57.0968807	4.07834862		
		1.425	1.425	2.26809	1.01531	1.42501	2.2681178	1.0153268	1	2.38747147	1.425005	2.9547689	60.0516496	4.14149308		
		1.475	1.475	2.38851	1.08781	1.47501	2.3885327	1.0878273	1	2.42899568	1.475005	3.01258357	63.0642332	4.20428221		
		1.525	1.525	2.51098	1.16281	1.52501	2.5110061	1.1628278	1	2.46982186	1.525005	3.07012382	66.134357	4.26673271		
		1.575	1.575	2.63548	1.24031	1.57501	2.6355042	1.2403283	1	2.50998406	1.575005	3.12740479	69.2617618	4.32886011		
		1.625	1.625	2.76197	1.32031	1.62501	2.7619944	1.3203288	1	2.54951368	1.625005	3.18444049	72.4462023	4.39067893		
		1.675	1.675	2.89042	1.40281	1.67501	2.8904459	1.4028293	1	2.58843968	1.675005	3.24124386	75.6874461	4.45220271		
		1.725	1.725	3.0208	1.48781	1.72501	3.0208291	1.4878298	1	2.62678891	1.725005	3.2978269	78.985273	4.51344417		
		1.775	1.775	3.15309	1.57531	1.77501	3.153116	1.5753303	1	2.66458627	1.775005	3.35420076	82.3394738	4.57441521		
		1.825	1.825	3.28725	1.66531	1.82501	3.2872793	1.6653308	1	2.70185492	1.825005	3.41037582	85.7498496	4.63512701		
		1.875	1.875	3.42327	1.75781	1.87501	3.4232934	1.7578313	1	2.73861644	1.875005	3.46636175	89.2162114	4.69559007		
		1.925	1.925	3.56111	1.85281	1.92501	3.5611332	1.8528318	1	2.77489099	1.925005	3.52216755	92.7383789	4.75581843		
		1.975	1.975	3.70075	1.95031	1.97501	3.700775	1.9503323	1	2.81069742	1.975005	3.57780166	96.3161806	4.81580903		

Quinta aproximación: 40 subintervalos, factor 0.05. Aprox5= 4.81580903

En otro ejemplo, usamos una curva en el plano con ecuación:

$$\vec{r}(t) = t\hat{i} + t^{\frac{9}{4}}\hat{j} + 0\hat{k} \text{ para } 0 \leq t \leq 2, \text{ con } \vec{r}'(t) = \hat{i} + \frac{3\sqrt{t}}{2}\hat{j} + 0\hat{k} \text{ y}$$

$$\|\vec{r}'(t)\| = \sqrt{1 + \frac{9}{4}t}. \text{ Su longitud de arco } s = \int_0^2 \sqrt{1 + \frac{9}{4}t} dt = 3.527 \dots$$

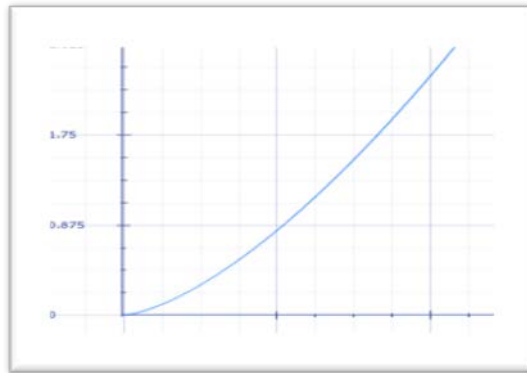
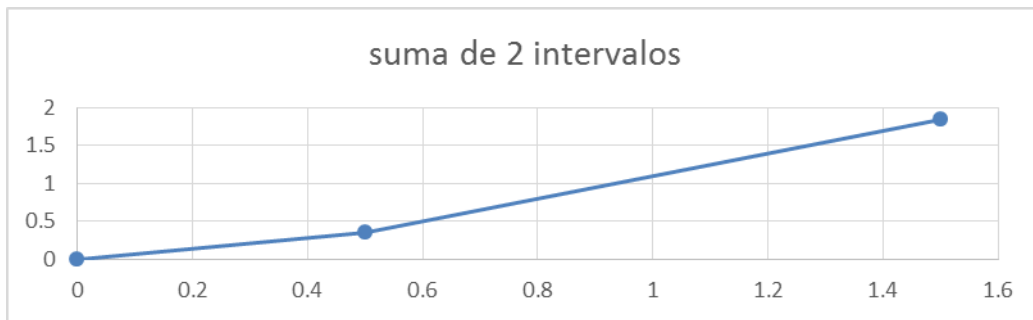


Figura 3. Gráfica de la curva $\vec{r}'(t) = ti + t^{3/2}j + 0k$

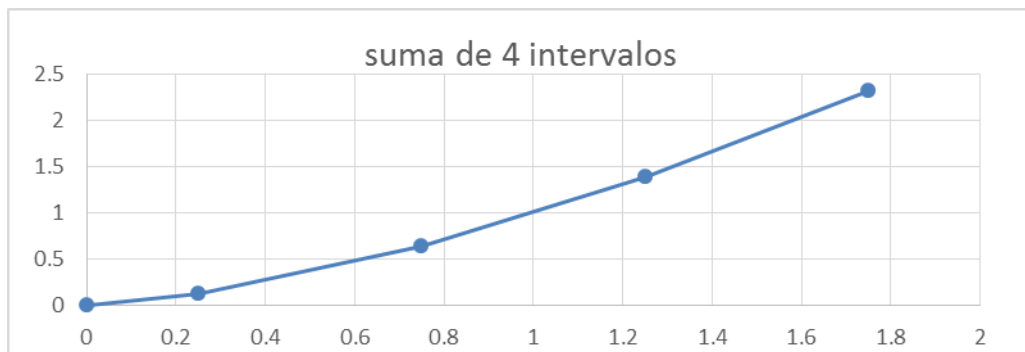
Primera aproximación

CÁLCULO DE LONGITUD DE ARCO DE UNA CURVA PARAMETRIZADA UTILIZANDO MAGNITUDES DE DIFERENCIAS															
0.00001 Dt															
Valor inicial	0	t		$r(t)=ti+t^{3/2}j$		$r(t+Dt)$		$(r(t+Dt)-r(t))/Dt$		Magnitud	Sumas	por factor			
Valor final	2	0	0	0	0	0.00001	3.162E-08	0	1	0.00316228	0	1.000005	1.000005	0	
Incremento	1	1	0.5	0.5	0.33335	0	0.50001	0.333364	0	1	1.06066348	0	1.45774183	1.45774183	2.91548366
Intervalos	2	2	1.5	1.5	1.83702	0	1.90001	1.8371337	0	1	1.83713087	0	2.09169276	3.54999439	3.54999439



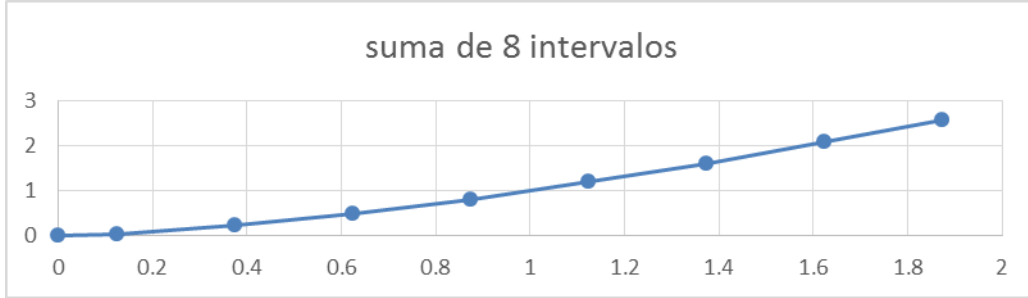
Segunda aproximación

CÁLCULO DE LONGITUD DE ARCO DE UNA CURVA PARAMETRIZADA UTILIZANDO MAGNITUDES DE DIFERENCIAS															
0.00001 Dt															
Valor inicial	0	t		$r(t)=ti+t^{3/2}j$		$r(t+Dt)$		$(r(t+Dt)-r(t))/Dt$		Magnitud	Sumas	por factor			
Valor final	2	0	0	0	0	0.00001	3.162E-08	0	1	0.00316228	0	1.000005	1.000005	0	
Incremento	0.5	1	0.25	0.25	0.125	0	0.25001	0.1250075	0	1	0.7500075	0	1.2500045	1.2500045	2.500009
Intervalos	4	2	0.75	0.75	0.64952	0	0.75001	0.649532	0	1	1.29904244	0	1.63936306	2.88936756	2.88936756
		3	1.25	1.25	1.39754	0	1.25001	1.3975593	0	1	1.67705434	0	1.9525653	4.84193286	3.22795524
		4	1.75	1.75	2.31503	0	1.75001	2.3150522	0	1	1.98431632	0	2.22205114	7.063984	3.531992

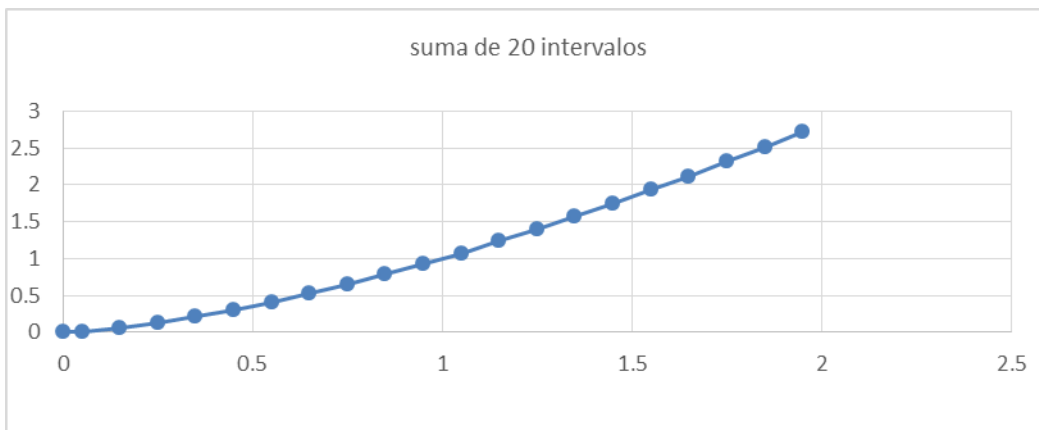


Tercera aproximación

CÁLCULO DE LONGITUD DE ARCO DE UNA CURVA PARAMETRIZADA UTILIZANDO MAGNITUDES DE DIFERENCIAS																		
0.00001	Dt																	
Valor inicial	0	t				r(t)=ti+t^(3/2)				r(t+Dt)				(r(t+Dt)-r(t))/Dt		Magnitud	Sumas	por factor
Valor final	2	0	0	0	0	0.00001	3.162E-08	0	1	0.00316228	0	1.000005	1.000005	0				
incremento	0.25	1	0.125	0.125	0.04419	0	0.12501	0.0441995	0	1	0.53034069	0	1.13192811	1.13192811	2.26385622			
intervalos	8	2	0.375	0.375	0.22964	0	0.37501	0.2296488	0	1	0.91856478	0	1.3578517	2.48977982	2.48977982			
		3	0.625	0.625	0.49411	0	0.62501	0.4941177	0	1	1.18585887	0	1.55121283	4.04099265	2.6939951			
		4	0.875	0.875	0.81849	0	0.87501	0.8185016	0	1	1.40312553	0	1.72300936	5.76400201	2.882001			
		5	1.125	1.125	1.19324	0	1.12501	1.1932586	0	1	1.59099379	0	1.87916504	7.64316705	3.05726682			
		6	1.375	1.375	1.61233	0	1.37501	1.612348	0	1	1.75890911	0	2.02330454	9.66647158	3.22215719			
		7	1.625	1.625	2.07148	0	1.62501	2.0714958	0	1	1.91213526	0	2.15783717	11.8243088	3.37837393			
		8	1.875	1.875	2.56745	0	1.87501	2.56747	0	1	2.05396233	0	2.28446082	14.1087696	3.52719239			



CÁLCULO DE LONGITUD DE ARCO DE UNA CURVA PARAMETRIZADA UTILIZANDO MAGNITUDES DE DIFERENCIAS																		
0.00001	Dt																	
Valor inicial	0	t				r(t)=ti+t^(3/2)				r(t+Dt)				(r(t+Dt)-r(t))/Dt		Magnitud	Sumas	por factor
Valor final	2	0	0	0	0	0.00001	3.162E-08	0	1	0.00316228	0	1.000005	1.000005	0				
incremento	0.1	1	0.05	0.05	0.01118	0	0.05001	0.0111837	0	1	0.33542697	0	1.05475649	1.05475649	2.10951298			
intervalos	20	2	0.15	0.15	0.05809	0	0.15001	0.0581006	0	1	0.58095718	0	1.15650821	2.2112647	2.2112647			
		3	0.25	0.25	0.125	0	0.25001	0.1250075	0	1	0.7500075	0	1.2500045	3.4612692	2.3075128			
		4	0.35	0.35	0.20706	0	0.35001	0.2070717	0	1	0.88741831	0	1.3369784	4.79824761	2.3991238			
		5	0.45	0.45	0.30187	0	0.45001	0.3018792	0	1	1.00623618	0	1.41863006	6.21687767	2.48675107			
		6	0.55	0.55	0.40789	0	0.55001	0.407902	0	1	1.11243483	0	1.49583129	7.71270896	2.57090299			
		7	0.65	0.65	0.52405	0	0.65001	0.5240588	0	1	1.20934331	0	1.56923907	9.28194802	2.65198515			
		8	0.75	0.75	0.64952	0	0.75001	0.649532	0	1	1.29904244	0	1.63936306	10.9213111	2.73032777			
		9	0.85	0.85	0.78366	0	0.85001	0.7836751	0	1	1.38293574	0	1.70660811	12.6279192	2.80620427			
		10	0.95	0.95	0.92595	0	0.95001	0.9259601	0	1	1.462023	0	1.77130213	14.3992213	2.87984427			
		11	1.05	1.05	1.07593	0	1.05001	1.0759452	0	1	1.53704627	0	1.83371515	16.2329365	2.951443			
		12	1.15	1.15	1.23324	0	1.15001	1.2332537	0	1	1.60857429	0	1.89407266	18.1270091	3.02116819			
		13	1.25	1.25	1.39754	0	1.25001	1.3975593	0	1	1.67705434	0	1.9525653	20.0795744	3.0891653			
		14	1.35	1.35	1.56856	0	1.35001	1.5685757	0	1	1.74284573	0	2.00935593	22.0889304	3.15556148			
		15	1.45	1.45	1.74603	0	1.45001	1.7460493	0	1	1.8062423	0	2.06458501	24.1535154	3.22046872			
		16	1.55	1.55	1.92973	0	1.55001	1.9297531	0	1	1.86748795	0	2.11837467	26.2718901	3.28398626			
		17	1.65	1.65	2.11946	0	1.65001	2.1194826	0	1	1.92678781	0	2.17083193	28.442722	3.34620259			
		18	1.75	1.75	2.31503	0	1.75001	2.3150522	0	1	1.98431632	0	2.22205114	30.6647731	3.40719701			
		19	1.85	1.85	2.51627	0	1.85001	2.5162924	0	1	2.04022333	0	2.27211603	32.9368891	3.46704096			
		20	1.95	1.95	2.72303	0	1.95001	2.7230478	0	1	2.09463869	0	2.3211013	35.2579904	3.52579904			



CONCLUSIONES

Mencionar que el enfoque de los libros de texto, sigue estando en una forma rigurosa y teórica más abstracta y deductiva, cuando nuestro enfoque es concreto y numérico-gráfico (Cordero 2003). Estos textos no estimulan el uso de los recursos tecnológicos en la experimentación y exploración de problemas y conceptos matemáticos.

Específicamente, diferentes investigaciones muestran que los estudiantes tienen dificultades con la conceptualización de los procesos de integración y que éstas se refieren al desequilibrio existente entre lo conceptual y lo algorítmico. De ahí que coincidamos con quienes afirman que, bajo el influjo del discurso matemático escolar, la enseñanza del cálculo integral privilegia el tratamiento algorítmico a través de las llamadas técnicas de integración en detrimento propiamente de la comprensión de las nociones básicas como se señala en Cordero (2003).

Para llevar adelante este punto de vista, habrá que desarrollar actividades didácticas que conlleve nociones intuitivas relacionadas con el proceso de aprehensión de lo conceptual, aunque esto último nos lleve a trabajar de una manera menos formal, pero más intuitiva.

REFERENCIAS

- Litwin, E. (2005). La tecnología educativa en el debate didáctico contemporáneo, Tecnologías educativas en tiempos de Internet. Amorrortu editores. Buenos Aires, Argentina.
- Larson, R.; Edwards, B. (2014). Cálculo II, Décima edición, CENGAGE Learning, México, D.F., México. Páginas 851 y 852.
- Terrazas, S. Flores, S. Mederos, B. Mederos, O. (2011). Graficando funciones vectoriales usando mathematica. CULCyT, Año 8, No 45.
- Cordero, F. (2003). Reconstrucción de significados del Cálculo Integral: La noción de acumulación como una argumentación. México: Grupo Editorial Iberoamérica.

CITAS

- (1) **M.^a** Guadalupe Cabañas Sánchez, Ricardo Cantoral Uriza, La integral definida: un enfoque socioepistemológico, Matemática Educativa Algunos Aspectos de la Socioepistemología y la Visualización en el Aula, página 12. Ediciones Díaz de Santos México
- (2) Litwin, E. La tecnología educativa en el debate didáctico contemporáneo, Tecnologías educativas en tiempos de Internet. Amorrortu editores. Buenos Aires, Argentina. (2005).

Cámara climática portable para el transporte de órganos humanos y animales

Ivan Faudoa, Rafael Gonzalez, Ernesto Sifuentes, Jose Díaz, Armando Gandara, David Garcia, Abel Quezada y Juan Cota

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Resumen. Este trabajo presenta un prototipo de cámara climática cuyo objetivo es la preservación del tiempo de vida de los órganos durante su transporte de un lugar a otro. Esta cámara consiste en un contenedor de aluminio cubierto primero con polietileno expandido y después con poliuretano. Esto se realizó con el propósito de conservar la temperatura dentro de la cámara y la disminución del consumo de energía. El decrecimiento de la temperatura fue logrado utilizando celdas termoeléctricas controladas por un nuevo algoritmo digital propuesto para controlar la temperatura a un setpoint de 4 °C, ideal para la preservación del estado de los órganos. El monitoreo de la corriente fue desarrollado para determinar el consumo de energía de la cámara para la integración de un batería al sistema y realizar un sistema portátil. Durante el desarrollo de las pruebas realizadas, estas indican que el sistema propuesto es robusto a perturbaciones externas manteniendo el rango de error en ± 0.06 °C alrededor del setpoint indicado y el consumo promedio de corriente fue de 4.5 Amperes, alcanzable para el uso de baterías recargables-

Palabras clave: Control Digital, Sensores Inteligentes, Celdas Termoeléctricas.

I. INTRODUCCIÓN

Los trasplantes de órganos son en esencia un acto terapéutico complejo que habitualmente realiza un cirujano, este comienza siempre con la donación del órgano u órganos e interaccionan numerosos factores psico-sociales, médicos, éticos y legales, y que los cirujanos deben conocer tanto como aquellos profesionales que se encuentran involucrados en todo el proceso de donación-trasplante. Para poner a disposición un órgano para trasplante, se precisa de una gran infraestructura material, capacidad logística importante y recursos humanos multidisciplinarios perfectamente entrenados [1-2].

Actualmente, se trasplantan órganos y tejidos. Los órganos son estructuras organizadas del organismo humano que desempeñan una, o más funciones vitales específicas, mientras que los tejidos son un conjunto de células que contribuyen a una función específica. Dentro de los trasplantes más comunes está el riñón, corazón, hígado, pulmón, corazón-pulmón, páncreas, riñón-páncreas y córnea [3].

El número de trasplantes en el mundo se incrementó en un 13.5% (2010-2014), con un crecimiento promedio anual del 2.7%, según datos de la Comisión de Trasplantes del Consejo de Europa en 112 países, incluido México. En el mismo periodo para nuestro país México, el crecimiento fue de 21.4%, con un crecimiento anual promedio de 4.3%; mientras que las personas en lista de espera para recibir un trasplante de un órgano o tejido creció en un 35.6%. Actualmente, son un poco más de 20 mil pacientes en espera, de los cuales 61% espera por un trasplante de riñón y 36.4% por uno de córnea [4].

A pesar de que ha ido en aumento el porcentaje de trasplantes, existe una gran cantidad de personas que mueren esperando un trasplante de órgano. Las principales causas son: no existen donadores compatibles o el traslado afecta a los órganos. Durante más de 40 años el reto ha sido mantener la calidad y viabilidad de un órgano para el trasplante extraído durante la fase de isquemia (sin circulación sanguínea). El tiempo en que un órgano puede permanecer sin circulación sanguínea depende del tipo de órgano, por ejemplo, el corazón puede durar hasta 4 horas, el hígado de 17 a 20 horas y entre 36 y 48 horas el riñón [5].

Para preservar los órganos se asocia la hipotermia a 4°C y el uso de soluciones con las que se lavan los órganos, así como con las que se perfunden para que su enfriamiento sea alcanzado de la forma más rápida y homogénea posible. Estas soluciones cumplen dos principios: el de hiperosmolaridad y el de riqueza de potasio [5-7]. Por ejemplo, cuando el riñón se extrae de un cuerpo, se debe colocar en un medio propio para su conservación, y si se requiere, transportarlo a un lugar remoto. Actualmente, los métodos de transporte de riñones humanos van desde utilizar una hielera, como se hace comúnmente nuestro país (México), hasta utilizar cámaras portátiles sofisticadas, como se hace en España. Dichas cámaras, proporcionan un ambiente controlado y mantienen el riñón profundido con un líquido, logrando con ello que la vida útil del órgano,

después de su extracción, se incrementa, la desventaja es que las cámaras actuales son caras.

Existen sistemas sencillos para poder preservar la temperatura y la calidad de vida de los órganos al ser transportados. Dentro de los sistemas de transportes se encuentran los sistemas de perfusión, tal es el caso de la patente 3,935,066 desarrollada en los estados unidos. En esta patente se considera a un aparato y un proceso para conservar órganos vivos utilizando un medio de perfusión en frío, enriquecido con un gas respiratorio en un receptáculo térmico aislado. Existe un Sistema de bombeo cuya bomba de perfusión se mueve utilizando el CO₂ producido por el hielo seco. También se utiliza un gas respiratorio que se introduce al órgano por medio de una membrana permeable que mantiene la presión de este gas en un nivel aceptable. Este Sistema no utiliza corriente eléctrica. En otra de las patentes de los estados unidos, la 5,051,352, presenta una cámara que perfunde, oxigena, recircula, aplica nutrientes y enfría a los órganos a temperaturas entre 5°C y 37°C. Se sugiere que la operación ideal de esta cámara es entre 15°C y 27°C. Por otro lado, la patente de los estados unidos 5,285,657 presenta un contenedor para almacenar y transportar órganos; la unidad refrigerante contiene un generador criogénico que absorbe el calor por efecto peltier y un intercambiador de calor. También consta de un ventilador tipo turbina el cual hace que la atmosfera interna se recircule por el intercambiador de calor para fijar y mantener la temperatura interna. El rango de temperatura de control va desde los -20°C hasta los +50°C y funciona con baterías de Pb o Ni-Cd. También el órgano se alimenta con nutrientes utilizando fluidos de perfusión. En la patente 5,385,821 se tiene un método para preservar órganos y tejidos por un largo periodo de tiempo después de ser extraídos del cuerpo humano. El invento es capaz de perfundir el órgano, recircular el líquido de perfusión y oxigenarlo por un periodo de hasta 24 horas en condiciones de hipotermia sin necesidad de corriente eléctrica.

En este trabajo se discute una propuesta para mejorar el transporte de órganos, proponiendo la realización de un contenedor isotérmico, que preserve las condiciones óptimas para el órgano por más tiempo manteniendo una temperatura estable en el interior del contenedor. Este contenedor de aluminio está en contacto con 3 celdas termoeléctricas (controladas por modulación de ancho de pulso) y proveen el descenso de temperatura en el interior del contenedor. Se cuentan con sensores inteligentes para estar monitoreando la temperatura dentro del contenedor. Para mantener la temperatura deseada a 4 °C se propone un control digital PID.

La estructura de este artículo de investigación queda de la siguiente manera: En la Sección II se presenta una descripción detallada del sistema. En la Sección III se describe el algoritmo de control digital propuesto. Sección IV se analizan y discuten los resultados obtenidos y finalmente se presentan las conclusiones en la Sección V.

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

2.1. Etapa física.

El prototipo de la cámara climática partió de un refrigerador estilo mini bar comercial como el mostrado en la Fig. 1.



Figura 1. Mini bar comercial utilizado para el prototipo de la cámara climática.

Originalmente, el mini bar estaba constituido por un contenedor de aluminio y una celda de tipo peltier TEC1-12704 pegada en la pared trasera del mismo contenedor. A la vez que el contenedor estaba cubierto de unicel con el propósito de conservar la temperatura interna del contenedor. Este sistema según especificaciones y pruebas realizadas presenta un descenso de temperatura alrededor de 7°C por abajo de la temperatura ambiente, lo cual lo imposibilita para ser usado en nuestro sistema. Para tener una mejor respuesta en temperatura se establecieron tres celdas peltier tipo TEC1-12706 a los costados de la cámara de aluminio a la vez que se incrementó el tamaño de las celdas peltier y con ello su capacidad de enfriamiento.

En condiciones óptimas las celdas peltier permiten obtener una diferencia de temperatura entre sus dos caras de hasta 40°C en cualquier sentido (según el flujo de la corriente) [8-10]. Debido a esta gran diferencia de temperatura entre ambas caras se decidió agregar una extensión de aluminio a la cara fría de la celda peltier, esto con el fin de hacer más eficiente la transferencia de temperatura entre las celdas peltier y el contenedor de aluminio como se muestra en la Fig. 2.

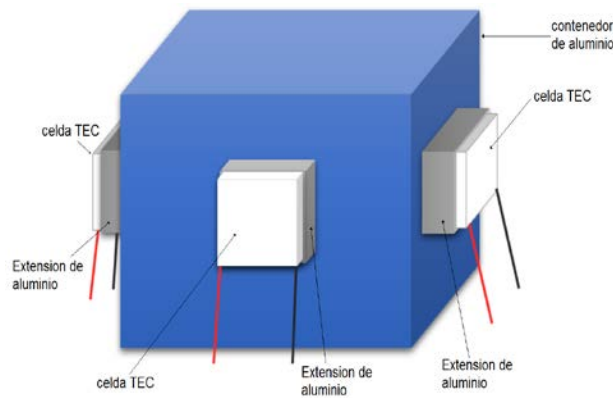


Figura 2. Integración de las celdas peltier en la cámara de aluminio.

Posteriormente, se agregaron disipadores de calor en las caras calientes de las celdas peltier como lo muestra la Fig. 3.

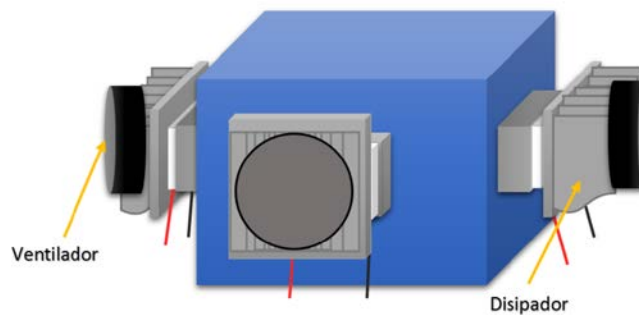


Figura 3. Integración de disipadores de calor sobre las celdas peltier.

El siguiente paso consistió en cubrir el contenedor de aluminio con poliuretano inyectado que es el aislante más utilizado por su eficiencia térmica y facilidad aplicación. Finalmente, con el objetivo de poder monitorear la temperatura en el interior de la cámara de aluminio, se colocó en el interior del contenedor un sensor inteligente de temperatura DS18B20 [11-12].

2.2 Etapa eléctrica

En la Fig. 4 se muestra el circuito propuesto para la cámara climática.

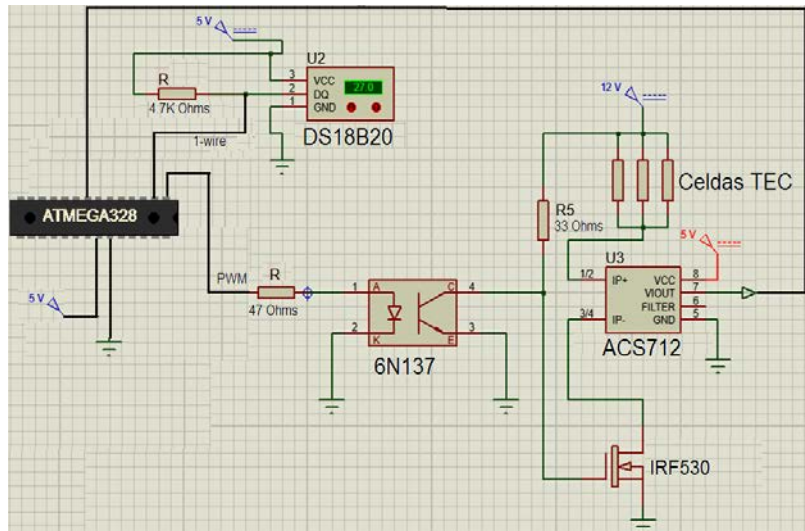


Figura 4. Esquema eléctrico propuesto para el funcionamiento de la cámara climática.

Como se puede observar en la Fig. 4 se tiene un optoaislador (6N137) el cual aísla la etapa de potencia de la etapa digital. Como suministro de potencia para las celdas Peltier se utiliza una fuente conmutada de computadora modelo: HP-P2507F3CP de la marca DELL, la cual puede suministrar una corriente de 14 Amperes a 12 volts de corriente directa.

Para la regulación de potencia hacia las celdas peltier se está utilizando la técnica de modulación de ancho de pulso PWM (Pulse Width Modulation, por sus siglas en inglés) a una frecuencia de 15KHz y como actuador un MOSFET IRF530. Como controlador del sistema se tiene el microcontrolador ATMEGA328 de ATMEL. Para el monitoreo de la temperatura, como se mencionó anteriormente, se tiene el sensor DS18B20 el cual presenta una resolución de 0.0625°C , un rango que va desde los -55°C hasta los 125°C , salida digital bidireccional 1-wire con opción a ser integrado en red. Finalmente, para el muestreo de la corriente consumida por las celdas peltier se hace uso del sensor ACS712 de la marca ALLEGRO. Dentro de las características principales del sensor de corriente están las siguientes: rango de medición de 20 A en ambos sentidos de la corriente, su sensibilidad se encuentra en 100 mV/A , la salida de tensión es analógica (cuyo valor máximo es de 5 V) y una pendiente positiva de $V_{cc}/2$. La señal analógica del sensor va conectado directamente al convertidor análogo-digital (ADC) del microcontrolador el cual tiene una resolución de 10 bits y un rango de 0 a 5 V.

Para obtener una estimación de la corriente más cercana al valor verdadero se utilizó el promediador *RMS* (Root Mean Square, por sus siglas en inglés). En base a este método se tomaron 100 medidas y de esta manera se obtuvo un nuevo valor de medición el cual fue considerado dentro de las mediciones como el valor verdadero de la corriente sensada.

III. ALGORITMO DE CONTROL

Un controlador analógico, como lo muestra la Fig. 5, es un mecanismo de control de lazo cerrado con realimentación negativa ampliamente usado en sistemas de control industrial. Este controlador usa la desviación o error $e(t) = s(t) - f(t)$ entre un valor medido $f(t)$ y un valor deseado $s(t)$ para generar una salida de control $u(t)$.

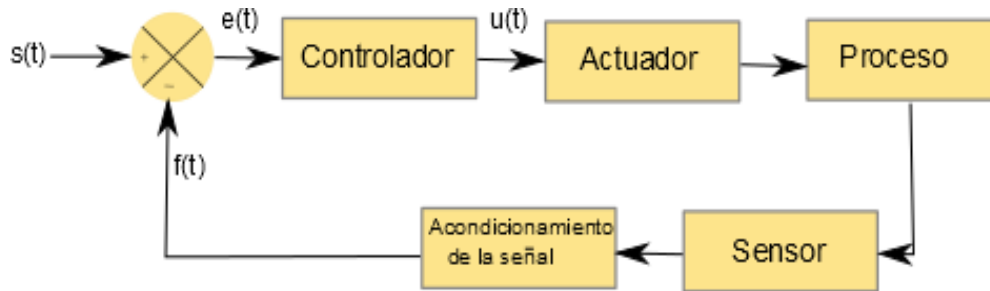


Figura 5. Sistema clásico de control de lazo cerrado.

El objetivo de la señal de control $u(t)$, la cual afecta al proceso, es modificar la señal de retroalimentación $f(t)$ de tal manera que $e(t)$ tienda a ser cero. El método clásico de control es el proporcional integral derivativo (PID) como lo muestra la ecuación (1) esta consiste de la suma de tres parámetros distintos

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\Omega) d\Omega + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

la parte proporcional depende del error actual, la parte integral depende de los errores pasados y tiende a eliminar el error en estado estable para una entrada escalón y la parte derivativa es una predicción de los errores futuros y responde proporcionalmente a la razón de cambio del error.

Las constantes del controlador K_p , K_i y K_d respectivamente se obtienen mediante técnicas de sintonización como las de Ziegler y Nichols [13-15]. En resumen, la salida de control $u(t)$ se compone de la suma de tres acciones correctivas $y_p(t) + y_i(t) + y_d(t)$ respectivamente.

Transformando del dominio del tiempo al dominio de Laplace la ecuación (1) se obtiene lo siguiente

$$u(s) = K_p e(s) + K_i \frac{e(s)}{s} + k_d s e(s) \quad (2)$$

y como bien lo detalla y analiza en su trabajo de investigación [16] para transformar la ecuación (2) al dominio discreto se tiene lo siguiente. Asumiendo un periodo de muestreo T_s constante se establece que la relación entre la entrada $e(t)$ y salida $y_d(t)$ para un diferenciador en el dominio

discreto puede ser representada de la siguiente manera:

$$y_d(t) = k_d \frac{de(t)}{dt} \rightarrow y_d(m) = k_d \frac{e(m) - e(m-1)}{T_s} \quad (3)$$

donde m representa la muestra actual y $m-1$ la muestra pasada. Llevando la ecuación (3) al dominio Z tenemos que la salida debido a la acción derivativa queda de la siguiente forma:

$$Y_d(z) = \frac{(1 - z^{-1})}{T_s} E(z) k_d \quad (4)$$

Para la acción integrativa, se puede aproximar la integración del error en dominio discreto como el área bajo la curva entre dos muestras consecutivas como lo muestra la Fig. 6.

Partiendo de la relación entre la entrada y la salida del integrador en el dominio del tiempo se obtiene que:

$$y_I(t) = k_i \int_0^t e(\Omega) d\Omega + y_I(0) \quad (5)$$

y dado que la acción integral tiende a eliminar la suma de los errores pasados (asumido en la ecuación como $y_i(0) \neq 0$). En el dominio discreto y usando la aproximación trapezoidal, la

ecuación (5) se puede reescribir como:

$$y(m) = k_i \left[\frac{e(m) + e(m-1)}{2} \right] T_s + y(m-1) \quad (6)$$

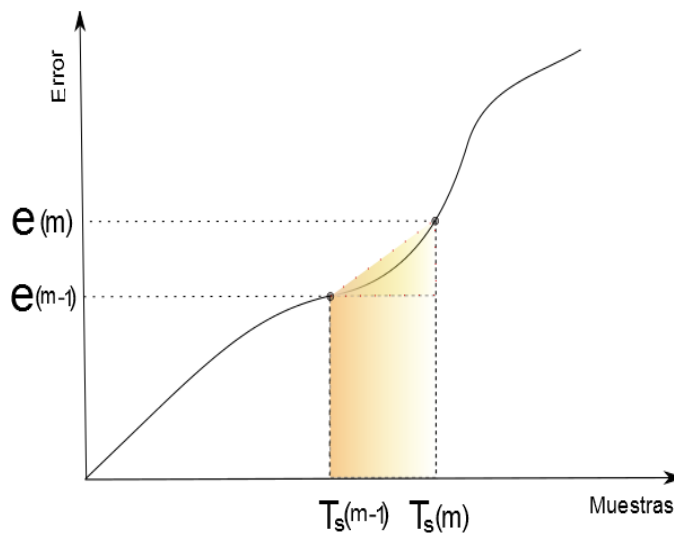


Figura 6. Área bajo la curva utilizando la integración trapezoidal.

Transformando al dominio Z, la ecuación (6) se puede describir como:

$$Y_i(z) = \frac{k_i T_s}{2} E(z) [1 + z^{-1}] + Y_i(z) z^{-1} \quad (7)$$

Como se ha descrito con anterioridad la salida del controlador $U(z)$ se debe a la suma de tres acciones $Y_p(z) + Y_i(z) + Y_d(z)$, donde la función de transferencia de cada etapa puede

visualizarse gráficamente en la Fig. 7.

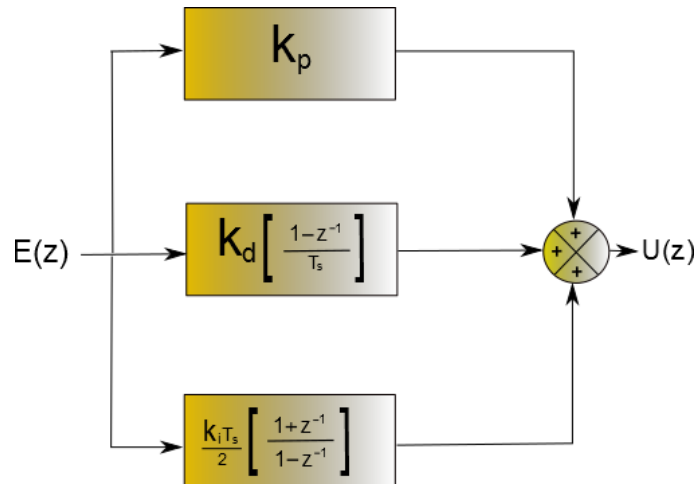


Figura 7. Función de transferencia de un controlador PID en el dominio de la transformada Z.

Después de algunas manipulaciones algebraicas la salida del controlador $U(z)$ en función de $E(z)$ queda como se describe en la ecuación (8).

$$U(z)[1 - z^{-1}] = \frac{\lambda E(z) + \beta E(z)z^{-1} + \alpha E(z)z^{-2}}{\mu} \quad (8)$$

Donde:

$$\lambda = 2k_p T_s + k_i T_s^2 + 2k_d$$

$$\beta = -2k_p T_s + k_i T_s^2 - 4k_d$$

$$\alpha = 2k_d$$

$$\mu = 2T_s$$

La ecuación (8) es fácilmente implementable en un sistema digital una vez transformada a ecuación de diferencias como lo muestra la formula (9).

$$u(m) = \frac{\lambda e(m) + \beta e(m-1) + \alpha e(m-2)}{\mu} + u(m-1) \quad (9)$$

Para el caso del algoritmo de control PID propuesto se utilizó una variante con respecto a la ecuación (9) y esta fue descubierta de manera experimental. La función de transferencia en el dominio discreto del controlador propuesto se encuentra descrita en la ecuación (10).

$$u(m) = [K_p e(m) + K_i (\sum_0^m e(m)) K_d (e(m) - e(m-1))] + u(m-1) \quad (10)$$

donde $\sum_0^m e(m)$ representa la sumatoria de los errores desde el inicio del sistema hasta la muestra presente m y $|v + \chi|$ es el valor absoluto de la suma v y χ donde v es la respuesta de la parte

proporcional y χ es la respuesta de la parte integrativa-derivativa, respectivamente. Como se puede observar las respuestas integrativa y derivativa no son independientes una de la otra y conforme el error se incrementa, el término χ se vuelve más relevante en la acción de control.

Caso contrario cuando el error tiende a permanecer sin cambio, χ tiende a ser despreciable en la acción de control. Finalmente, para el controlador propuesto se debe considerar que la multiplicación de las constantes $k_i k_d > 0$.

IV. ANALISIS DE RESULTADOS

La etapa esencial de este proyecto de investigación se centra en el control de la temperatura en el interior de la cámara de transporte de órganos. Para poder analizar el desempeño del algoritmo propuesto se implementaron en el microcontrolador ATMEGA328 las ecuaciones (9) y (10) y se compararon los resultados de ambos controladores.

Como primer paso se estableció la frecuencia de muestro T_s a 1 segundo para la medición de la temperatura en el interior de la cámara utilizando el sensor DS18B20. Posteriormente se caracterizó la respuesta en temperatura de la cámara a una entrada escalón, esto se realizó como

es bien conocido a lazo abierto aplicando una señal PWM con un ciclo de trabajo del 100%, donde la respuesta en temperatura se muestra en la Fig. 8. Se observa que la respuesta en temperatura inicialmente comienza en los 24°C (temperatura ambiente) y desciende hasta -2°C.

Dicha respuesta en temperatura presenta un comportamiento exponencial el cual puede ser descrito matemáticamente por la ecuación (11)

$$Y(t) = 24 - (26 - 26e^{t/-\tau}) \quad (11)$$

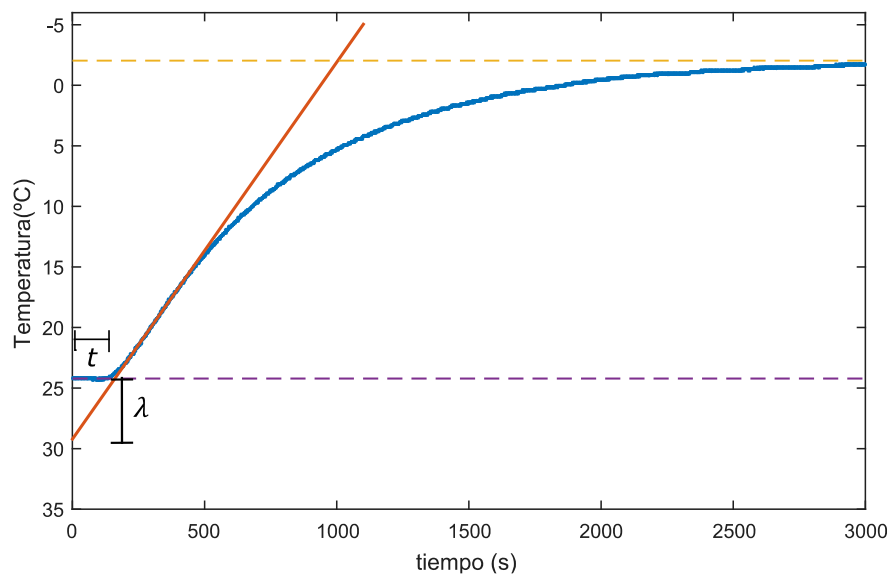


Figura 8. Caracterización a lazo abierto y obtención de los parámetros τ y λ mediante el método Ziegler y Nichols.

En base a la ecuación (11) y usando el método de Ziegler y Nichols se obtienen las constantes $\tau = 2.63 \text{ min}$ y $\lambda = 5.025^\circ\text{C}$., las cuales se visualizan gráficamente en la Fig. 8. En base a la Tabla 1, estos datos proporcionan una ganancia $k = 0.238$, un tiempo integral $T_i = 5.26$ y un tiempo derivativo $T_d = 1.315$. De esta manera se tiene que $K_p = k = 0.23$, $K_i = k/T_i = 0.04$ y

$K_d = kT_d = 0.31$ las cuáles serán utilizadas en el controlador propuesto descrito en la ecuación

(10) [14, 17-20].

Tabla 1. Fórmulas para la estimación de las constantes de los controladores P, PI y PID.

Controlador	k	T_i	T_d
P	$1/\lambda$		
PI	$0.9/\lambda$	3τ	
PID	$1.2/\lambda$	2τ	$\tau/2$

Se realizó una prueba funcional al sistema estableciendo un setpoint a 4 °C utilizando los controladores descritos en las ecuaciones (9) y (10). El proceso inicio a una temperatura de 28 °C como se muestra en la Fig. 9.

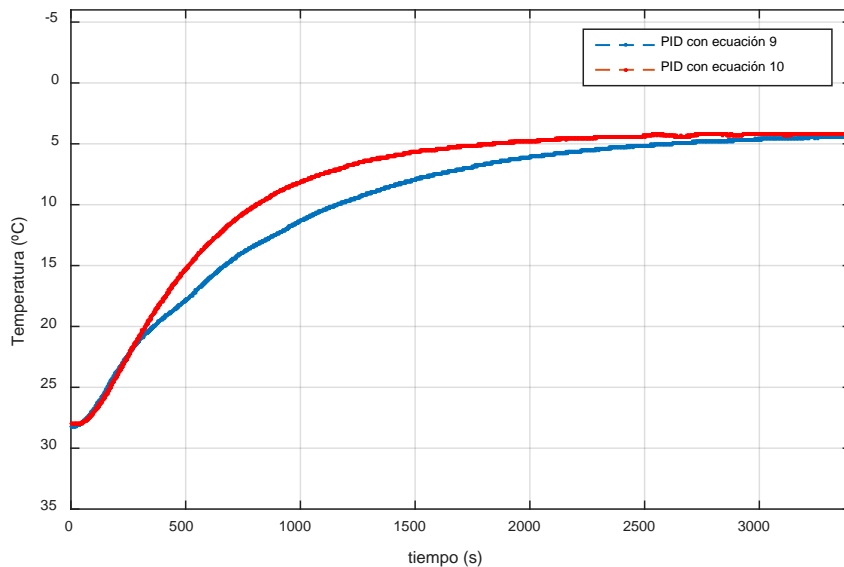


Figura 9. Prueba funcional de la cámara climática con las constantes $K_p = 0.23$, $K_i = 0.04$ y

$$K_d = 0.31$$

Para alcanzar el setpoint deseado, la cámara requirió de 4107 segundos (68.45 minutos) utilizando la ecuación (10), mientras que para la gráfica descrita por la ecuación (9) a este mismo tiempo no alcanzó el setpoint llegando a 4.25°C. Como se puede observar, el sistema responde lentamente a las constantes iniciales calculadas. Sin embargo, Ziegler y Nichols mencionan que los valores iniciales calculados no son totalmente óptimos y que pueden ser manipulados manualmente para mejorar la sintonización. Por lo que las constantes fueron modificadas para obtener la mejor respuesta utilizando los controladores de las ecuaciones (9) y (10).

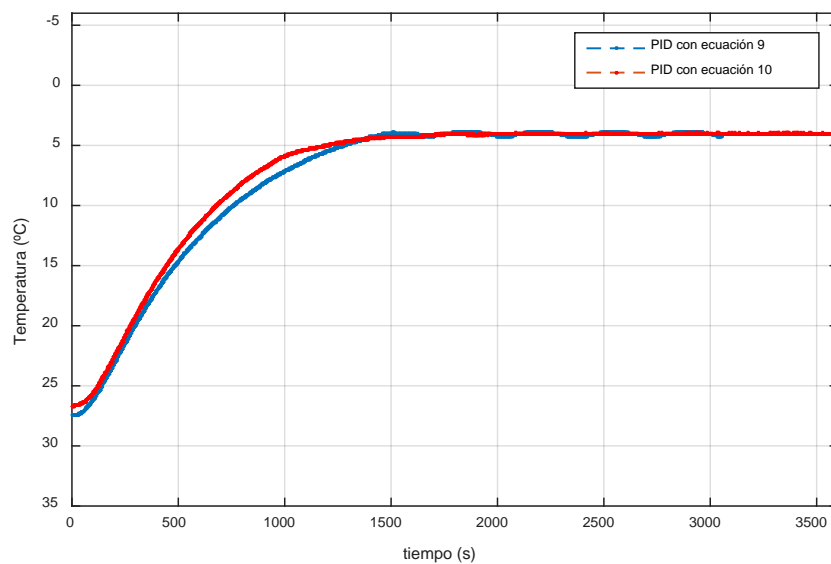


Figura 10. Prueba funcional de la cámara climática con las constantes $K_p = 0.3$, $K_i = 0.025$ y

$$K_d = 0.31$$

Como se puede observar en la Fig. 10, la respuesta en temperatura fue mejorada y el tiempo de estabilización de la temperatura disminuyó al modificar las constantes. Para el caso de la ecuación (9), la temperatura llegó al setpoint indicado a los 1476 segundos (24.6 minutos) y

presentó una oscilación de $\pm 0.19^{\circ}\text{C}$. Por otro lado, utilizando el controlador de la ecuación (10), la temperatura tomó aproximadamente 1700 segundos (28.6 min) en llegar al setpoint y la temperatura presentó una oscilación de $\pm 0.06^{\circ}\text{C}$. Esto demuestra prácticamente que el algoritmo de control propuesto sigue las reglas clásicas del control, es decir, para un menor tiempo de respuesta hacia el setpoint la respuesta del sistema presenta un sobre pequeño impulso y una pequeña oscilación alrededor del setpoint (subamortiguado). Por otro lado, para un mayor tiempo de respuesta hacia el setpoint este presenta una respuesta prácticamente sin oscilación (sobreamortiguado).

Otros de los aspectos a considerar es el consumo de corriente y con el fin de poder enfocarlo a un sistema portátil fue necesario determinar el consumo de corriente de la cámara de órganos en funcionamiento. En la Fig. 11 y 12 se muestran gráficamente el consumo de corriente para la última prueba realizada (mostrada en la Fig. 10).

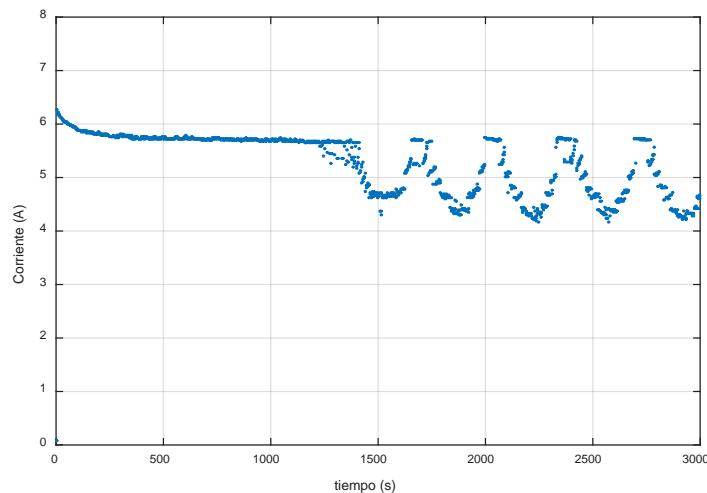


Figura 11. Monitoreo de corriente de la cámara climática basada en el controlador de la ecuación

9.

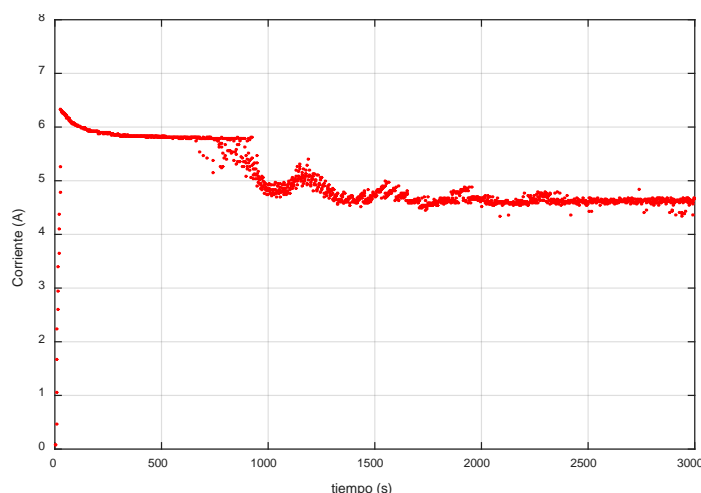


Figura 12. Monitoreo de corriente de la cámara climática basada en el controlador de la ecuación 10.

Como se aprecia en la Fig. 11 al utilizar la ecuación (9) se consume una corriente a plena carga alrededor de 6.0A con un ciclo de trabajo del 100%. Al alcanzar el setpoint deseado se presenta una oscilación la cual directamente produce un consumo de corriente oscilatorio de 4.5A a 6A que a su vez produce oscilaciones mínimas de temperatura de $\pm 0.19^{\circ}\text{C}$ (ver Fig. 10). Sin embargo, para el caso de la Fig. 12 cuando se utiliza la ecuación (10) se produce un consumo similar de 6.0A a plena carga hasta los 800 segundos y posteriormente comienza a presentar pequeñas oscilaciones de corriente las cuales disminuyen hasta llegar a una estabilización a los 2000 segundos, obteniendo así una corriente promedio de 4.5A y se mantiene este consumo hasta el final de la prueba.

V. CONCLUSIÓN

Se presentó el prototipo de una cámara de transporte de órganos la cual mantiene un setpoint de 4°C con un error de $\pm 0.06^{\circ}\text{C}$. Para mantener la temperatura en el interior de la cámara se utilizaron dispositivos termoelectrónicos (TEC) controlados mediante una señal PWM. El controlador digital propuesto demostró ser eficiente tanto en respuesta de temperatura, precisión y consumo de corriente cuando se le comparo con un controlador digital PID ampliamente utilizado.

Para emigrar el desarrollo propuesto hacia un sistema portátil se plantea lo siguiente: como primer punto, para el consumo de corriente a plena carga o hasta alcanzar la temperatura deseada (pre-enfriamiento), el sistema debe conectarse al suministro de corriente alterna de una casa-habitación por medio de una fuente de alimentación AC-DC. Posteriormente, las baterías de corriente directa recargables jugaran un rol muy importante para el suministro de la potencia durante el traslado. Por ejemplo, el modelo EXP12100 de la marca expert-power garantiza 12V a 10Ah, lo cual habilita al sistema a un tiempo de transporte de 2h aproximadamente asumiendo que se tiene un consumo promedio de 4.5 A. Más aún se puede prolongar el tiempo de traslado aumentando la potencia de la batería, tal es el caso del modelo EXP12200 de la misma marca el cual provee 12V a 20Ah.

REFERENCIAS

- [1] Dr. Ávila Funes José Alberto, Secretaría de Salud “consideraciones éticas en el trasplante de órganos” 25 de abril del 2013. [en línea] Disponible: <http://www.innsz.mx/opencms/contenido/investigacion/comiteEtica/consideracionesEticas.html>, 25 de abril 2013.
- [2] Parrilla P., Pascual. (2008). *Manual sobre donación y trasplante de órganos*. España: Arán Ediciones.
- [3] Aramini, Michele. (2007). *Introducción a la bioética: Colección Bioética*. Colombia: Editorial San Pablo.
- [4] CENATRA. (2016). *Boletín Estadístico – Informativo*. No. 1, Volumen: I, Periodo: Enero-junio 2016. México.
- [5] Robert B. Northrop, “NonInvasive Instrumentation and Measurement in Medical Diagnosis”, CRC Press LLC, 2002.
- [6] Doug Otead, “PC/104-based kidney preservation machine: A virtual collaborative venture”, *The Journal of Modular Embedded Computing*, volumen 7, número 2, 2003.
- [7] Cota Ruíz Juan de Dios, Ochoa Humberto, Saucedo Rosa Alicia, Juárez José Luis, “CÁMARA PORTÁTIL PAR EL TRANSPORTE DE RIÑONES HUMANOS”, Presentado del 28 de noviembre al 3 de diciembre del 2006, Acapulco, Gro. México.
- [8] W. Blancarte, “Instrumentación para el control de procesos industriales: Efecto Peltier”, ITESO, Guadalajara, México, Sept. 2001. [Online]. Disponible: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/peltier.doc>
- [9] Arturo P. Sandoval G., Enrique Espinosa J., Jorge L. Barahona A., “Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor”, Instituto de Electrónica. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León, Oaxaca. México. [Online] Disponible: <http://www.utm.mx/~mtello/Extensos/extenso020709.pdf>

- [10] Pérez García, Miguel Ángel. (2014). *Instrumentación electrónica*. España: Ediciones Paraninfo.
- [11] Hoja de Datos, “DS18B20 High – Precision 1-Wire Digital Thermometer“, [http://www.maxim-ic.com\(07,2006\)](http://www.maxim-ic.com(07,2006)).
- [12] Chen, Ran. (2010). *Intelligent Computing and Information Science*. China: Springer.
- [13] Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2011). *Modern control systems*. Pearson.
- [14] K. Jarnet Philipp (2014), *Feedback control for computer systems*, O'REILLY.
- [15] Karl J. Åström, Tore Hägglund (2009), “Control PID Avanzado” Ed. Pearson Educación, México.
- [16] Ordoñez ruiz Hugo Humberto, "sistema de simulación y control de procesos sobre la base de una PC de la planta marca Armfield Mod. PCT-23", tesis de maestría en electrónica, ITCH, 2001.
- [17] Ogata Katsuhiko (1996), “Sistemas de control en Tiempo Discreto”, Pearson.
- [18] Galván Cruz, Gerson Seir. “Control retroalimentado de un módulo termoeléctrico”. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Mecatrónica. Huajuapán de León, Oaxaca. 2012.
- [19] Acedo Sánchez, José. (2006). *Instrumentación y control avanzado de procesos*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- [20] Parrilla P., Pascual; Landa G., José Ignacio. (2009). *Cirugía AEC/ AEC Surgery*. España: Ed. Médica Panamericana.

EVALUACIÓN DE UN PROCESO PRODUCTIVO PARA LA ADOPCIÓN DE LA LOGÍSTICA INVERSA

Karla Cristina Estrada Jerez¹, Soledad Vianey Torres Argüelles¹, y Abelardo Irineo Flores Vela³

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

²Instituto Politécnico Nacional

Correo: karlaestradaJerez@gmail.com

Resumen: El artículo que a continuación se presenta plantea un análisis y evaluación de un proceso productivo de una empresa del giro del moldeo de plásticos, la cual tiene la necesidad de incorporar el proceso de logística inversa, por medio del reciclaje de plástico para la elaboración de un nuevo producto. Se realiza una evaluación del proceso de manejo de materiales reciclados considerando ensayo de tracción para establecer la capacidad de carga máxima y elongación del material reciclado y el material virgen, para determinar si cumplen con los requisitos de los productos a fabricar. En esta evaluación también se consideran las mediciones y análisis de consumo energético a los procesos.

labras Clave: Logística Inversa, Prueba de Tracción, Reciclaje polipropileno, Análisis de consumo energético.

1. Introducción

La ecología industrial es un nuevo marco para la gestión ambiental y busca la transformación del sistema industrial con el fin de que sus entradas y salidas coincidan con la capacidad de carga de forma global y local (Erkman, 1997; Lowe & Evans, 1995). Dentro de este concepto y como parte del proceso productivo están incluidos los procesos de producción limpia y logística inversa el cual es el término comúnmente usado para referirse al rol de la logística en el reciclaje, disposición de desperdicios (Kinobe, Gebresenbet, Niwagaba, & Vinnerås, 2015) y el manejo de materiales peligrosos (Kilic, Cebeci, & Ayhan, 2015); y estos a su vez requieren la aplicación de conceptos tales como Simbiosis Industrial y Sinergia de Subproductos (Manahan, 2001). Cuyo principio radica en que el flujo de residuos de una industria se incorpore a otra convirtiéndose en materia prima para la segunda, con lo que se busca cerrar el ciclo (Ayres & Ayres, 2002). Lo que implica que una sociedad sostenible requiere de tecnologías y procesos más eficientes, las cuales

deben ser promovidos y proporcionados por la industria, de manera que también se ofrezcan productos que protejan los recursos del planeta (Westkamper, Alting, & Arndt, 2000).

En México las necesidades de reciclaje se basan en dos puntos, primero la reducción de la extracción de recursos naturales para la fabricación y minimizar la cantidad de desechos al ambiente, según (ANIPAC, 2015), tan sólo en el 2014 la producción de plástico alcanzó casi cinco millones de toneladas de plástico, mientras que el consumo de plásticos en el país alcanzó casi los siete millones de toneladas. Esto indica la gran demanda, pero también el exceso de plástico desechado y que genera una alta contaminación. Esto muestra la necesidad de la generación de una metodología que permita que las empresas dedicadas al reciclaje del plástico aumenten su capacidad, de tal manera que sea posible regresar al consumo el material que se considera como desecho a través de la adopción de logística inversa.

1.1. Situación Actual del caso de estudio

La empresa cuenta con 140 empleados, fabrica partes plásticas, atiende los mercados de publicidad, promoción, automotriz, mobiliario escolar, manejo de materiales o requerimientos de ingeniería a medida y conforme a las necesidades del cliente, ofreciendo un servicio global desde la fabricación de sus moldes de producción, diseño de productos para el cliente.

Actualmente la empresa tiene la necesidad de adoptar un sistema de logística inversa, con el fin de suministrar material de polipropileno para reciclar y cumplir con la demanda de un nuevo producto elaborado con polipropileno reciclado, el material reciclado por la empresa puede ser molido que es recuperado por medio del triturado de las piezas en un molino y el material peletizado el cual se obtiene mediante tratamientos térmicos transformando el plástico nuevamente en pellets (Briassoulis, Hiskakis, & Babou, 2013) por medio de una peletizadora.

Antes de realizar una propuesta de adopción de la logística inversa para la empresa es necesario conocer las características del producto reciclado, para esto fue necesario evaluar el proceso que se lleva a cabo en la empresa en estudio; el cual consiste de un ensayo de tracción basándose en diferentes mezclas de Polipropileno: virgen, molido y peletizado, así como un análisis de

consumo energético del procesos de reciclaje y una evaluación de los procesos internos de reciclaje.

2.

Métod

o

2.1. Ensayo de tracción o tensión

Consiste en deformar una probeta haltera o multipropósito, a lo largo de su eje mayor, a velocidad constante y aplicando fuerza hasta su rotura. Las probetas pueden ser moldeadas por inyección, o mecanizadas a partir de placas moldeadas por compresión. Se les da un acondicionamiento normalizado. Su espesor es alrededor de 3 ó 4 mm, se trata de un ensayo muy común, probablemente el más común de los que cabe realizar a un material que se pretenda usar con fines resistentes (ASM International, 2004). Para esta investigación nos enfocaremos en el análisis de los resultados de la tensión a la rotura o carga máxima y elongación a la rotura.

- **Tensión a la rotura o carga máxima:** Es la máxima tensión que un material puede soportar al ser traccionado antes de que se produzca el “necking”, que es cuando la sección transversal del espécimen o muestra se comienza a contraer de manera significativa. La tensión de rotura se obtiene por lo general realizando un ensayo de tracción y registrando la tensión en función de la deformación (o alargamiento); el punto más elevado de la curva tensión-deformación es la tensión de rotura o carga máxima (ASM International, 2004) . La tensión de rotura es definida como una tensión que se mide en unidades de fuerza por unidad de área, como megapascales Mpa (Degarmo, Kohser, & Klamecki, 2003).
- **Elongación a la rotura:** Aumento de longitud producido en la probeta de ensayo sometida a una carga de tracción. Se expresa en unidades de longitud por lo general milímetros o pulgadas, durante la prueba de tracción se produce el alargamiento a la rotura el cual es el alargamiento en el momento de la rotura de la muestra de ensayo (ASM International, 2004).

2.2. Procedimiento de moldeo de probetas multipropósito

Para llevar a cabo el experimento se utilizó el polipropileno cuyo nombre comercial es ADX1003 y es utilizado por la empresa para la elaboración de partes plásticas automotrices. Se definieron las mezclas de polipropileno virgen, molido y peletizado tanto al 100% como en diferentes porcentajes como se muestra en la Tabla 2.1.

La nomenclatura de la Tabla 2.1. está dada por, el número de la Izquierda corresponde a la mezcla y el de la derecha al número de prueba; por ejemplo, nomenclatura 82 corresponde a la mezcla 70% Virgen, 30% molido prueba número 2.

Tabla 4.1. Nomenclatura de las mezclas de polipropileno utilizadas en el experimento.

Numero	Nombre de la mezcla	Nomenclatura
Mezcla 1	100% virgen	11.12.14
Mezcla 2	100% Peletizado A (día 1)	21.23.24
Mezcla 3	100% Peletizado B (día 2)	31.33.34
Mezcla 4	100% Molido	41.42.43.
Mezcla 5	70% Peletizado A, virgen 30%	51.52.53.
Mezcla 6	30% Peletizado A, virgen 70%	62.63.64
Mezcla 7	70% Virgen, 30% peletizado B	71.73.74
Mezcla 8	70% Virgen, 30% molido	81.83.84
Mezcla 9	50% Virgen, 50% peletizado A	91.92.94

Fuente: Elaboración propia.

En base a los diferentes tipos de mezclas, se moldearon las probetas para el experimento, véase la Figura 2.1. y sus dimensiones en la Tabla 2.2. con base a la norma ASTM D638, esta norma fue diseñada para determinar las propiedades de tensión de materiales plásticos estableciendo la geometría de las probetas y las velocidades de ensayo de tensión (ASTM, 2013).



Figura 2.1. Probeta moldeada

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.2. Características de la prueba de tracción

Forma:	Plana		
Muestras	27		
Medidas	Espesor	Anchura	Longitud
	4 mm	10 mm	75 mm
Velocidad	50 mm/min		
Software	Trapezium Autograph		
Maquina	Maquina Universal para pruebas mecánicas		

3. Resultados

3.1. Capacidad de carga máxima y elongación

La evaluación para determinar si la empresa puede utilizar material reciclado se basó en dos estudios; los cuales se realizaron a cada una de las mezclas y fueron el de capacidad de carga y de elongación. Los resultados obtenidos respecto de la capacidad de carga se presentan en las Figuras 3.1 a la 3.9. Para un mejor análisis se graficaron por tipo de mezcla y como resultado se obtuvieron comportamientos de capacidad de carga máxima, que como se puede observar son similares en cada mezcla.

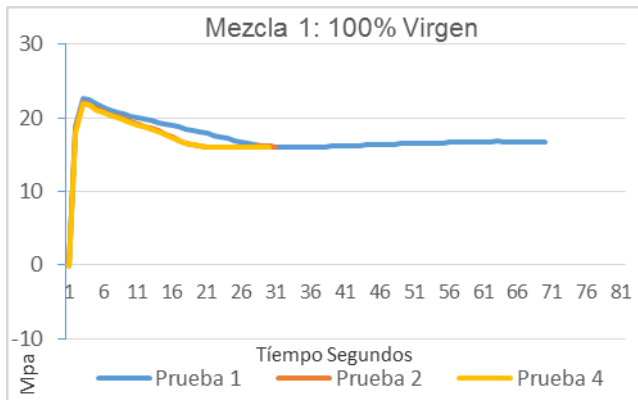


Figura 3.1. Capacidad de carga del material Virgen.

Fuente: Elaboración propia.

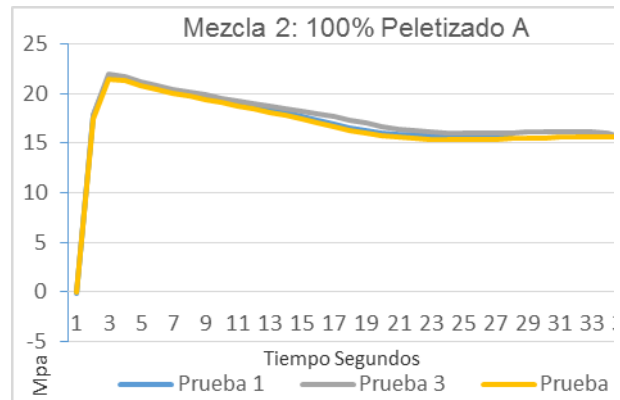


Figura 3.2. Capacidad de carga del material 100 % peletizado, prueba 1.

Fuente: Elaboración propia.

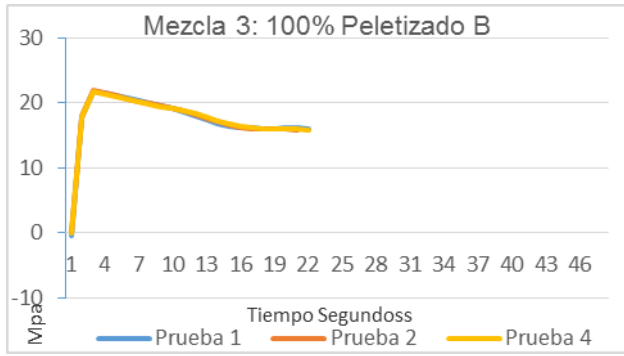


Figura 3.3. Capacidad de carga del material 100 % peletizado, prueba dos. Fuente: Elaboración propia.

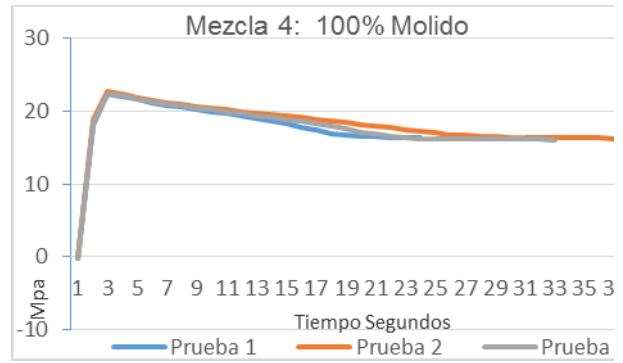


Figura 3.4. Capacidad de carga del material 100 % peletizado, prueba dos. Fuente: Elaboración propia.

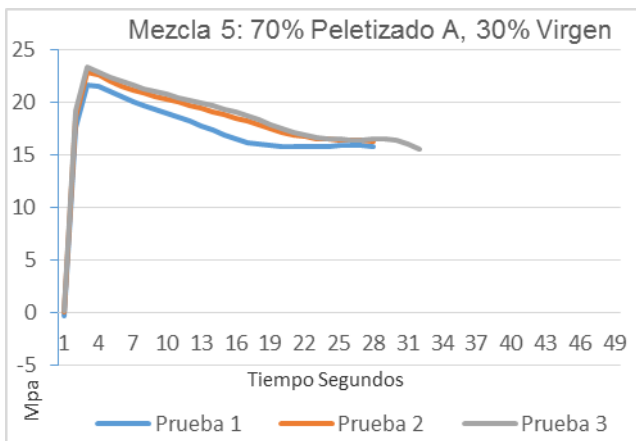


Figura 3.5. Capacidad de carga del material 70 % peletizado prueba 1 y 30% virgen.

Fuente: Elaboración propia.

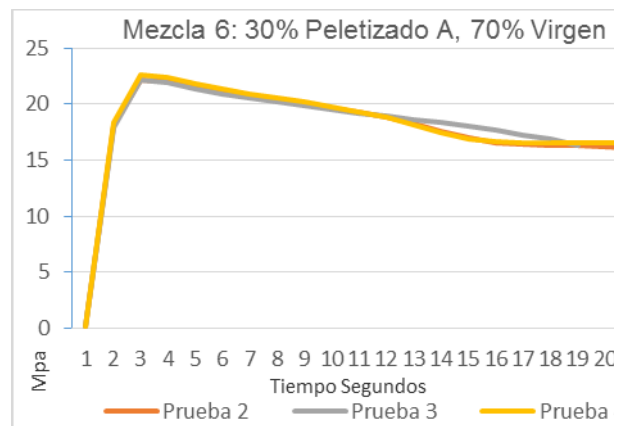


Figura 3.6. Capacidad de carga del material 30 % peletizado y 70% virgen, prueba 1.

Fuente: Elaboración propia.

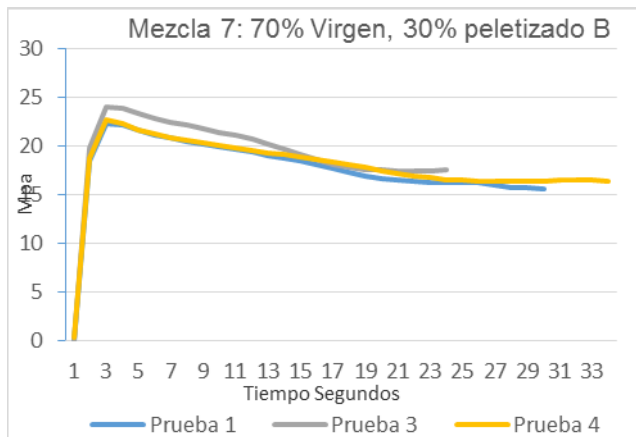


Figura 3.7. Capacidad de carga del material 30 % peletizado y 70% virgen, prueba 2.

Fuente: Elaboración propia.

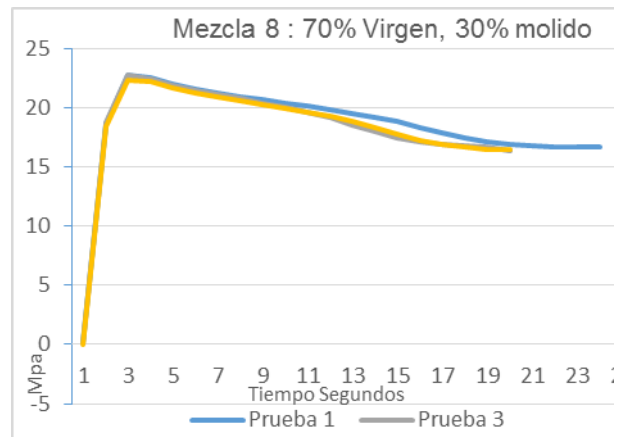


Figura 3.8. Capacidad de carga del material 70% virgen y 30% molido

Fuente: Elaboración propia.

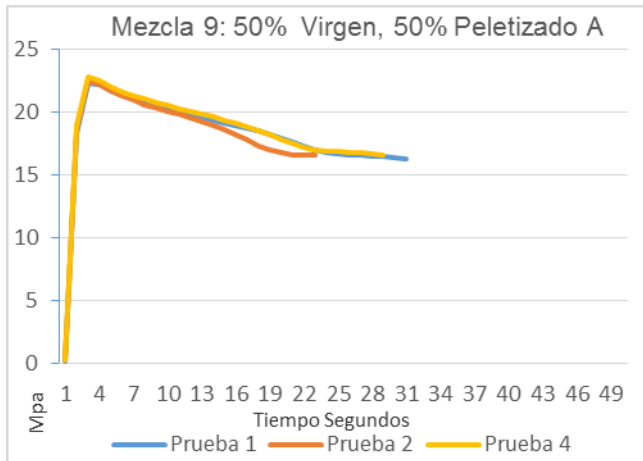


Figura 3.9. Capacidad de carga del material 50 % peletizado y 50% virgen, prueba 2.
Fuente: Elaboración propia.

La grafica en la Figura 3.10 muestra la carga máxima por probeta en la cual se consideraron los valores obtenidos para cada mezcla y se puede observar que los valores de la capacidad de carga oscilan entre 21.5 y 24 MPa. Estos resultados cumplen con los requerimientos para el producto que se pretende fabricar, considerando que la capacidad máxima del producto virgen según datos del proveedor son de 25 MPa, se considera que no existe mucha variación.



Figura 3.10. Capacidad de carga máxima acumulada por probeta.
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3.11. muestra el promedio de carga máxima por mezcla, en donde se observa que la mezcla 2 soporta la menor carga máxima y el promedio de la mezcla 7 reporta la mayor capacidad de carga máxima

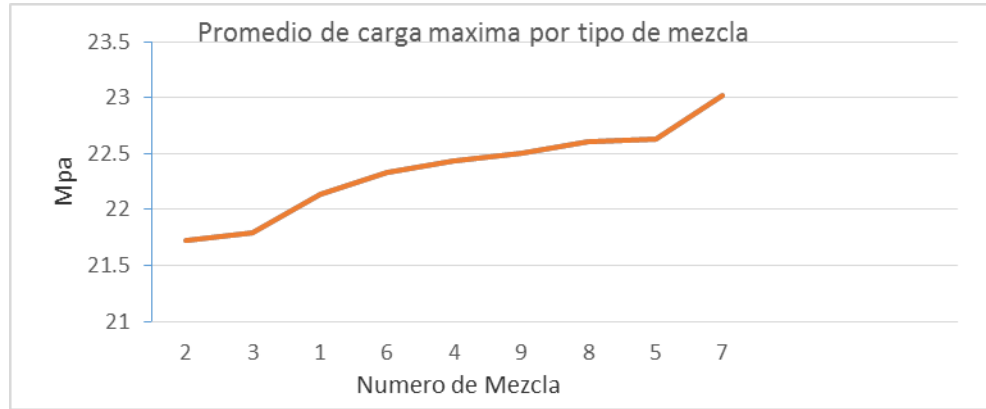


Figura 3.11. Capacidad de carga promedio por mezcla
Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas de elongación o estiramiento de la probeta se representan en la Figura 3.12. Los resultados obtenidos muestran un rango por mezcla entre 62 y 120 milímetros, pero el alza se presenta en particular en la probeta 1 de la mezcla 100% virgen, un material con menos elongación es quebradizo, sin embargo en la gráfica se observa como las demás muestras se encuentran en un rango de 62 a 105 mm.

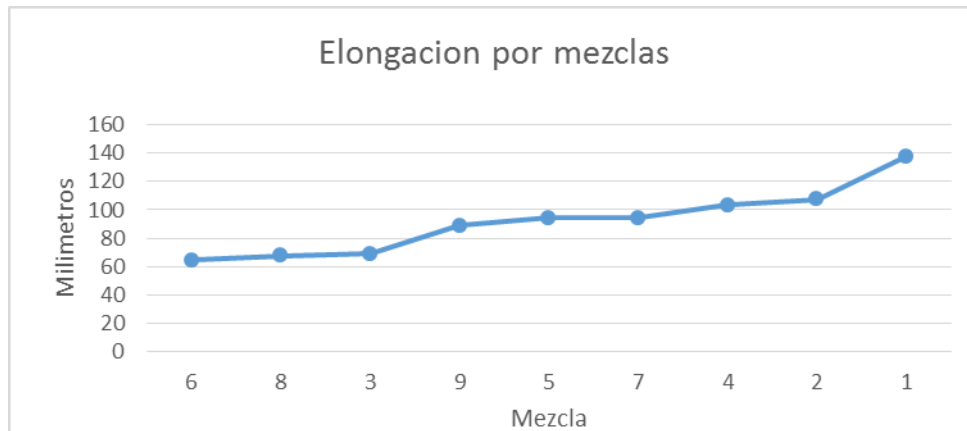


Figura 3.12. Elongación de las probetas
Fuente: Elaboración propia.

3.2. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en el programa SPSS Statistical Package for the Social Sciences (Mohd, 1981). Se analizaron los resultados de la capacidad de carga y la elongación realizando una comparación de medias con la herramienta *T-test* con el fin de probar las hipótesis planteadas respecto si existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los diferentes tipos de mezcla reciclados comparados con el material virgen.

La prueba se realizó con un nivel de confianza del 95% y un valor de α definido igual .05, donde estadísticamente se acepta la hipótesis nula si el *p value* es mayor que el valor de α . Las hipótesis se plantearon como sigue:

H0: Las medias de la capacidad de carga de las mezclas de material reciclado son iguales a la media del material virgen.

H1: Las medias de la capacidad de carga de las mezclas de material reciclado son diferentes a la media del material virgen.

Tabla 3.1. Pruebas pareadas de la capacidad de carga de las mezclas comparadas con el material virgen

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Virg_100 - PEI_100_1	0.41554	0.51089	0.29496	-0.85359	1.68467	1.409	2	0.294
Pair 2	Virg_100 - Pel_100_2	0.33697	0.44318	0.25587	-0.76396	1.4379	1.317	2	0.319
Pair 3	Virg_100 - Mol_100	-0.30374	0.54532	0.31484	-1.65839	1.05091	-0.965	2	0.436
Pair 4	Virg_100 - Pel_70_Vir_30_1	-0.4978	1.27604	0.73672	-3.66766	2.67206	-0.676	2	0.569
Pair 5	Virg_100 - Pel_30_Vir_70_1	-0.19775	0.57074	0.32952	-1.61556	1.22005	-0.6	2	0.609
Pair 6	Virg_100 - Virg_70_Pel_30_2	-0.88171	1.24322	0.71778	-3.97005	2.20663	-1.228	2	0.344
Pair 7	Virg_100 - Virg_70_Mol_30	-0.47882	0.33616	0.19408	-1.31388	0.35624	-2.467	2	0.132
Pair 8	Virg_100 - Virg_50_Pel_50_1	-0.37019	0.61681	0.35612	-1.90244	1.16206	-1.04	2	0.408

En la Tabla 3.1. se muestra los resultados de las pruebas pareadas, como se puede observar todos los valores de p calculados son mayores que el α definido, lo que nos muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las mezclas con material reciclado y el material virgen, por lo que no se rechaza la hipótesis nula.

En el caso del ensayo de elongación, también se analizaron los resultados con T-test, de igual forma La prueba se realizó con un nivel de confianza del 95% y un valor de α definido igual .05, donde estadísticamente se acepta la hipótesis nula si el p value es mayor que el valor de α . Las hipótesis se plantearon como sigue:

H0: Las medias de los ensayos de elongación de las mezclas de material reciclado son iguales a la media del material virgen.

H1: Las medias de los ensayos de elongación de las mezclas de material reciclado son diferentes a la media del material virgen.

Tabla 3.2 Pruebas pareadas de la elongación de las mezclas de material reciclado comparadas con el material virgen.

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
						Lower	Upper		
Pair 1	Vir_100 - Pel_100_1	85.56233	97.83107	56.48279	-157.46351	328.58818	1.515	2	0.269
Pair 2	Vir_100 - Pel_100_2	124.47967	93.39628	53.92237	-107.52956	356.4889	2.308	2	0.147
Pair 3	Vir_100 - Mol_100	89.98933	92.38544	53.33876	-139.50883	319.48749	1.687	2	0.234
Pair 4	Vir_100 - Pel_70_Vir_30	98.87967	99.52068	57.45829	-148.34341	346.10274	1.721	2	0.227
Pair 5	Vir_100 - Pel_30_Vir_70_1	128.894	94.73685	54.69635	-106.44538	364.23338	2.357	2	0.143
Pair 6	Vir_100 - Pel_30_Vir_70_2	98.83767	107.67074	62.16373	-168.63128	366.30661	1.59	2	0.253
Pair 7	Vir_100 - Vir_70_Mol_30	125.52467	90.1686	52.05887	-98.46656	349.5159	2.411	2	0.137
Pair 8	Vir_100 - Vir_50_Pel_50	104.398	99.6588	57.53804	-143.16819	351.96419	1.814	2	0.211

En la Tabla 3.2 se reportan los resultados de las pruebas pareadas. Como se puede observar todos los valores de p calculados son mayores que el α definido, lo que nos muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de la elongación de las mezclas con material reciclado y la elongación medida en las pruebas con material virgen, por lo que no se rechaza la hipótesis nula.

Tanto en la capacidad de carga como en la elongación las muestras no reportaron diferencias estadísticamente significativas respecto a las muestras de material virgen, lo que significa que los materiales reciclados cumplen con estas dos características que son básicas para el uso que se les dará, por lo tanto, es recomendable usar estos materiales, en las distintas mezclas.

3.3. Análisis de Consumo energético

Asimismo, para medir el consumo energético y evaluar el efecto que este tiene en todo el proceso de producción utilizando materiales reciclados se realizaron mediciones eléctricas continuas en los procesos de inyección de plástico, molienda y peletizado; para lo cual se utilizó un equipo analizador de redes trifásico, con el objetivo de determinar el consumo energético en los procesos, esto debido a que es importante saber cuánta energía se consume para reincorporar los residuos nuevamente a los procesos.

El consumo medido por el proceso de inyección de plástico se reporta en la Figura 3.13. Esta gráfica nos muestra la carga total máxima en 1 día de medición la cual correspondió a 6.91 kW con un consumo de energía de 3.3 kWh por día.

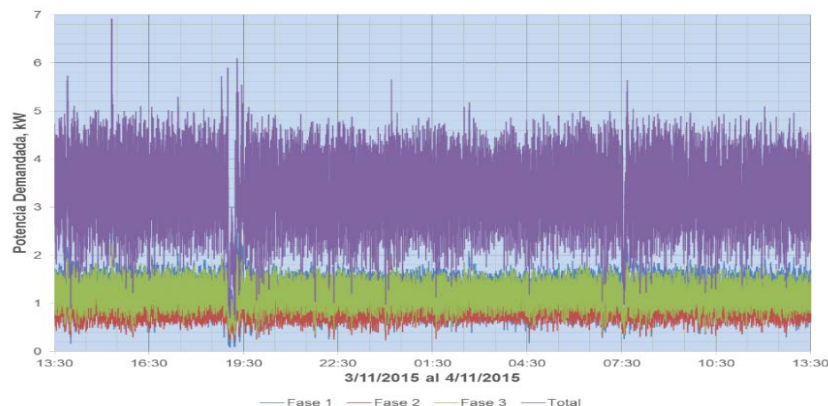


Figura 3.13. Medición continua de la potencia demandada en el proceso de inyección de plástico.
Fuente: Elaboración propia.

También, el consumo medido al proceso de peletizado se reporta en la Figura 3.14. Esta gráfica nos muestra la carga total máxima en 1 día de medición de 13 kW y se tiene un consumo de energía de 5.6 kWh por día.

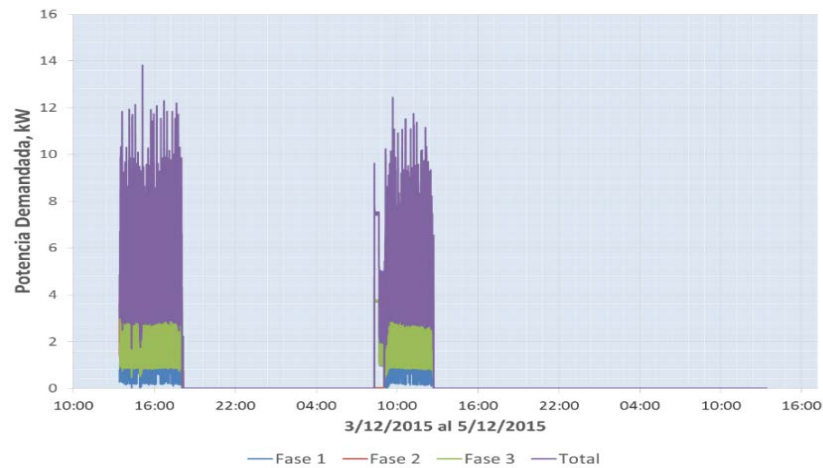


Figura 3.14. Medición continua de la potencia demandada en el proceso de peletizado
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el proceso de molienda se muestra en la Figura 3.15 y reporta la carga total máxima en un periodo de molienda que es de 36 kW al arranque del motor, posteriormente la carga se estabiliza consumiendo así 7 kWh durante el proceso de molienda.

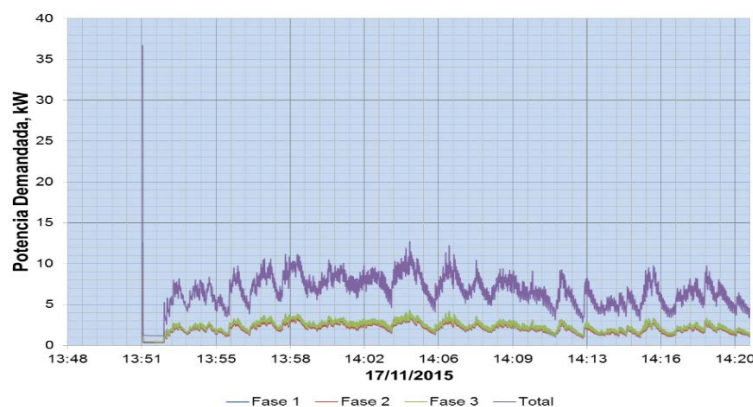


Figura 3.15. Medición continua de la potencia demandada en el proceso de molienda
Fuente: Elaboración propia.

3.3.1. Resultados de las mediciones eléctricas

De acuerdo con los resultados el proceso de inyección de plástico genera distorsión armónica en porcentaje promedio de 25%, lo que puede generar un daño a equipo electrónico, por lo que sería conveniente instalar un filtro de armónicas.

En el proceso de molienda se genera un pico de corriente de niveles muy altos, provocando una caída de tensión lo cual puede provocar daños a equipos sensibles a las variaciones de tensión, por lo que es conveniente utilizar un arrancador en el motor del molino con la finalidad de minimizar los picos de corriente y disminuyendo así la demanda máxima facturable.

La peletizadora en una maquina armada por la misma empresa y tiene muchas fallas de operación, encontrándose en etapa de mejora, ya que no es eficiente al producir solo 7 kilogramos por hora de material reciclado.

3.4. Análisis del proceso actual de reciclado de la empresa

Para poder realizar una propuesta de logística inversa adecuada para la empresa, se realizó un análisis enfocándonos principalmente en el área de generación y reciclaje de los residuos generados por la empresa. La Figura 3.17 muestra el diagrama y análisis global de los procesos de reciclaje internos así como las deficiencias detectadas.

El nuevo producto si es 100% reciclado va a requerir 8 kg de material reciclado por pieza y se estima que la demanda mensual será de 2500 piezas, esto da una demanda mensual de 20 toneladas de polipropileno reciclado. Lo que implica una cantidad importante de material virgen que no se toma de las fuentes naturales disminuyendo la explotación de recursos.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DE SUBPRODUCTOS

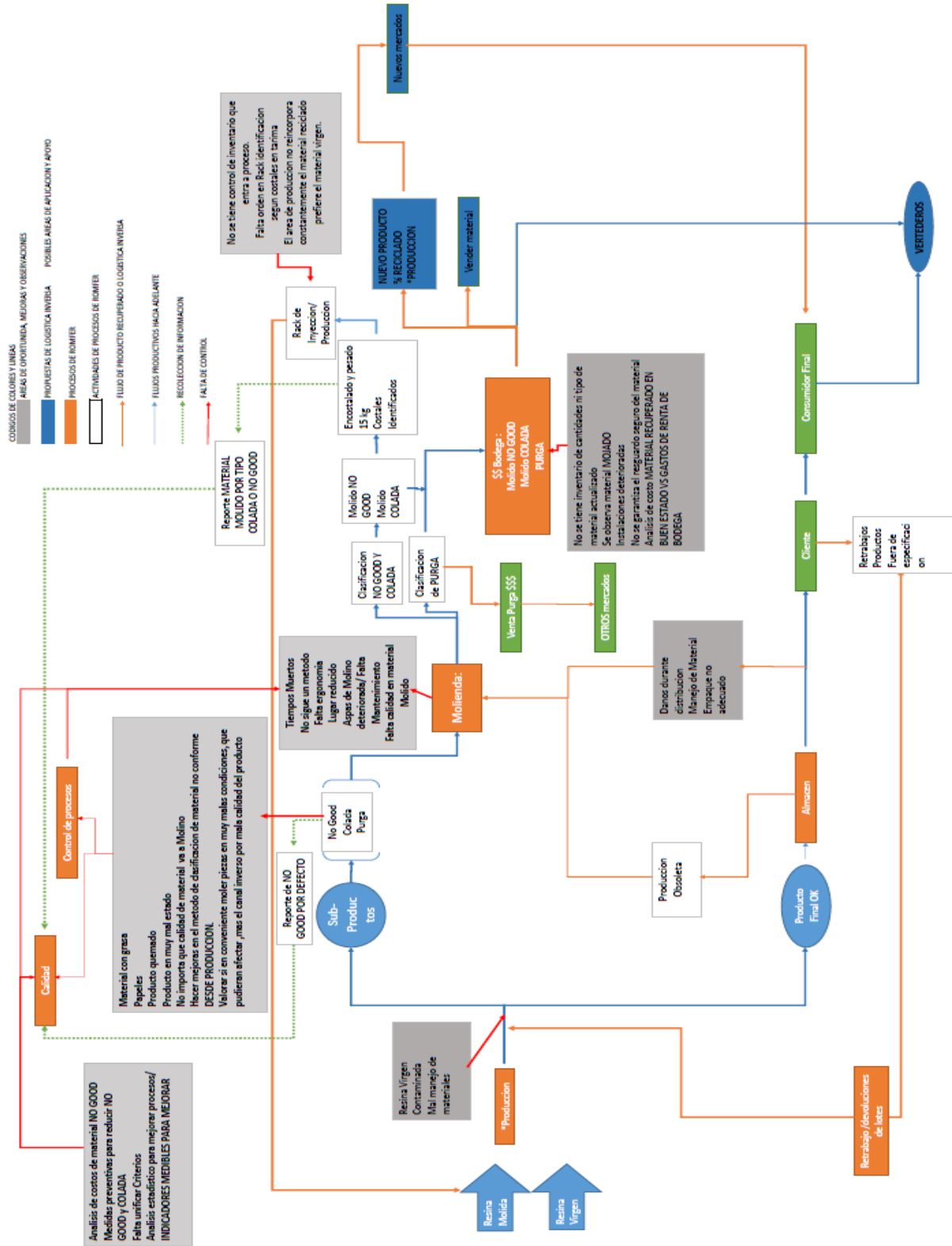


Figura 5.17. Análisis de la situación actual del proceso de reciclaje y oportunidades de mejora
Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

Como conclusión decimos que, el proceso actual de reciclaje no tiene la capacidad de reciclar material de otras industrias, debido a que durante la evaluación se observaron fallas en el proceso, además de que la maquina peletizadora necesita mejoras para ser eficiente y productiva, la empresa debe mejorar sus procesos internos de reciclaje y en medida que sean más eficientes adoptar la logística inversa totalmente, y además se debe considerar una inversión en infraestructura, sin embargo la empresa si puede iniciar el proceso de logística inversa por medio de un reciclador.

Para una implementación exitosa, la empresa tendrá que invertir recursos en el área de reciclaje y peletizado, actualmente esta área cuenta con muchas deficiencias operativas, área reducida y falta de mantenimiento al equipo, si la empresa pretende moler y peletizar el producto en sus instalaciones talvez no sea la mejor idea a un corto plazo, sin embargo a largo plazo es muy probable que la empresa desarrolle la tecnología necesaria para situar un área externa donde se pueda convertir en un reciclador que elabore sus propios suministros.

Se recomienda en un principio adoptar la logística inversa por medio de recicladores formales de materia post-industrial de calidad como residuos plásticos automotrices, ya que la industria automotriz maneja niveles más altos de calidad y control del producto que la industria del plástico en general.

El análisis estadístico dio como resultado que no existen diferencias significativas en las propiedades mecánicas del material virgen y el material reciclado, en cuestión de capacidad de carga máxima y elongación, por lo que se concluye que podemos utilizar las diferentes mezclas para de esta manera aumentar el consumo de material reciclado y cumplir con la producción de un producto 100% reciclado, sin embargo se debe poner atención en la fase de validación o primeras corridas del nuevo producto reciclado para asegurar la calidad al cliente, sin poner en riesgo la reputación y confiabilidad de la empresa, garantizando un producto reciclado de calidad se recomienda hacer pruebas de impacto sobre el producto con diferentes mezclas de material.

Consideramos que la empresa no solo tendrá la capacidad de reciclar polipropileno, sino que con su reputación, inversión tecnológica y experiencia en el área de moldeo de plásticos la

organización está en posición de crear nuevos productos con otros tipos de materiales reciclados y de esta manera colocarse como un en mercado como una empresa sustentable.

Finalmente, podemos decir que la empresa con la adopción de la logística inversa, se situara como una compañía que utiliza la simbiosis industrial dentro de sus estrategias corporativas, promoviendo la ecología industrial, por medio del reciclaje de polipropileno, situándose como una empresas sustentable, siendo ejemplo y guía para que otras empresas hagan cambios en sus procesos, de manera factible y con una metodología establecida de tal manera se logre la implementación con éxito y prefieran utilizar resinas recicladas en sus productos y de esta manera minimizar la extracción de materias primas mientras se reincorporas los desechos plásticos a los procesos productivos.

Referencias

- ANIPAC. (2015). Anuario Estadístico ANIPAC 2015. Mexico. Retrieved from <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbXncnVwb3RleG5lfGd4OjUzMmVkYjFmODQxYTA1MWY>
- ASM International. (2004). Introduction to Tensile Testing. Tensile testing (pp. 1–13). doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- ASTM. (2013). ASTM: D638, Standard test method for tensile properties of plastics. ASTM Standards, 1–16. doi:10.1520/D0638-10.1
- Ayres, R. U., & Ayres, L. (Eds.). (2002). A handbook of industrial ecology. Edward Elgar Publishing.
- Briassoulis, D., Hiskakis, M., & Babou, E. (2013). Technical specifications for mechanical recycling of agricultural plastic waste. Waste Management (New York, N.Y.), 33, 1516–30. doi:10.1016/j.wasman.2013.03.004
- Degarmo, E. P., Kohser, R. a, & Klamecki, B. E. (2003). Materials and Process in Manufacturing. Materials and Process in Manufacturing, 383.
- Erkman, S. (1997). Industrial ecology: An historical view. Journal of Cleaner Production, 5(1), 1–10. doi:10.1016/S0959-6526(97)00003-6
- Kilic, H. S., Cebeci, U., & Ayhan, M. B. (2015). Reverse logistics system design for the waste of electrical and electronic equipment (WEEE) in Turkey. Resources, Conservation and Recycling, 95, 120–132. doi:10.1016/j.resconrec.2014.12.010
- Kinobe, J. R., Gebresenbet, G., Niwagaba, C. B., & Vinnerås, B. (2015). Reverse logistics system and recycling potential at a landfill: A case study from Kampala City. Waste Management. doi:10.1016/j.wasman.2015.04.012
- Lowe, E., & Evans, L. K. (1995). Industrial ecology and industrial ecosystems. Journal of Cleaner Production, 3(1), 47–53. doi:10.1016/0959-6526(95)00045-G
- Manahan, S. (2001). Fundamentals of environmental chemistry. Polish Journal of Chemistry, 993. Retrieved from http://books.pakchem.net/uploads/1/2/7/7/12772060/fundamentals_of_environmental_chemistry.pdf
- Mohd, S. (1981). Statistical Package for Social Sciences. Nursing Research, 30, 93. doi:10.1097/00006199-198103000-00009
- Westkamper, E., Alting, L., & Arndt, G. (2000). Life Cycle Management and Assessment: Approaches and visions towards sustainable manufacturing. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 49, 501–522. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0034512395&partnerID=40&md5=f1dfcacb6cdd0a1de58593fa64c6402f>

Metodología para la aplicación de Seis Sigma en la Pequeña y Mediana Empresa

Rocío I. García Domínguez, Roberto Romero López, Patricia C. Parroquín Amaya

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Email autor principal: rocioi.garciad@gmail.com

Resumen: Seis Sigma ha sido utilizada por grandes compañías para mejorar el desempeño de sus procesos. La aplicación de esta metodología en la Pequeña y Mediana Empresa como una herramienta de mejora, se enfrenta a una serie de restricciones y limitaciones que impiden su despliegue de manera efectiva. Este trabajo muestra una metodología a seguir para la implementación de Seis Sigma en las pymes, toma en cuenta las barreras que se presentan y son características de este tipo de empresas y sugiere la utilización de herramientas y técnicas estadísticas sencillas que permitan trabajar en el proyecto y lograr resultados positivos que ayuden a mejorar la competitividad y el desempeño operacional de la empresa.

Palabras Clave: Seis Sigma, Pymes, barreras.

1. Introducción

Las Pequeñas y Medianas Empresas, de acuerdo con la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) (2013) son aquellas que tienen hasta 250 empleados para su funcionamiento. De manera oficial, de acuerdo a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación (2009), se incluye un rango de monto de ventas anuales en millones de pesos para su clasificación. Las Pymes son y representan a nivel mundial el segmento de la economía que aporta el mayor número de unidades económicas y personal ocupado. En México, de acuerdo a la Secretaría de Economía en México (2013), las Pymes, constituyen el 90% de las empresas, el 42% del empleo y contribuyen con un 23% del Producto Interno Bruto (PIB).

Sin embargo, de acuerdo a un reporte del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2009), en México el 50% de las miPymes (micro, pequeñas y medianas empresas) fracasan en el primer año de actividades, el 80% antes de los cinco años y el 90% de ellas no llega a los 10 años a consecuencia de factores internos ligados a los responsables de las empresas y su competitividad (Salas, Valles, Galván, & Cuevas, n.d.).

Estos resultados indican que existe un gran área de oportunidad para la implementación de estrategias que ayuden en la mejora de la competitividad y desempeño operacional.

Seis Sigma es una iniciativa para el mejoramiento de la calidad adoptada por la industria desde los años 80's; soluciona aquellos problemas crónicos que directamente impactan los resultados de una organización (Raghunath & Jayathirtha, 2013), de acuerdo a Goh (2011), muchos autores han remarcado que no hay nada nuevo en Seis Sigma: si se consideran los pasos y las técnicas estadísticas de manera individual, esto es cierto, pero cuando estos pasos y técnicas son organizadas de manera lógica y con un propósito, el todo puede llegar a ser más grande que la suma de sus componentes. La aplicación de Seis Sigma está creciendo y moviéndose del campo de la manufactura hasta abarcar todas las operaciones de la organización, como servicios, transacciones, administración, investigación y desarrollo, ventas y mercadotecnia, especialmente aquellas áreas directamente afectadas por el cliente (Hahn, G.J., Doganaksoy, N. and Hoerl, 2000).

Para que Seis Sigma sea aplicada en la pequeña y mediana empresa es necesario que la metodología tradicional se adapte para que resulte sustentable (Amitrano, Franzosi, Amodio, & Hatakeyama, 2014).

2. Método

Actualmente existe poca investigación de la aplicación de la metodología Seis Sigma en las Pequeñas y Medianas Empresas, por lo que la revisión de la literatura permite conocer los trabajos que se realizan en este tipo de empresas. Varios autores coinciden dentro de la literatura del entorno de las Mipymes en que uno de los factores que más influye en el ciclo de vida de estas empresas es la competitividad, y ésta es afectada principalmente por aspectos internos de las empresas (Salas et al., n.d.); de acuerdo a Pulido Reyes (2010), los análisis estadísticos revelan que el 95% de los fracasos en las Mipymes se deben a la falta de experiencia y formación

en la dirección de empresas sin importar el giro que se trate. De acuerdo a Palomo González (2005), en los estudios para identificar los problemas de las Pymes, éstos se clasifican en dos enfoques: el enfoque externo que son del tipo macroeconómico y donde la pyme no tiene influencia en su solución; y el enfoque interno, problemas derivados de la gestión propia del negocio.

Algunos autores han desarrollado un marco de referencia o guía a seguir para la implementación de Seis Sigma en las pymes, de acuerdo a Kumar, Antony, & Tiwari (2011), la implementación de Seis Sigma a lo largo de una compañía puede tomar lugar mediante cinco fases, iniciando con la evaluación de la disposición para la implementación hasta el sostenimiento de los beneficios logrados, para Chan, Jie, Kamaruddin, & Azid (2014), el desarrollo de un marco de referencia depende del ambiente (cultura gerencial, tamaño de la empresa, tecnología) particular de cada empresa. Felizzola Jiménez & Luna Amaya (2014), desarrollaron un enfoque metodológico compuesto de cuatro fases para la implementación de LSS (Lean Seis Sigma) que en su orden son: Preparación, Identificación, Ejecución y Evaluación, todo esto soportado en una cultura de mejora Kaizen.

Habiendo identificado por un lado las barreras y obstáculos inherentes a este sector empresarial, y por otro lado, los diferentes enfoques metodológicos que algunos expertos han creado, se diseñó una metodología básica que permita el despliegue efectivo de Seis Sigma en las pymes. Soportada en la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), que inicia con la definición del problema, seguida por la medición del desempeño del proceso. Se identifican aquellas variables objetivo y se traza un plan contra los predictores potenciales mediante herramientas analíticas apropiadas para determinar los ajustes del proceso mejorado, y finalmente, el desempeño del proceso mejorar se sustenta mediante la imposición de planes de control efectivos(Gijo, Bhat, & Jnanesh, 2014).

3. Resultados

Como resultado del trabajo previo, la metodología propuesta para la implementación de Seis Sigma en las pymes consiste en 10 fases secuenciales que se describen brevemente. De igual manera, como trabajo futuro se recomienda llevar a cabo la aplicación de la metodología en diversas pymes para verificar su validez. En la Figura 1 se presenta la metodología.

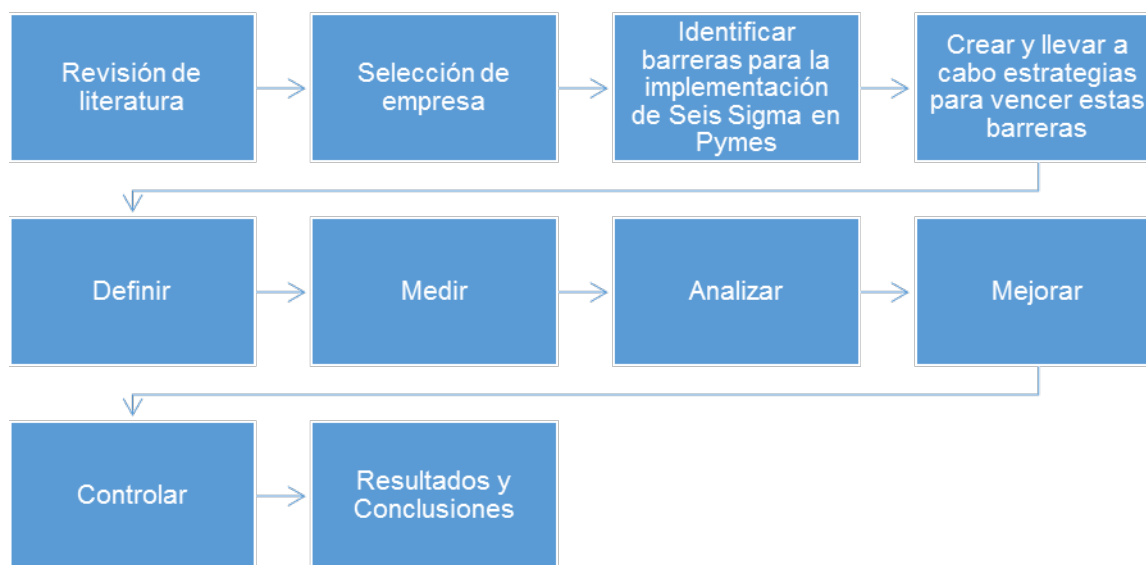


Figura 1. Metodología propuesta

Inicialmente se realiza la revisión de literatura en bases de datos y artículos científicos; de acuerdo a Reosekar & Pohekar (2014), el número de artículos publicados acerca de Seis Sigma es inmenso y sigue creciendo a un ritmo acelerado. La literatura existente proporciona información y casos de éxito en la implementación de Seis Sigma en grandes corporaciones, sin embargo, su aplicación en la micro, pequeña y mediana empresa es un tema reciente del cuál es necesario conocer su desarrollo y los estudios realizados por diversos autores.

El siguiente paso es la selección de la empresa; ésta será con base en su tamaño y actividad. Los criterios de selección en relación al tamaño son de acuerdo al número de empleados en la empresa, y respecto a la actividad de la empresa, se considerará un sector que presente características similares.

El tercer paso es identificar de manera empírica las barreras y obstáculos por las que la implementación de la metodología Seis Sigma no se lleva a cabo de igual manera en las Pymes como en las grandes empresas, y corroborar con la información obtenida de la literatura.

En cuarto lugar, se crearán las estrategias para atacar las barreras identificadas en el paso anterior y que impiden el despliegue efectivo de la metodología Seis Sigma y se llevarán a cabo mediante la utilización de herramientas y técnicas estadísticas básicas.

En los pasos 5 a 9 de la metodología se lleva a cabo el despliegue de la metodología a través de cada una de las etapas del proceso DMAIC. Cada etapa del proceso sufrirá las adaptaciones necesarias para su implementación en la Pyme. El proceso inicia con la definición de un problema, seguido por la medición del desempeño de la empresa (Gijo et al., 2014), el análisis de los datos, la mejora y por último la toma de acciones de control que permitan sostener la mejora.

En la primer etapa: Definir es necesario hacer énfasis en la selección y definición del proyecto. La etapa de selección del proyecto es crucial para el éxito de la metodología, varios autores establecen que si la selección del proyecto y definición de metas no se hace de manera apropiada, esto puede ocasionar la falla del proyecto (Gijo et al., 2014). Gupta (2013), identifica la selección del proyecto como un elemento absolutamente esencial para una implementación exitosa de Seis Sigma. Los criterios normalmente aplicados por las compañías para la selección del proyecto Seis Sigma según Raghunath & Jayathirtha (2013):

- Enfocarse en CTQ (críticos para la calidad);
- Beneficio financiero para la administración;
- Necesidades y expectativas del cliente;
- Duración del proyecto;
- Probabilidades de éxito;
- Mediciones de la variable de respuesta;
- Facilidad en la colección de datos;
- Recursos requeridos para proyectos;
- COPQ (costos de la mala calidad);
- Experiencia y habilidades en la administración de proyectos;
- Benchmarking;
- Mapa de proceso de operaciones;
- Grupo estratégico de trabajo;
- Riesgos involucrados con el proyecto.

En la etapa de Medir, los proyectos Seis Sigma, están guiados y evaluados por una serie de métricos que son clave en las características del proceso, el alcance de los parámetros y su desempeño (Sokovic, Pavletic, & Pipan, 2010). Adicionalmente a los típicos métricos

financieros y operacionales, Seis Sigma utiliza mediciones únicas como el sigma del proceso, críticos para la calidad (CTQ), y defectos por millón de oportunidades (Swink & Jacobs, 2012).

Analizar es la etapa que identifica como cada una de las entradas del proceso afecta la salida, en otras palabras, la causa raíz del problema que se quiere atacar debe ser detectada (Scalera, 2011).

Mejorar implica realizar cambios reales que proporcionen el resultado esperado, mejoras en la calidad incluyen educación, también el involucramiento y el conocimiento de cómo la pobre calidad existe en el proceso actual y después implementar las mejoras que contribuyan a que las fuentes de la pobre calidad sean eliminadas (R. Singh & Kumar, 2014).

Controlar. Es la última fase del proceso DMAIC y contiene actividades que aseguren que las mejoras del proyecto se mantiene mediante el seguimiento del desempeño. De acuerdo a(B. J. Singh & Khanduja, 2014), en las últimas dos décadas, si la fase controlar es débil, ésta se puede convertir en una de las principales razones para que falle Seis Sigma.

Como último paso de la metodología, el factor crítico, o la variable de respuesta seleccionada en el proyecto, una vez concluidas las fases previas, permite hacer una comparación entre el antes y el después de la implementación de la metodología. Al finalizar el proceso DMAIC, una vez que se alcanzaron los resultados, el reto es mantener la mejora en los resultados alcanzados (Antony, Gijo, & Childe, 2012).

Para mantener las mejoras en el futuro, los procesos y sus métricos asociados deben ser simples, transparentes, entendibles y aceptados por todos los involucrados. De otra manera, no tendrán ningún uso, el personal no los seguirá, no tendrá confianza en ellos o en su uso (Ansari, Lockwood, Thies, Modarress, & Nino, 2011).

4. Conclusiones

La información acerca de la importancia de las Pymes a nivel mundial como un sector en constante crecimiento, el mayor contribuyente con la generación de empleo presenta un panorama de fracaso con una tasa de mortalidad del 90% después de un año de iniciar operaciones principalmente por factores que afectan su desempeño operacional y competitividad muestra la necesidad de utilizar estrategias de mejora como lo es la metodología Seis Sigma. Sin

embargo, debido a las características de este sector empresarial, se han identificado barreras que impiden el despliegue efectivo de la metodología.

El presente trabajo presenta una metodología adaptada a las necesidades de la pequeña y mediana empresa para su implementación que consta de 10 fases secuenciales que incluyen el ciclo DMAIC como parte fundamental del enfoque de mejora.

5. Referencias

- Amitrano, F., Franzosi, L. D. O., Amodio, C. C., & Hatakeyama, K. (2014). Application of Six Sigma in Small Company, 2354–2370.
- Ansari, A., Lockwood, D., Thies, E., Modarress, B., & Nino, J. (2011). Application of Six-Sigma in finance: a case study. *Journal of Case Research in Business and Economics*, 1–13.
- Antony, J., Gijo, E. V., & Childe, S. J. (2012). Case study in Six Sigma methodology: manufacturing quality improvement and guidance for managers, 23(8), 624–640.
- Chan, J., Jie, R., Kamaruddin, S., & Azid, I. A. (2014). Implementing the Lean Six Sigma Framework in a Small Medium Enterprise (SME) – A Case Study in a Printing Company, (2012), 387–396.
- Felizzola, H., & Luna, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 22(2), 263–277. <http://doi.org/10.4067/S0718-33052014000200012>
- Gijo, E. V., Bhat, S., & Jnanesh, N. A. (2014). Application of Six Sigma methodology in a small-scale foundry industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), 193–211. <http://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2013-0052>
- Gobernación, S. de. (2009). *No Title. Diario Oficial de la Federación*.
- Goh, T. N. (2011). Six Sigma in Industry : Some Observations After Twenty-five Years. *Quality and Reliability Engineering International*, 27, 221–227. <http://doi.org/10.1002/qre.1093>
- Gupta, N. (2013). An overview on six sigma: quality improvement program. *International Journal of Technical Research and Applications*, 1(1), 29–39.
- Hahn, G.J., Doganaksoy, N. and Hoerl, R. (2000). The evolution of Six Sigma. *Quality Engineering*, 12(3), 317–326.
- Kumar, M., Antony, J., & Tiwari, M. K. (2011). Six Sigma implementation framework for SMEs – a roadmap to manage and sustain the change. *International Journal of Production Research*, 49(18), 5449–5467. <http://doi.org/10.1080/00207543.2011.563836>
- OCDE. (2013). Temas y Políticas Clave de PyMes y Emprendedores en México, 15.
- Palomo González, M. A. (2005). Los procesos de gestión y la problemática de las PYMES. *Ingenierías*, VIII(28), 25–31.
- Pulido, I. (2010). *Capital Humano como Factor Clave en el Desarrollo y Sustento de las Pymes*.
- Raghunath, A., & Jayathirtha, R. V. (2013). Critical Success Factors for Six Sigma implementation by SMEs. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(2).
- Reosekar, R. S., & Pohekar, S. D. (2014). Six Sigma methodology: a structured review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(4), 392–422. <http://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2013-0059>

- Salas, J. F., Valles, E. K., Galván, A. K., & Cuevas, T. (n.d.). Competitividad para las micro, pequeñas y medianas empresas en México, mediante las incubadoras de Negocios. *European Scientific Journal*, 8(25), 267–282.
- Scalera, F. (2011). World class manufacturing and “Six Sigma”: Their application to SMEs, as well as to services, 3.
- Singh, B. J., & Khanduja, D. (2014). Perspectives of control phase to manage Six Sigma implements : an empirical study. *International Journal of Business Excellence*, 7(1), 88–111.
- Singh, R., & Kumar, S. (2014). A Basic Approach to Six Sigma in SMEs to improve Production , Quality & Management System. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4(6), 4238–4241.
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle , RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476–483.
- Swink, M., & Jacobs, B. W. (2012). Six Sigma adoption : Operating performance impacts and contextual drivers of success. *Journal of Operations Management*, 30, 437–3. <http://doi.org/10.1016/j.jom.2012.05.001>

Mejora en la flexión del concreto hidráulico utilizando el diseño de experimentos con mezclas

Mirna Judith Gómez Payan, Roberto Romero López, Manuel Iván Rodríguez Borbón y Alejandro Alvarado Iniesta

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: mjudg03@gmail.com

Resumen: El presente estudio, pretende determinar las proporciones optimas de los componentes del concreto, tomando como variable de respuesta la resistencia a la flexión, por medio de vigas de concreto, creadas en base a cinco componentes básicos, los cuales son: agua, cemento, agregado grueso y agregado fino, de los cuales el agua se tomara como constante y las tres restantes como variables. Se llevó a cabo aplicando un diseño experimental de mezclas en el cual se ensayaron 26 mezclas experimentales con diversas proporciones de los tres componentes: cemento, agregado grueso y agregado fino. En las vigas se evaluó la resistencia, sometiéndolas a la prueba de flexión en una maquina universal, para posteriormente determinar la mezcla optima a través del análisis de superficie de respuesta, mediante los resultados.

Palabras claves: Diseño de vértices extremos, diseño de experimentos por mezclas, vigas de concreto, resistencia a la flexión.

1. INTRODUCCIÓN

El concreto es una mezcla de cemento, agregados gruesos, agregados finos y agua, es un material que ha sido utilizado y estudiado por cientos de años en virtud de sus propiedades para ser moldeado en estado fresco y por su resistencia en estado endurecido. Su aparición se dio cuando los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcamos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza capaz de resistir la acción del agua, dulce o salada. La versatilidad de aplicación del concreto ha permitido su uso en diferentes tipos de estructuras tales como edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales, fabricas, casas, obras más cómodas y seguras para los seres humanos (Parra Maya & Bautista Moros, 2010).

En los primeros años de la década de los 90's se usaba un único tipo de concreto que cumplía con las características deseables tanto para placas como muros, sin embargo es claro que el uso de un único tipo de mezcla de concreto no garantiza un adecuado aprovechamiento de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas.

En las últimas dos décadas, mucho esfuerzo científico y tecnológico se ha dedicado al desarrollo para la construcción de carreteras ya que las especificaciones de estas son cada día más estrictas. Ya que para el concreto usado en placas, banquetas, lozas se debe tener en cuenta los esfuerzos de tensión por flexión, evitando fisuras en las placas causadas por el peso de las formaletas así como la evaluación del personal que trabaja sobre las placas en las primeras horas después de vaciado el concreto (Díaz, Bautista, Sánchez, & Ruiz, 2010).

Así como el concreto, dentro de la industria, existe una variedad de productos elaborados a partir de la mezcla de dos o más ingredientes, en los cuales las características de calidad dependen de la formulación de sus componentes, por lo cual es importante encontrar la mejor mezcla de los ingredientes utilizados.

1.1 Diseño de mezclas

En el campo de la industria es una práctica común hacer experimentos o pruebas con la intención de que al mover o hacer algunos cambios en los materiales, métodos o condiciones de operación de un proceso se puedan detectar, resolver o minimizar los problemas de calidad (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004, pag. 4).

Es común que estas pruebas o experimentos se hagan sobre la marcha a prueba y error, apelando a la experiencia y a la intuición; en lugar de seguir un plan experimental adecuado que garantice una buena respuesta a las interrogantes planteadas (E. Box, Hunter, & G. Hunter, 2008). En muchas situaciones no es suficiente aplicar experimentación a prueba y error, por lo que siempre es mejor proceder de una forma eficaz que garantice la obtención de las respuestas a las interrogantes planteadas, en un lapso corto de tiempo y utilizando pocos recursos (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004, pag.4). Es aquí donde el diseño de experimentos es utilizado debido a que es la forma más eficaz de hacer pruebas proporcionar técnicas y la estrategia necesaria para llevar los procesos a mejores condiciones de operación.

En el diseño de mezclas se trabaja con factores experimentales, los cuales son productos o ingredientes con un determinado número de componentes, la variable de respuesta o propiedad

típica depende de la composición final que alcance la mezcla resultantes dada por el aporte relativo o proporciones relativas de cada uno de los productos que han participado en la mezcla y no de la cantidad absoluta (Fernandez Rodriguez & Ruilova Cueva, 2013).

Generalmente en el diseño de mezclas con el objetivo de la investigación o en trabajos prácticos cotidianos se trabaja con factores experimentales los cuales pueden ser productos o ingredientes con un determinado número de componentes. La variable respuesta o propiedad típica depende de la composición final que alcance la mezcla resultante dada por el aporte relativo o proporciones relativas de cada uno de los productos que han participado en la mezcla y no de la cantidad absoluta. Las proporciones deben sumar 1 o 100 en forma de porciento, los factores no pueden variar independientemente sobre algún otro. (Fernandez Rodriguez & Ruilova Cueva, 2013)

Los diseños experimentales de mezclas más frecuentes utilizados son el llamado de red simple (*simplex-lattice*), el centrado simple (*simplex-centroid*), vértices extremo (M. Guish, D. Pavioni, & Kessler, 2011).

Diseño simplex reticular

Considera q componentes y permite ajustar un modelo de orden m. Los tratamientos se obtienen con todas las mezclas que pueden formarse dado que los componentes toman los valores $X_i = 0, 1/m, 2/m, \dots, m/m$, incluye básicamente puntos en la frontera.

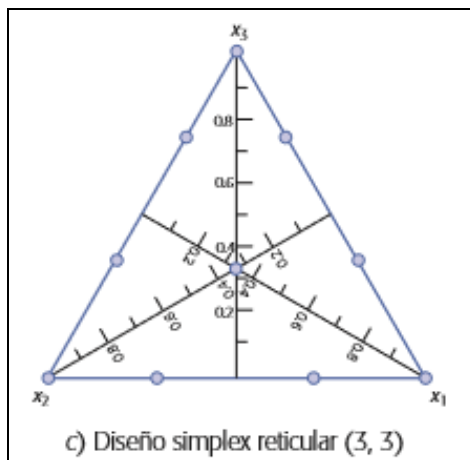


Fig. 1 Diseño simplex reticular (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004)

Diseño simplex con centroide

Este tipo de diseño es un diseño en el sistema de coordenadas simplex que se compone de mezclas que contienen 1, 2, 3... o k componentes en proporciones iguales. Consiste en 2^{q-1} puntos definidos de la siguiente forma las 9 mezclas puras, todos los puntos medios de las aristas definidas por cada dos vértices del simplex y así hasta obtener el simplex con centroide (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004).

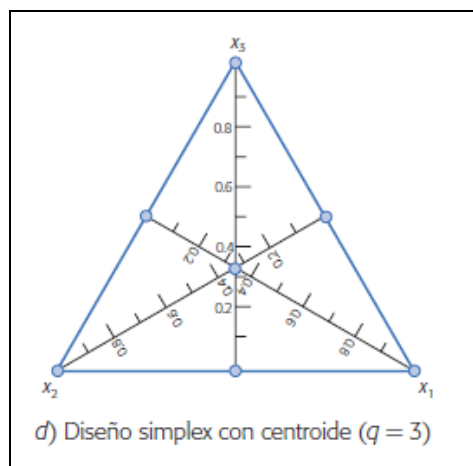


Fig. 2 Diseño simplex centroide (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004)

Diseño de vértices extremos

Se aplica en experimentos de mezclas con restricciones donde la región experimental es un polígono irregular. Se usan los vértices de la región restringida como la base del diseño, junto con puntos entre el centroide global y el centroide de la región experimental (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004).

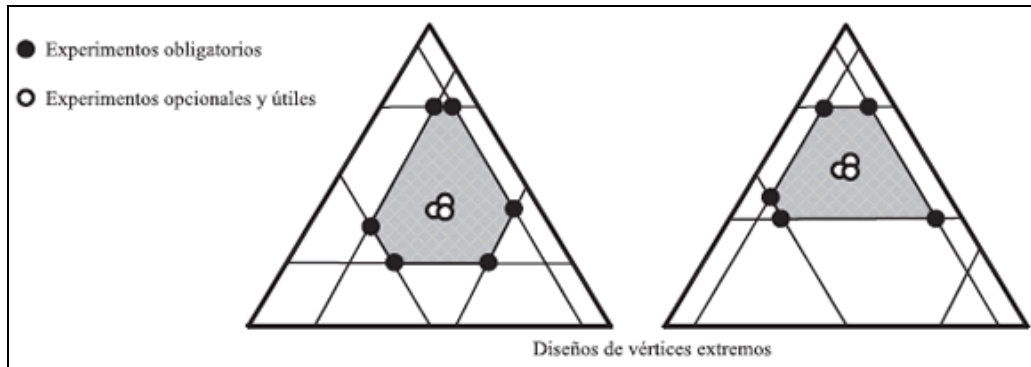


Fig. 3 Diseño vértices extremos (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004)

1.2 Caso de aplicación

Los pisos industriales son por lo general estructuras en concreto, las cuales tienen unas características especiales, como su alta planicidad, resistencia mecánica, resistencia química, resistencia al impacto; al igual deben ser durables y tener un equilibrio entre costos y funcionalidad. En el sector de la construcción, se ha tratado de dar solución a la complejidad que abarca la construcción de pisos industriales, atacando las variables mencionadas anteriormente, implementando nuevas tecnologías como lo son entre otras, los pisos industriales potenciados adicionalmente a la mano de obra calificada que se necesita (Gracia Alarcon & Quesada Bolanos, 2012).

El esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto, está determinado principalmente por las proporciones de los agregados gruesos, del cemento y de la interface entre estos. La necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer a detalle sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las proporciones de cada uno dentro de la mezcla.

Los agregados constituyen un factor determinante en la economía, durabilidad y estabilidad en las obras civiles, pues ocupan allí un volumen muy importante. Por ejemplo el volumen de los agregados en el concreto hidráulico es de un 65% a 85%, en el concreto asfáltico

es del 92% al 96% y en los pavimentos del 75% al 90% (Gutierrez de Lopez, El concreto y otros materiales para la construccion, 2003).

Por lo anterior, nace la necesidad de aplicar y dar a conocer la herramienta de diseño de experimentos por mezclas, proponiendo una nueva metodología en el área de la construcción encontrando las proporciones exactas de cada componente.

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este proyecto de investigación está basado en las pautas generales para diseñar experimentos (Montgomery, 2011). En la figura 4 se muestran las etapas de esta:

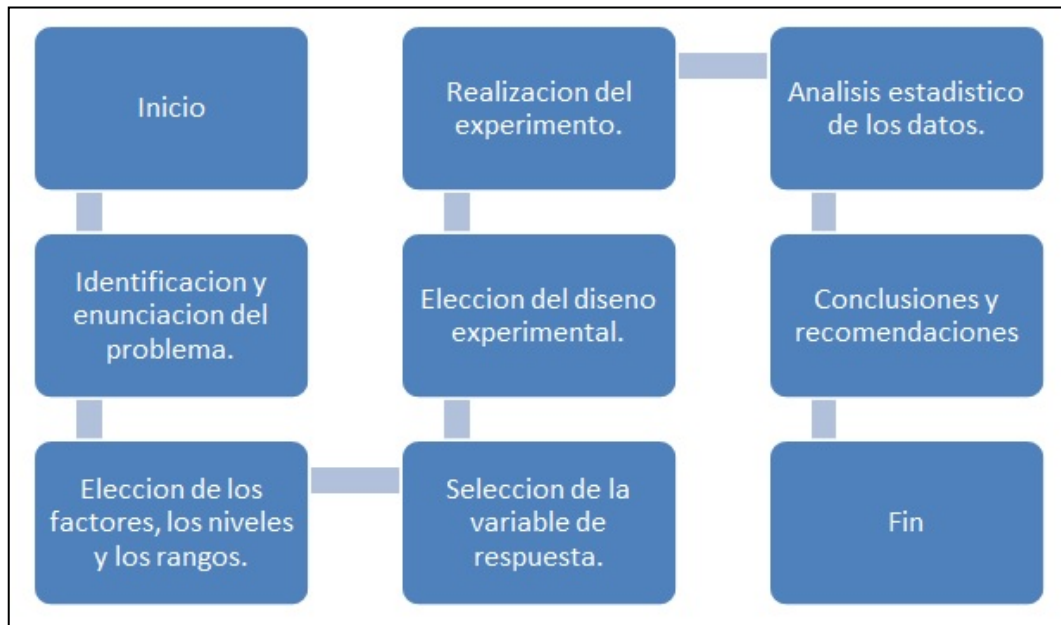


Figura 4 Pautas generales para diseñar experimentos

A continuación se describe a detalle cada uno de los pasos del diseño experimental:

3.2.1 Identificación y enunciación del problema

Es necesario desarrollar todas las ideas acerca de los objetivos del experimento. En la mayoría de los casos es conveniente hacer una lista de los problemas o las preguntas específicas que van a abordarse en el experimento.

3.2.2 Elección de los factores, los niveles y los rangos

Cuando se consideran los factores, que pueden influir en el desempeño de un proceso o sistema, el experimentador suele descubrir que estos factores pueden clasificarse como **factores potenciales del diseño** o bien como **factores perturbadores**. Los factores potenciales del diseño son aquellos que él experimentador posiblemente quiera hacer varían en el experimento. Es frecuente encontrar que hay muchos factores potenciales del diseño, por lo que es conveniente contar con alguna clasificación adicional de los mismos. Algunas clasificaciones útiles son **factores del diseño, factores que se mantienen constantes y factores a los que se permite variar**. Los factores del diseño son los que se seleccionan realmente para estudiarlos en el experimento. Los factores que se mantienen constantes son variables que pueden tener cierto efecto sobre la respuesta, pero que para los fines del experimento en curso no son de interés, por lo que mantendrán fijos en un nivel específico.

3.2.3 Selección de la variable de respuesta

Para seleccionar la variable de respuesta, el experimentador deberá tener la certeza de que esta variable proporciona en realidad información útil acerca del proceso bajo estudio.

3.2.4 Elección del diseño Experimental

La elección del diseño, implica la consideración del tamaño de la muestra (número de réplicas), la selección de un orden de corridas adecuado para los ensayos experimentales...

3.2.5 Realización del experimento

Cuando se lleva a cabo el experimento es vital monitorear con atención el proceso a fin de asegurarse de que todo se esté haciendo conforme a la planeación. Antes de llevar a cabo el experimento, es conveniente en muchas ocasiones realizar algunas corridas piloto o de prueba.

3.2.6 Análisis estadísticos de los datos

Deberán usarse métodos estadísticos para analizar los datos a fin de que los resultados y las conclusiones sean objetivos y no de carácter apreciativo.

3.2.7 Conclusiones y recomendaciones

Una vez que se han analizado los datos, el experimentador debe sacar conclusiones prácticas acerca de

4. RESULTADOS

Se creó la matriz utilizando el diseño de experimentos con mezclas, en específico el diseño de vértices extremos, ya que los tres componentes deben estar presentes en todas las corridas a lo largo del experimento con su restricción correspondiente, con dos replicas, la matriz se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Matriz de Diseño

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Arena	Cemento	Grava
26	1	-1	1	29.745	11.895	43.36
22	2	0	1	28.33	11.33	45.34
12	3	-1	1	29.745	10.765	44.49
10	4	-1	1	26.915	10.765	47.32
3	5	1	1	31.16	10.2	43.64
15	6	1	1	25.5	12.46	47.04
6	7	2	1	28.33	10.2	46.47
8	8	2	1	28.33	12.46	44.21
21	9	2	1	28.33	12.46	44.21
4	10	1	1	31.16	12.46	41.38
7	11	2	1	31.16	11.33	42.51
14	12	1	1	25.5	10.2	49.3
5	13	2	1	25.5	11.33	48.17
19	14	2	1	28.33	10.2	46.47
13	15	-1	1	29.745	11.895	43.36
20	16	2	1	31.16	11.33	42.51
17	17	1	1	31.16	12.46	41.38
25	18	-1	1	29.745	10.765	44.49
1	19	1	1	25.5	10.2	49.3
18	20	2	1	25.5	11.33	48.17
11	21	-1	1	26.915	11.895	46.19
2	22	1	1	25.5	12.46	47.04
24	23	-1	1	26.915	11.895	46.19
23	24	-1	1	26.915	10.765	47.32
9	25	0	1	28.33	11.33	45.34
16	26	1	1	31.16	10.2	43.64

A partir de la tabla anterior, en la cual se pueden observar los diferentes diseños, se procedió a la elaboración de las vigas.

Para iniciar con la elaboración de las vigas, fue necesario pesar cada uno de los componentes y colocarlos en el piso, primero se pesó la arena, después el cemento, posteriormente la grava y al final el agua, todo se mezclaba hasta obtener la apariencia esperada. Se utilizó una báscula industrial para pesar así como dos botes. En las siguientes imágenes, se aprecia mejor el procedimiento.



Una vez mezclados los componentes y obteniendo la consistencia requerida esta se vaciaba en el molde de la viga, previamente engrasado y siguiendo de la misma forma la norma correspondiente para el vaciado, una vez vaciado se golpean los lados del molde buscando sacar el aire, una vez consolidado, se o enrasa la superficie retirando el exceso de concreto para producir una superficie plana y lisa. El procedimiento se observa a continuación:



Una vez vaciada la mezcla total, en los moldes, esta se dejaba reposar y secar durante 24 horas, para después ser marcada para su identificación, desencofrada y puesta en curado en pilas llenas de agua con cal durante 28 días, buscando evitar la pérdida de humedad de los especímenes.



Una vez pasado el tiempo de curado, las vigas eran sacadas de las pilas unas horas antes de la prueba, permitiendo así su secado.

Posteriormente eran medidas del alto, claro y ancho; marcando los puntos tercios en lo claro de la viga.



Una vez marcadas, eran transportadas a lugar donde se encontraba la maquina universal para la prueba (Forney Universal), se colocaba la viga entre dos personas en el área de la prueba y se procedía a aplicar la fuerza, como se observa en las imágenes siguientes:



La prueba consiste en aplicar fuerza cargada en los puntos tercios, hasta que la viga se fracture, siguiendo la norma ASTM C 78, una vez sucedido, la aguja indica el peso que es capaz de soportar, posteriormente se apaga la máquina y se retira la viga quebrada en dos, se observa el claro en el que se presentó la fractura, comúnmente esta se presenta en el segundo tercio.

Se obtuvo la carga soportada en kilogramos, luego se realizaban los cálculos necesarios para obtener la resistencia soportada en Psi para las diferentes muestras. Los resultados obtenidos en Psi, fueron introducidos a Minitab ® para el análisis, obteniendo lo siguiente:

Tabla 2. Resultado del análisis

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Arena	Cemento	Grava	Resistencia	FITS1	RESI1
26	1	-1	1	29.745	11.895	43.36	580.9658	574.786436	6.17936432
22	2	0	1	28.33	11.33	45.34	565.65	590.191091	-24.5410909
12	3	-1	1	29.745	10.765	44.49	590.521	573.651597	16.8694026
10	4	-1	1	26.915	10.765	47.32	583.292	574.933586	8.35841432
3	5	1	1	31.16	10.2	43.64	445.26	472.350567	-27.090567
15	6	1	1	25.5	12.46	47.04	587.009	573.900067	13.108933
6	7	2	1	28.33	10.2	46.47	445.27	423.523317	21.7466828
8	8	2	1	28.33	12.46	44.21	642.52	663.558317	-21.0383172
21	9	2	1	28.33	12.46	44.21	722.29	663.558317	58.7316828
4	10	1	1	31.16	12.46	41.38	587.41	605.50697	-18.09697
7	11	2	1	31.16	11.33	42.51	593.21	599.016817	-5.80681721
14	12	1	1	25.5	10.2	49.3	439.46	452.22657	-12.76657
5	13	2	1	25.5	11.33	48.17	592.159	546.275817	45.8831828
19	14	2	1	28.33	10.2	46.47	439.47	423.523317	15.9466828
13	15	-1	1	29.745	11.895	43.36	595.3529	574.786436	20.5664643
20	16	2	1	31.16	11.33	42.51	642.517	599.016817	43.5001828
17	17	1	1	31.16	12.46	41.38	598.0708	605.50697	-7.43616998
25	18	-1	1	29.745	10.765	44.49	531.84	573.651597	-41.8115974
1	19	1	1	25.5	10.2	49.3	439.46	452.22657	-12.76657
18	20	2	1	25.5	11.33	48.17	538.086	546.275817	-8.18981721
11	21	-1	1	26.915	11.895	46.19	528.2432	573.197697	-44.9544974
2	22	1	1	25.5	12.46	47.04	548.18	573.900067	-25.720067
24	23	-1	1	26.915	11.895	46.19	593.21	573.197697	20.0123026
23	24	-1	1	26.915	10.765	47.32	593.321	574.933586	18.3874143
9	25	0	1	28.33	11.33	45.34	536.64	590.191091	-53.5510909
16	26	1	1	31.16	10.2	43.64	486.83	472.350567	14.479433

Regression for Mixtures: Resistencia 28 d versus Arena, Cemento, Grava

Estimated Regression Coefficients for Resistencia 28 dias (pseudocomponents)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Arena	690	173.5	*	*	123.0
Cemento	29594	8072.9	*	*	42461.4
Grava	452	24.4	*	*	4.1
Arena*Cemento	-50917	14127.3	-3.60	0.002	25941.2
Arena*Grava	-590	414.3	-1.42	0.174	67.3
Cemento*Grava	-50650	14072.0	-3.60	0.002	30374.3
Arena*Cemento*Grava	51909	13407.3	3.87	0.001	1112.5
Arena*Cemento*(-)	23430	6525.7	3.59	0.002	880.6
Arena*Grava*(-)	-334	416.0	-0.80	0.434	7.3
Cemento*Grava*(-)	-24386	6534.3	-3.73	0.002	1368.3

S = 35.3523 PRESS = 50804.8

R-Sq = 84.40% R-Sq(pred) = 60.36% R-Sq(adj) = 75.62%

Analysis of Variance for Resistencia 28 dias (pseudocomponents)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	108175	108174.6	12019.4	9.62	0.000
Linear	2	73012	17544.5	8772.3	7.02	0.006
Quadratic	3	13969	17399.1	5799.7	4.64	0.016
Arena*Cemento	1	70	16234.5	16234.5	12.99	0.002
Arena*Grava	1	3507	2531.1	2531.1	2.03	0.174
Cemento*Grava	1	10392	16191.7	16191.7	12.96	0.002
Special Cubic	1	2934	18734.5	18734.5	14.99	0.001
Arena*Cemento*Grava	1	2934	18734.5	18734.5	14.99	0.001
Full Cubic	3	18260	18260.3	6086.8	4.87	0.014
Arena*Cemento*(-)	1	48	16111.1	16111.1	12.89	0.002
Arena*Grava*(-)	1	806	805.7	805.7	0.64	0.434
Cemento*Grava*(-)	1	17407	17406.5	17406.5	13.93	0.002
Residual Error	16	19997	19996.5	1249.8		
Lack-of-Fit	3	8039	8039.2	2679.7	2.91	0.074
Pure Error	13	11957	11957.3	919.8		
Total	25	128171				

Estimated Regression Coefficients for Resistencia 28 dias (component amounts)

Term	Coef
Arena	3408.29
Cemento	461446
Grava	-1277.27
Arena*Cemento	-9359.25
Arena*Grava	-125.467
Cemento*Grava	-9249.00
Arena*Cemento*Grava	104.488
Arena*Cemento*(-)	47.1626
Arena*Grava*(-)	-0.672329
Cemento*Grava*(-)	-49.0867

Unusual Observations for Resistencia 28 dias

Resistencia						
Obs	StdOrder	28 dias	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
9	21	722.290	663.558	22.746	58.732	2.17R

Coeficientes de regresión:

$$Y = 690X_1 + 29594X_2 + 452X_3 - 50917X_1X_2 - 590X_1X_3 - 50650X_2X_3 + 51909X_1X_2X_3$$

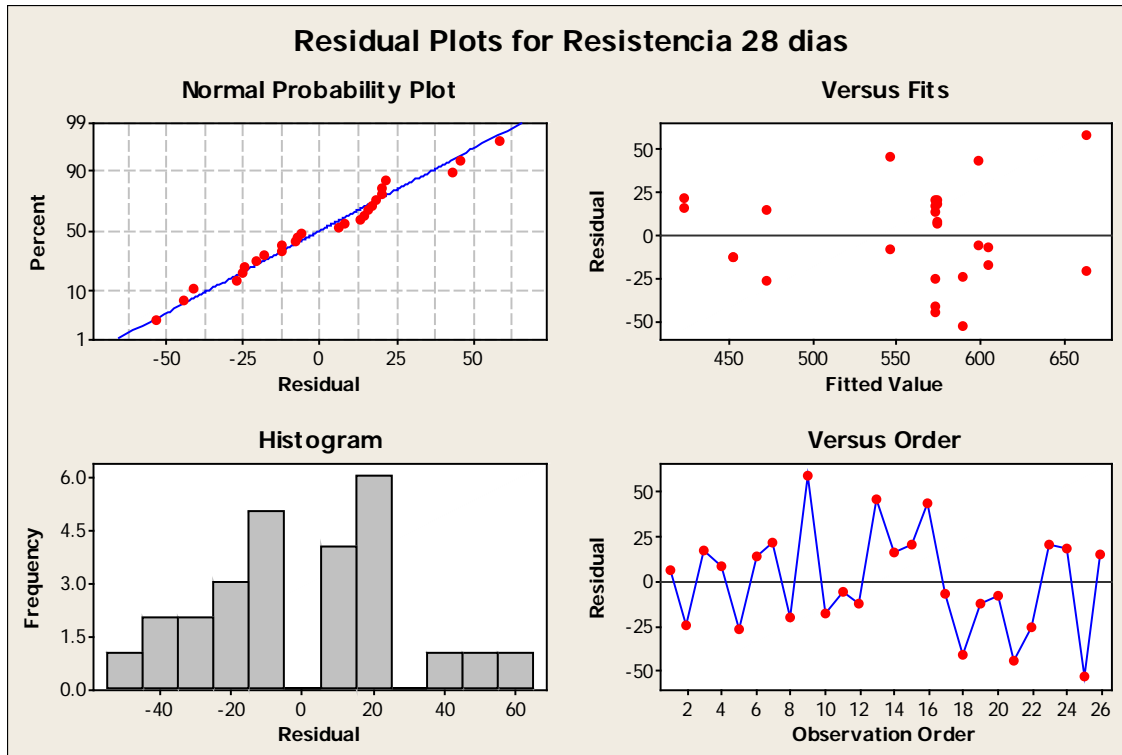


Figura 5 Graficas dde resultados

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al utilizar el diseño de experimentos con mezclas fue posible desarrollar un concreto con un MR de 600 Psi, que era el esperado; así como encontrar proporciones cercanas a las reales. Las reales fueron de 11.33 Lb de cemento, 28.33 lbs de arena y 45.8 lbs de grava; las encontradas bajo el diseño de mezclas se muestran en la tabla 2, en los diseños 8 y 21, utilizando 12.46 lbs de cemento, 28.33 lbs de arena y 44.21 lbs de grava.

Al revisar la tabla ANOVA encontramos que al recurrir al criterio del coeficiente de determinación R^2 , determinamos que es bueno ya que explica el 84.4% de los datos utilizando el modelo de regresión cubico completo. Al igual que al observar el error estándar de la regresión S , es aceptable ya que este representa la dispersión entre las observaciones y el modelo y se encuentra por debajo del 50%.

También se observa en los coeficientes que el cemento > arena > grava, por lo que se concluye que el cemento es el componentes que produce mayor resistencia.

Referencias

1. Diaz, J., Bautista, L., Sanchez, A., & Ruiz, D. (2010). Caracterización de mezclas de concreto utilizadas en sistemas industrializados de construcción de edificaciones. *Universidad de los andes*, 60-74.
2. E. Box, G., Hunter, J., & G. Hunter, W. (2008). *Estadística para investigadores Diseño, innovación y descubrimiento*. Barcelona: Reverte.
3. Fernandez Rodriguez, F., & Ruilova Cueva, M. B. (2013). Programa para el diseño de mezclas de residuos agrícolas para el cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus*. *Tecnología química*, 128-136.
4. Gracia Alarcon, O. A., & Quesada Bolanos, G. (2012). Evaluación de una alternativa para la construcción de pisos industriales de gran formato en Colombia.
5. Gutierrez de Lopez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Colombia.
6. Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2004). *Análisis y Diseño de experimentos*. México: McGraw-Hill.
7. Gutierrez Roa, D. F., Ortega Perez, D. C., Bustamante Rúa, M. O., & Correa Espinal, A. A. (2014). Diseño de mezclas en formulaciones industriales. *DYNA*, 149-157.
8. Lopez Torres, R., Ramirez Guzman, M., Gonzalez Cossio, F., & Martinez Garza, A. (2010). Rene Lopez Torres, Martha Ramirez Guzman, Feliz Gonzalez Cossio, Angel Martinez Garza. *Agrociencia*, 579-592.
9. M. Guish, A., D. Pavioni, O., & Kessler, T. (2011). Aplicación del diseño de mezclas para la determinación del color en pastas comestibles. *Jornadas Nacionales del Color*, 1-78.
10. Montgomery, D. (2011). *Diseño y análisis de experimentos*. Mexico: Limusa Wiley.
11. Parra Maya, K. M., & Bautista Moros, M. A. (2010). Diseño de una mezcla de concreto utilizando residuos industriales y escombros. 1-115.

Validación por expertos de un instrumento para la identificación de Habilidades y Competencias de un profesional en el área de Logística

Alivid Coromoto Matheus Marín, Roberto Romero López, Patricia C. Parroquín Amaya

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: al154349@alumnos.uacj.mx

Resumen: El objetivo del presente trabajo es validar mediante un método de consulta, como es el Juicio de Experto, un instrumento para identificar las habilidades y competencias que debe poseer un profesional en logística. El estudio obedece al interés expresado por los autores en proponer un modelo que identifique estas habilidades y competencias y que sirva de soporte para la mejora en el proceso de enseñanza aprendizaje en el sector educativo tomando en consideración las necesidades del sector productivo. En primer lugar se realizó un modelo teórico donde se presentan las dimensiones a medir, siendo estas: Gestión en la Cadena de suministro Tecnologías de información, Métodos cuantitativos, Finanzas, Legislación, y las Habilidades blandas. Seguido a esto se generó la operacionalización de variables donde se muestran los indicadores que contribuyen en la medición de las dimensiones. Es a partir de estos indicadores donde se realizó un cuestionario con 33 afirmaciones que fue el objeto a evaluar por parte de los especialistas. Se seleccionaron 2 expertos para llevar a cabo el juicio de experto y una vez obtenidos sus resultados se utilizó el software Minitab 17 para analizar los mismos y en donde el estadístico utilizado llamado coeficiente Kappa arrojó como resultado $K = 0.715$ el cual concluye que el instrumento es válido debido a que el grado de concordancia es Bueno, de acuerdo a la clasificación de Altman (1991).

Palabras Clave: juicio de experto, coeficiente Kappa, logística, habilidades, competencias, profesionales.

1. Introducción

Cuando se intenta medir el comportamiento de una variable, una interrogante que surge en los investigadores es qué tan válida y confiable es la medición, ya que la información que ésta refleje proporciona una base real para obtener un producto investigativo de calidad. Por lo anterior, el presente artículo se centra en la validación por expertos de un instrumento para identificar las habilidades y competencias que debe poseer un profesional en logística, esto como parte de un estudio que tiene como objetivo proponer un modelo que identifique estas habilidades y competencias y que sirva de soporte para la mejora en el proceso de enseñanza

aprendizaje en el sector educativo tomando en consideración las necesidades del sector productivo.

Para la realización del instrumento se realizó un cuestionario basado en una revisión documental previa que arrojó como resultado que las habilidades y competencias que debe poseer éste profesional se agrupan en las siguientes seis dimensiones: Gestión de la cadena de suministro, métodos cuantitativos, tecnología de la información, finanzas, legislación y habilidades blandas, pero se cree que las mismas no están del todo alineadas a lo que se requiere en la parte empresarial.

Para la validación del instrumento actualmente es utilizada la técnica del Juicio de experto la cual es una práctica generalizada que requiere interpretar y aplicar resultados de manera acertada, eficiente y con toda la rigurosidad metodológica y estadística, para permitir que la evaluación basada en la información obtenida de la prueba pueda ser utilizada con los propósitos para la cual fue diseñada (Escobar y Cuervo, 2008).

Este artículo muestra primeramente el modelo teórico que sirve de base en la conceptualización de las dimensiones que son inherentes en las habilidades y capacidades logísticas, de igual manera, se muestran los ítems relacionados a cada una de las dimensiones mencionadas y que forman parte de las afirmaciones del cuestionario a evaluar y por último se realiza la validación por experto cuyas respuestas fueron analizadas a través del estadístico conocido como coeficiente Kappa.

2. Validación del Instrumento

Modelo Teórico

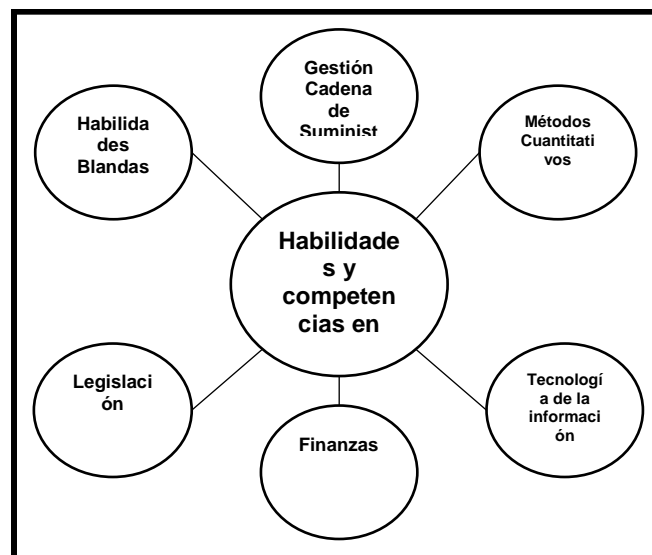
La logística se define como todo movimiento y almacenamiento que facilite el flujo de productos desde el punto de compra de los materiales hasta el punto de consumo, así como los flujos de información que se ponen en marcha, con el fin de dar al consumidor el nivel de servicio adecuado a un costo razonable (Ballou, 2007).

La globalización de los mercados ha impulsado a las empresas a implementar mejoras en sus procesos con la finalidad de hacerlos eficientes, y así poder ofrecer a sus clientes los

productos y servicios en la cantidad, calidad, lugar y tiempo requeridos, todo ello minimizando los costos asociados a estas actividades, obteniendo así ventajas competitivas con respecto a la competencia. Para lograr esto es necesario la correcta aplicación de los procesos logísticos dentro de la Cadena de Suministro a través de las habilidades y competencias del talento humano encargado en esta etapa del proceso industrial.

Por lo anterior, se realizó una investigación de tipo documental que tuvo como objetivo analizar las teorías que reflejan el desarrollo de las habilidades y competencias que debe poseer un profesional del área logística, así también cómo es la perspectiva de mercado en las habilidades de la cadena de suministro, esto se realizó mediante la búsqueda en bases de datos como Emerald, Elsevier, Mendeley, entre otras; también en libros especializados en Logística y Cadena de Suministro y diferentes *journals* y sitios web. Se concluyó en base a la teoría consultada que los autores consideran como habilidad y competencia las siguientes 6 dimensiones: Gestión en la Cadena de suministro (Murphy y Poist, 2007), Tecnologías de información (Mangan y Christopher, 2005), Métodos cuantitativos (Gravier y Farris, 2008), Finanzas (Vokurka, 2011), Legislación (Sodhi et al, 2008), y las Habilidades blandas (Yen-Chun et al, 2013). En la figura 1 se presenta el modelo teórico formulado.

Figura 1. Modelo Teórico Habilidades v Competencias



Una vez desarrollado el modelo teórico se propuso la operacionalización de las variables donde se representaron las variables o constructos, su definición conceptual, las dimensiones y los indicadores relacionados con estas dimensiones; ya que para establecer un posible universo de reactivos se requiere tener una adecuada conceptualización y operacionalización del constructo, es decir, el investigador debe especificar previamente las dimensiones a medir y sus indicadores, a partir de los cuales se realizarán los ítems. Los ítems seleccionados deben por tanto medir las dimensiones del constructo. (Ding y Hershberger, 2002).

Es necesario destacar que a partir de los indicadores se diseñaron las treinta y tres (33) afirmaciones que son la base del instrumento a validar por los expertos. A continuación se presenta en el cuadro 1 la operacionalización de variables:

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
Habilidades y competencias logísticas	Supone una aptitud por parte del individuo para ejecutar, comprender y gestionar las operaciones logísticas internas y externas, con las competencias para reducir los costos, minimizar los riesgos de aprovisionamiento y mejorar los niveles de servicio a los clientes (Ruth y Torres, 2013).	Gestión cadena de Suministro	<ul style="list-style-type: none"> -Procesos flujos -Instalaciones -Transporte -Distribución -Almacenamiento -Servicio al cliente -Relaciones con los proveedores -Riesgo -Logística multimodal -Logística en mercados emergentes -Inventario y previsión -Logística Inversa
		Métodos Cuantitativos	<ul style="list-style-type: none"> -Simulación (Incertidumbre) -Métodos analíticos (Investigación de Operaciones) -Modelos Metaheurísticos -Herramienta Lean -Six Sigma
		Tecnología de la Información	<ul style="list-style-type: none"> -Planificación de recursos empresariales -Comercio Electrónico -Comunicaciones móviles tipo GPS -Codigo de barras, RFID y Voice picking -Indicadores clave de rendimiento (KPI)
		Finanzas	<ul style="list-style-type: none"> -Indicadores Financieros -Gastos Logísticos -Utilidad logística
		Legislación	<ul style="list-style-type: none"> -Regulaciones Internacionales -Normativa Aduana -Normativas de exportación e importación
		Habilidades Blandas	<ul style="list-style-type: none"> -Comunicación -Liderazgo -Desarrollo personal -Lenguas extranjeras -Ética

Cuadro 1. Operacionalización de Variables

Instrumento

El instrumento que se somete a validación por el panel de expertos es un cuestionario para identificar las habilidades y competencias de un profesional en el área de logística. El cuestionario agrupa 33 ítems en torno a seis dimensiones: la primera referida a la gestión en la cadena de suministro, está estructurada en 12 ítems que miden las habilidades relacionadas con el proceso, instalaciones, transporte, distribución, almacenamiento, servicio al cliente, relaciones con los proveedores, riesgo, logística multimodal, logística en mercados emergentes, inventario y logística inversa; la segunda dimensión referida a los métodos cuantitativos, consta de 5 ítems que miden las habilidades en cuanto a incertidumbre, métodos analíticos (Investigación de Operaciones), modelos metaheurísticos, herramienta Lean y Six Sigma; la tercera dimensión se refiere a las tecnologías de información, con 5 ítems que miden las capacidades en planificación de recursos empresariales, comercio electrónico, comunicaciones móviles tipo GPS, código de barras, RFID y *Voice picking* e Indicadores clave de rendimiento (KPI); la cuarta dimensión hace referencia a las finanzas, con 3 ítems que miden las habilidades en indicadores financieros, gastos logísticos y utilidad logística; la quinta referida a la legislación, con 3 ítems que miden los conocimientos en regulaciones internacionales, normativa aduanal y normativas de exportación e importación; y por última dimensión las referidas a las habilidades blandas, con 5 ítems que miden la comunicación, liderazgo, desarrollo personal, lenguas extranjeras y ética que debe poseer un profesional en logística.

Es importante destacar que para la validación de este instrumento se les pidió a los expertos su opinión respecto a si están de acuerdo o no con los ítems que conforman el cuestionario y si estos miden las dimensiones identificadas en la revisión documental, lo anterior con el fin de proponer un modelo para la identificación de las habilidades y competencias de un profesional en el área de Logística que sirva de soporte para la mejora en el proceso de enseñanza aprendizaje en el sector educativo tomando en consideración las necesidades del sector productivo.

Validación por expertos

Existen muchas consideraciones específicas a tomar en cuenta en la evaluación de un cuestionario; una de ellas es la Validez que de acuerdo a Fuentes (1989) se refiere al grado en que una prueba proporciona información que es apropiada a la decisión que se toma.

Al estimar la validez es necesario saber a ciencia cierta qué rasgos o características se desean estudiar, a este rasgo o característica se le denomina variable criterio. Al respecto, Ruiz Bolívar (2002) afirma que “...nos interesa saber qué tan bien corresponden las posiciones de los individuos en la distribución de los puntajes obtenidos con respecto a sus posiciones en el continuo que representa la variable criterio”.

Existen varios tipos de validez, en la presente investigación se utilizó la validez de contenido, que de acuerdo a Corral (2009) es el grado en que un instrumento refleja un dominio específico del contenido de lo que se quiere medir, se trata de determinar hasta dónde los ítems o reactivos de un instrumento son representativos del universo de contenido de la característica o rasgo que se quiere medir, responde a la pregunta cuán representativo es el comportamiento elegido como muestra del universo que intenta representar.

Hay que considerar que, la validez de contenido no puede expresarse cuantitativamente es más bien una cuestión de juicio, se estima de manera subjetiva o intersubjetiva empleando, usualmente, el denominado Juicio de Expertos. Se recurre a ella para conocer la probabilidad de error probable en la configuración del instrumento.

El juicio de expertos consiste básicamente en solicitar a una serie de personas la demanda de un juicio hacia un objeto, un instrumento, un material de enseñanza, o su opinión respecto a un aspecto concreto (Cabero y Llorente, 2013). Se trata de una técnica cuya realización adecuada desde un punto de vista metodológico constituye a veces el único indicador de validez de contenido del instrumento de recogida de datos o de información (Escobar y Cuervo, 2008); de ahí que resulte de gran utilidad en la valoración de aspectos de orden radicalmente cualitativo.

Una parte crítica en el proceso de validación es la identificación de las personas que formarán parte del juicio de expertos por lo que Skjong y Wentworht (2000) proponen los siguientes criterios de selección: (a) Experiencia en la realización de juicios y toma de decisiones basada en evidencia o expertez (grados, investigaciones, publicaciones, posición, experiencia y premios entre otras), (b) reputación en la comunidad, (c) disponibilidad y motivación para participar, y (d) imparcialidad y cualidades inherentes como confianza en sí mismo y adaptabilidad.

Para esta investigación la selección del grupo de expertos la realizaron los autores, para lo cual el primer paso fue establecer como criterio fundamental de selección la competencia de los candidatos en el área del conocimiento en que se inserta la investigación sobre la base de su currículo personal. Se identificaron cinco posibles candidatos de los cuales se descartaron tres por falta de disposición a participar. Quedaron dos expertos seleccionados en Cadena de Suministro y Logística a los cuales, como segundo paso, se les entregó a cada uno de ellos un cuestionario escrito el cual debían responder, sin establecer contacto entre ellos.

Estadístico para el análisis

De acuerdo a Aiken (2003) para estimar la concordancia entre expertos, es necesario conocer el grado de acuerdo entre ellos, ya que un juicio incluye elementos subjetivos. Cuando la medida de acuerdo obtenida es alta, indica que hay consenso en el proceso de clasificación o asignación de puntajes entre los evaluadores, igualmente da cuenta de la intercambiabilidad de los instrumentos de medición y reproducibilidad de la medida. (Ato, Benavente & López, 2006).

Para determinar el grado de acuerdo entre los expertos en esta investigación se ha utilizado el coeficiente Kappa, este coeficiente refleja la concordancia inter-observador y puede ser calculado en tablas de cualquier dimensión, siempre y cuando se contrasten dos observadores. El coeficiente kappa puede tomar valores entre -1 y +1. Mientras más cercano a +1, mayor es el grado de concordancia inter-observador, por el contrario, mientras más cercano a -1, mayor es el grado de discordancia inter-observador. Un valor de $\kappa = 0$ refleja que la concordancia observada es precisamente la que se espera a causa exclusivamente del azar (Lopez, 1999).

Desde un punto de vista estadístico y metodológico, es importante aclarar dos conceptos. En primer lugar, el valor del coeficiente kappa no proporciona indicación alguna de la precisión de dicha estimación, siendo esencial conocer su variabilidad, con el fin último de plantear tests de hipótesis y construir intervalos de confianza para kappa. Las hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_1) de estos tests son $H_0: \kappa = 0$ y $H_1: \kappa \neq 0$. Su resultado indica si el valor del coeficiente kappa es o no estadísticamente significativo, con un determinado nivel de confianza, permitiendo la realización de inferencia estadística. En segundo lugar, el coeficiente kappa no aporta información alguna sobre la cualidad de la medición realizada por los observadores, pues está diseñado únicamente para estimar la magnitud de la concordancia entre ambos (Cerdeira Lorca & Villarroel Del P., 2008)

No obstante, para facilitar el cálculo del coeficiente Kappa se ha empleado el software Minitab 17, que permite determinar la exactitud de las evaluaciones realizadas por los evaluadores e identificar los elementos que tienen las tasas más altas de clasificación incorrecta.

Resultados

Validación por expertos

La consulta para la validación se realizó con dos expertos especialistas en el área de cadena de suministro y logística. El 100% de los expertos poseen un alto grado de conocimiento acerca del tema de investigación, ya que de la escala del 0 al 10 en conocimiento, el 100% se encuentra en el nivel 9.

Como se puede apreciar en la caracterización de los expertos que participan en la consulta (Tabla 1), el 100 % de los expertos seleccionados procedían de una institución académica de alto nivel y prestigio relacionados directamente con la temática de investigación, con calificación académica de maestría y doctorado, así como también con categoría docente de titular de la universidad.

Tabla 1. Caracterización de los expertos que participaron en la consulta

Nro	Puesto de Trabajo Actual	Calificación Actual	Categoría Docente	Años de experiencia
1	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez	Master	Titular de Universidad	35
2	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez	Doctor	Titular de Universidad	27

Análisis de Correlación

Una vez sometido el cuestionario a la valoración de los expertos seleccionados, los resultados cuantitativos obtenidos se procesaron mediante análisis estadístico aplicando la metodología del coeficiente Kappa, para ello se utilizó el software Minitab 17, el resultado obtenido se observa en la Tabla 2

Tabla 2. Resultados coeficiente Kappa (Fleiss Kappa Statistics)

Response	Kappa	SE Kappa	P(vs >0)
0	0.715517	0.174078	0.0000
1	0.715517	0.174078	0.0000

De acuerdo a la figura anterior el valor de Kappa es de 0.715, y para valorar su significado en esta investigación es necesario contar con criterios previos que permitan enjuiciar aquello que es objeto de evaluación. Por lo que para interpretar el valor del coeficiente Kappa, es útil disponer de alguna escala de valoración. Se han encontrado algunas aproximaciones que los autores siempre proponen reconociendo cierta arbitrariedad.

Altman (1991) ofrece una clasificación de los Kappas que nos puede ayudar a interpretar los coeficientes obtenidos. Este autor registra valores que van desde 0 a 1, siendo 0 el valor donde hay mayor desacuerdo entre investigadores y 1 el punto donde encontramos mayor acuerdo. Su clasificación indica que los Kappas pueden ser Pobres (0 a 0.20), Débiles (0.21 a

0.40), Moderados (0.41 a 0.60), Buenos (0.61 a 0.80) y Muy buenos (0.81 a 1.00). Esta investigación basó sus interpretaciones en esta clasificación, por ser más completa. La Tabla 3 resume su propuesta:

Tabla 3. Interpretación del Índice Kappa

Interpretación del Índice Kappa (Altman, 1991)	
<i>Valor de K</i>	<i>Fuerza de concordancia</i>
< 0.20	Pobre
0.21 – 0.40	Débil
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1.00	Muy buena

Por lo anterior se considera que el instrumento es válido ya que de acuerdo a la clasificación de Altman (1991) el grado de correlación entre los expertos es Buena

Conclusiones

El propósito de este artículo ha sido la validación de un instrumento para identificar las habilidades y competencias que debe poseer un profesional en logística, para ello se diseñó un cuestionario contentivo de 33 afirmaciones que miden las seis dimensiones encontradas en la revisión documental realizada.

Se realizó una validación de contenido a través de la técnica de juicio de expertos donde participaron dos especialistas en el área de Cadena de Suministro y Logística y que por medio del coeficiente de Kappa dio como resultado que el grado de concordancia entre los mismo fue de $k = 0.715$, lo que concluye que el instrumento es bueno y por lo tanto válido.

El resultado de esta validación sentará las bases para la continuación de otra fase de investigación cuyo objetivo general es, proponer un modelo para la identificación de las habilidades y competencias que debe poseer un profesional en logística.

5. Referencias

- Aiken, Lewis (2003). Test psicológicos y evaluación. México: Pearson Education.
- Altman, D.G. (1991). Practical statistics for medical research. New York: Chapman and Hall.
- Ato, M., Benavente, A., & López, J. J. (2006). Análisis comparativo de tres enfoques para evaluar el acuerdo entre observadores. *Psicothema*, 18(3), 638 – 645.
- Ballou, R.H. (2007), “The evolution and future of logistics and supply chain management”, *European Business Review*, Vol. 19 No. 4, pp. 332-348.
- Cabero Almenara, J. y Llorente Cejudo, M. C. (2013), La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las tecnologías de la información (TIC). En *Eduweb. Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación*, 7 (2) pp.11-22. Disponible en <http://tecnologiaedu.us.es/tecnoedu/images/stories/jca107.pdf>
- Cerda Lorca, J., & Villarroel Del P., L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría*, 79(1), 54–58. <https://doi.org/10.4067/S0370-41062008000100008>
- Corral, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Ciencias de La Educación*, 19(33), 228–247.
- Ding, C. y Hershberger, S. (2002). Assessing content validity and content equivalence using structural equation modeling. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 9 (2), 283-297
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez De Contenido Y Juicio De Expertos: Una Aproximación a Su Utilización. *Avances En Medición*, 6, 27–36.
- Fuentes, R. (1989). Estudios sobre confiabilidad. *Paradigma*, 4(2), 101-126
- Gravier, M.J. and Farris, M.T. (2008), “An analysis of logistics pedagogical literature past and future trends in curriculum, content, and pedagogy”, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 19 No. 2, pp. 233-253
- López de Ullibarri I, Pita S (1999) Medidas de concordancia: el coeficiente kappa. *Cad aten primaria* 1999; 6: 169- 71. Disponible en www.fisterra.com [consultado el 01/ 05/17].

- Mangan, J. and Christopher, M. (2005), "Management development and the supply chain manager of the future", *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 16 No. 2, pp. 178-191.
- Murphy, P.R. and Poist, R.F. (2007), "Skill requirements of senior level logisticians: a longitudinal assessment", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 12 No. 6, pp. 423-431.
- Ruth, M., & Torres, M. (2013). Rúbrica de evaluación de competencias profesionales para un curso de Logística , en programas de Ingeniería. *Revista de Tecnología*, 12, 57–67.
- Ruiz Bolívar, C. (2002). Instrumentos de Investigación Educativa. Venezuela: Fedupel.
- Skjong, R. & Wentworth, B. (2000). Expert Judgement and risk perception. Recuperado el 15 de Abril de 2017, de <http://research.dnv.com/skj/Papers/SkjWen.pdf>
- Sodhi, M.S., Son, B. and Tang, C.S. (2008), "ASP, The art and science of practice: what employers demand from applicants for MBA-level supply chain jobs and the coverage of supply chain topics in MBA courses", *Interfaces*, Vol. 38 No. 6, pp. 469-484.
- Vokurka, R.J. (2011), "Supply chain manager competencies", *S.A.M. Advanced Management Journal*, Vol. 76 No. 2, pp. 23-37.
- Yen-Chun, J. W., Huang, S. K., Goh, M., & Hsieh, Y.-J. (2013). Global logistics management curriculum: perspective from practitioners in Taiwan. *Supply Chain Management: An International Journal*, 18(4), 376–388. <http://doi.org/10.1108/SCM-04-2012-0145>.

Impacto de atributos verdes en proveedores en beneficios operativos y marketing

José Roberto Mendoza Fong, Jorge Luis García Alcaraz, Aidé Aracely Maldonado y Lázaro Rico Pérez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: al142507@alumnos.uacj.mx

Resumen: Con el surgimiento de las nuevas tendencias ambientales, se ha buscado la incorporación de estas en la cadena de suministros lo cual no ha sido una tarea fácil, principalmente en la selección y evaluación de proveedores verde, debido a que se desconoce si existe algún beneficio significativo al considerar atributos verdes, en la selección de proveedores. Por lo cual en esta investigación se presenta un modelo de ecuaciones estructurales compuesto por tres variables latentes: atributos verdes, beneficios obtenidos en los procesos de producción y en marketing, donde se definen las tres hipótesis que las relacionan. Las hipótesis se validaron mediante un modelo de ecuaciones estructurales y los resultados indican que existe un efecto directo y positivo entre las variables analizadas, pero el más significativo debido a su tamaño es el existente entre los atributos verdes y los beneficios obtenidos en el proceso de producción.

Palabras Claves: Atributos verdes, modelo de ecuaciones estructurales, selección de proveedores verdes, Administración de la cadena de suministros verdes.

1. Introducción

La administración de la cadena de suministros (SCM) se puede definir como: el manejo de los materiales y los flujos de información dentro y entre las instalaciones, tales como vendedores, fabricación y plantas de montaje y centros de distribución (Aloini, Dulmin, Mininno, & Ponticelli, 2015; Thomas & Griffin, 1996).

Algunos autores consideran que la SCM inicia con los proveedores y por ello, las decisiones relacionadas con la evaluación y selección de los mismos es considerada, como una de las responsabilidades más importantes dentro de la industria (Adarme Jaimes, Arango Serna, & Balcázar, 2011; Golmohammadi & Mellat-Parast, 2012), y es uno de los temas más críticos y complejos que se realizan para mantener una ventaja competitiva en el mercado global, donde se

tienen que considerar múltiples atributos que tienen que ser integrados en modelos de evaluación, incluidos aquellos de tipo ambiental y de impacto ecológico. Esos modelos de evaluación y selección de proveedores se pueden aplicar en muchas situaciones, como el caso de múltiples proveedores, así como en las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto, iniciando con la compra de las materias primas hasta el final de la vida del mismo (Bai & Sarkis, 2010).

En la SCM actual, se busca mantener una relación a largo plazo con los proveedores, donde se busca utilizar cada día una menor cantidad de éstos, pero más confiables (Lee, Kang, Hsu, & Hung, 2009). Sin embargo, con una mayor conciencia de los problemas ambientales por parte de la población consumidora y de los fabricantes de bienes y servicios, las actuales organizaciones necesitan comprar a proveedores que pueden proporcionar no solamente el menor precio, mayor calidad, menor tiempo de entrega, sino que se debe comprobar una amplia responsabilidad ambiental. Por lo cual en estos últimos años el tema de la administración de la cadena de suministro en la que se consideran aspectos ambientales, ha atraído cada vez más la atención de los investigadores y las organizaciones, debido a la creciente preocupación con respecto a los impactos negativos de las operaciones de las empresas en el medio ambiente (Vega Mora, Ordoñez, & Pinilla Agudelo, 2012). Este creciente interés es alimentado por el visible incremento en el deterioro del medio ambiente, el aumento de los niveles de contaminación, acumulación de desechos, y la disminución de los recursos que son usados como materias primas (Gurel, Acar, Onden, & Gumus, 2015; Igarashi, de Boer, & Fet, 2013).

Ante el surgimiento de esas tendencia ambientales, en la cadena de suministro ha surgido un nuevo concepto, al que se denomina Administración de la Cadena de Suministro Verde (GSCM), la cual se define como "la integración de pensamiento ambiental en la gestión de la cadena de suministro, incluyendo el diseño de productos, abastecimiento de materiales y selección de proveedores verdes, procesos de fabricación, la entrega del producto final a los consumidores, además de la gestión de la vida del producto después su vida útil" (Andiç, Yurt, & Baltacıoğlu, 2012). La GSCM se centra en cómo las empresas utilizan sus proveedores en los procesos, la tecnología, la capacidad y la integración de las preocupaciones ambientales para mejorar su ventaja competitiva (C. J. C. Jabbour & de Sousa Jabbour, 2015)

Uno de las prácticas más importantes en GSCM son las consideraciones ambientales en selección de proveedores, así como el mantenimiento y el desarrollo de las mismas en toda la cadena de suministros (Dekker, Bloemhof, & Mallidis, 2012). Por lo anterior, el proceso de selección de proveedores implica un conjunto de actividades, tales como la identificación, el análisis y la selección final de un proveedor, las cuales son actividades trascendentales, debido a que los proveedores son considerados el inicio de la cadena de suministro y por ende, aquellos proveedores adoptan prácticas en su GSCM que pueden fortalecer las prácticas ambientales de otra empresa (Kumar, Jain, & Kumar, 2014), por lo que no se considera un evento aislado. La Figura 1 ilustra de manera hipotética una cadena de suministros verde.

1.1 Proveedores verdes

La selección de un proveedor es considerada una decisión importante, ya que no solamente se busca proporcionar las materias primas adecuadas a la empresa y productos o soluciones a un nivel de costo competitiva, sino que también se busca mejorar su desempeño ambiental; por ejemplo, a través de evitar materiales peligrosos o considerar soluciones alternativas que requieren menos materiales y energía. Esos esfuerzos ambientales de una empresa probablemente no tendrán éxito sin integrarlos claramente en los objetivos corporativos y asociarlos con su actividad de compra (Kannan, Govindan, & Rajendran, 2015; Walton, Handfield, & Melnyk, 1998).

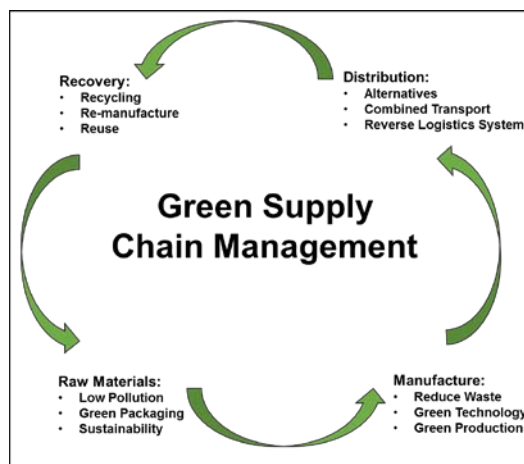


Figura 1. Cadena de Suministros Verde

Las dificultades en la selección de un proveedor surgen a partir de los niveles crecientes de complejidad implicados en la consideración de diversos factores de desempeño de los mismos, lo que hoy en día son llamados atributos verdes, los cuales representan características de dichos proveedores y eso representa una evaluación integral de sustentabilidad. Así, los evaluadores de esos proveedores deben ser capaces de analizar y documentar la importancia de varios atributos, tradicionales y ambientales, enfrentándose al problema de que muchos de ellos son de carácter cualitativo y pueden estar en conflicto (Bai & Sarkis, 2010; Wu & Chang, 2015).

El enfoque tradicional de selección de proveedores ha considerado únicamente los aspectos económicos durante muchos años, el cual no es suficiente debido a la globalización en los negocios, las situaciones competitivas del mercado, y las demandas cambiantes de los clientes en estos días, por lo que las organizaciones deben añadir los aspectos ambientales/ ecológicos y sociales a los criterios tradicionales de selección (Amindoust, Ahmed, Saghafinia, & Bahreininejad, 2012). El problema radica en que frecuentemente se tiene la idea por parte de los administrativos de las empresas de que manufacturar productos con alto compromiso con el medio ambiente tiene un costo de producción elevado y el criterio de compra usado por los clientes es el precio, por lo que sus productos pueden estar en desventaja ante la competencia (Gurel et al., 2015; Villanueva-Ponce et al., 2015). Por ello, el objetivo de este artículo es presentar un modelo de ecuaciones estructurales que permita evaluar el impacto que tiene el seleccionar un proveedor verde en el proceso de producción del fabricante y analizar los beneficios de mercadeo que éste último puede tener, demostrando que los proveedores y procesos de producción verde impactan de manera positiva el desempeño económico de la empresa.

1.2 Atributos para la selección de proveedores verdes

La aplicación de la GSCM tiene implicaciones significativas para las empresas, en especial cuando se trata de los criterios utilizados en la selección de proveedores. Hasta la década de 1990, los atributos más usados para la selección y procesos de su evaluación de los proveedores jerarquizaban los atributos como el precio, la calidad y el tiempo de entrega (Büyüközkan, 2011;

Weber, Current, & Benton, 1991). Sin embargo hoy en día con la búsqueda de la inclusión de atributos ambientales en la selección de proveedores, se ha creado el nuevo concepto llamado, selección de proveedores verde (GSS) (Igarashi et al., 2013; Lamming & Hampson, 1996). Por "verde" se refiere a los aspectos ambientales relacionados con el concepto de sustentabilidad y en este punto cabe señalar que el aspecto ambiental se menciona a menudo como uno de los tres pilares de la sustentabilidad, siendo los otros aspectos los relacionados con lo social y económico (Elkington, 1998; Igarashi et al., 2013). Sin embargo, GSS está lejos de ser una actividad sencilla, debido a que con el paso del tiempo se han incrementado los criterios ambientales que se pueden incluir, y lo cual llega a ser un gran desafío para las organizaciones (A. B. L. S. Jabbour & Jabbour, 2009).

En el caso de los atributos para la GSS, se menciona una clasificación general que (Humphreys, Wong, & Chan, 2003) incluyeron en su investigación. Los atributos ambientales cuantitativos, es decir, en términos monetarios: como los costos de los contaminantes y los de mejora; mientras que los atributos ambientales cualitativos se refieren a términos de imagen de la empresa o en la introducción de nuevos productos verdes en el mercado. Sin embargo criterios adicionales podrían incluirse como las competencias verdes, diseños verdes, sistemas de gestión del medio ambiente y la responsabilidad social entre muchos otros.

En la Tabla 1 se muestra una lista de atributos verdes más específica, con más referencias al momento de llevar a cabo la GSS, los cuales se encuentran ordenados de manera descendente en relación al número de referencias de autores. En esa Tabla se puede observar que la administración ambiental e imagen verdes son dos de los atributos más referenciados.

Tabla 1. Atributos Verdes

Atributos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Administración de Procesos verdes	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10
Imagen Verde	*	*	*	*		*	*		*	*	8
Sistema de Reciclado		*	*	*	*	*	*				6
Manufactura de productos verdes			*	*	*	*	*		*		6
Control de emisiones al medio ambiente		*	*		*	*	*		*		6
Diseño Verde	*		*		*	*		*			5

Costos Ambientales			*		*	*			*		4
Certificación ambiental	*				*		*		*		4
Ciclo de Vida			*					*	*		3
Competencias Verdes			*			*			*		3
Compradores Verdes						*			*		2

1.(Tseng, 2011) 2. (Yeh & Chuang, 2011) 3. (Lee et al., 2009) 4. (Chiou, Hsu, & Hwang, 2008) 5. (Zhu, Sarkis, & Lai, 2007) 6. (Humphreys et al., 2003) 7. (Handfield, Walton, Sroufe, & Melnyk, 2002) 8. (Sarkis, 1998) 9. (Noci, 1997) 10. (Azzone & Noci, 1996).

1.3 Procesos de producción verdes

Varios puntos deben tenerse en cuenta cuando se habla de procesos de producción verde, el diseño del producto, la complejidad del proceso, la competencia, lo económico y la volatilidad de las necesidades del cliente, que está en constante aumento (Trentesaux & Giret, 2015). Una de las definiciones más citada se menciona a continuación; "es la capacidad de utilizar inteligentemente los recursos naturales para la fabricación, mediante la creación de productos y soluciones que, gracias a la nueva tecnología, reguladores medidas y comportamientos sociales coherentes, son capaces de satisfacer los objetivos económicos, ambientales y sociales, por lo tanto preservar el medio ambiente, sin dejar de mejorar la calidad de la vida humana" (Garetti & Taisch, 2011). Entonces se puede decir que producción verde (GP) es una filosofía más que una norma o un proceso. GP son aquellos sistemas que integran en su planificación y en sus controles de fabricación métodos que identifiquen, cuantifiquen, evalúen y gestionen la generación de los residuos; así como el ahorro de la energía y la contaminación, con el objetivo principal de reducir el impacto ambiental y maximizar la eficiencia de los recursos (Maruthi & Rashmi, 2015).

Sin embargo, para que ese proceso de producción verde tenga éxito, debe existir materia prima que cumpla con las características de un producto verde y provenir de un proveedor verde que ha cumplido con todas las normas ambientales. Por ello, se propone la siguiente hipótesis de trabajo.

H₁: Los atributos verde evaluados en un proveedor tienen un efecto directo y positivo en los beneficios obtenidos por los fabricantes en sus procesos productivos.

1.4 Beneficios obtenidos al seleccionar los proveedores verdes

Al momento de hablar de GSS las organizaciones pueden llegar a asumir que dichas prácticas verdes aumentarían los costos y retrasarían los procesos de negocio (Caniëls, Gehrsitz, & Semeijn, 2013; Will, 2008). Por otro lado algunos autores sugieren que las organizaciones pueden obtener a largo plazo ventaja competitiva teniendo en cuenta el impacto de sus acciones sobre el medio ambiente y la sociedad (Caniëls et al., 2013; Margolis & Walsh, 2003), estas ventajas pueden verse reflejadas en sus procesos productivos como: la disminución de quejas de clientes, problemas de calidad, tiempos de entrega, entre otras; además en sus índices de marketing expandiendo sus mercados e incrementando sus ganancias. Si hay beneficios o no en la GSS, depende de los comportamientos ambientales que adopte cada organización y del simple hecho de convencer a las empresas que adoptar iniciativas ambientales y sociales.

Así pues, cuando una empresa establece prácticas verdes a lo largo de su cadena de suministro, iniciando con los proveedores de materia prima, tendrá como consecuencia productos no solamente de calidad, sino que serán productos amigables con el medio ambiente, lo que le traerá beneficios de mercadeo al vender a sus clientes una imagen corporativa verde (Zhu, Sarkis, & Lai, 2013), lo que permite proponer la siguiente hipótesis de trabajo.

H₂: Los atributos verdes evaluados en un proveedor tienen un efecto directo y positivo en los beneficios obtenidos por los fabricantes en sus índices de marketing.

Sin embargo, la cadena de suministros requiere no solamente que el proveedor sea verde y que las materias primas que provee también lo sean, sino que también dentro de su proceso de producción debe tener y realizar prácticas de manufactura encaminadas a generar un producto verde (Bose & Pal, 2012; Olugu, Wong, & Shaharoun, 2011). Es posible que una materia prima que cumpla con todas las especificaciones ambientales, sea manufacturada y procesada de manera indebida por el fabricante, quien no cumple con certificaciones ambientales y entonces, el producto final no podrá considerarse verde (Stefanelli, Jabbour, & Jabbour, 2014). Lo anterior permite concluir que la cadena de suministros verde no es responsabilidad solamente del proveedor de materias primas, sino también del fabricante y de los responsables de realizar la distribución del producto, por lo que se requiere de una gran integración para lograr dicho

objetivo (Chin, Tat, & Sulaiman, 2015). Actualmente se cuenta con estudios que asocian la eficiencia de las prácticas verdes realizadas en la cadena de suministro con el desempeño económico de la misma, por lo que se propone la siguiente hipótesis de trabajo.

H₃: El proceso de producción verde tiene un efecto directo y positivo en los beneficios de marketing de la empresa.

La Figura 1 ilustra de manera gráfica las tres hipótesis que se han planteado anteriormente.

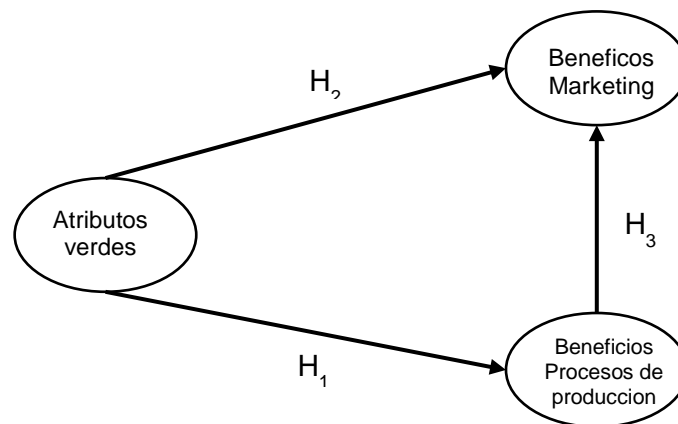


Figura 2. Hipótesis

2. Descripción del Método

Para un mejor entendimiento de la metodología, ésta se ha dividido en pasos, los cuales se describen a continuación.

2.1 Paso 1: Revisión de literatura

En este paso se hace una búsqueda de información relacionada con la selección de proveedores, tomando como punto de partida el año de 1966 al presente. La búsqueda se centra en encontrar los atributos más usados y los nuevos atributos que se han estado incorporando en los últimos años, así como las distintas clasificaciones que han hecho distintos investigadores de los mismos.

Esta revisión de literatura se realiza en bases de datos como: Springer, Scimedirect y Taylor & Francis, entre otras, para lo cual se usan palabras claves para la búsqueda, tales como: selección de proveedores, atributos utilizados para la selección de un proveedor verde y administración de la cadena de suministros verde, donde se revisan los modelos propuestos para evaluación y selección de proveedores verdes, anotando los atributos que han sido evaluados por dichos autores. Sin embargo, también se anotan los beneficios que algunos de los autores mencionan que se pueden obtener. Esta revisión de literatura constituye una validación racional del cuestionario propuesto, partiendo de investigaciones realizada en otros países para adaptarla al entorno de la industria manufacturera Mexicana.

2.2 Paso 2: Construcción de Encuesta

La encuesta utilizada en esta investigación consta de tres secciones: la primera cuenta con un breve texto que explica el objetivo y propósito de la investigación, así como las instrucciones para llevar a cabo el llenado de la misma. Además se incluyen preguntas demográficas relacionadas con el puesto de trabajo del encuestado, género, tamaño de la empresa, años de experiencia y giro de la misma o sector industrial al que pertenece.

La segunda sección consta de una tabla donde se incluye un total de 39 atributos que puede ser evaluados al momento de llevar a cabo la selección de un proveedor, estos atributos fueron identificados con ayuda de la revisión de literatura llevada a cabo al inicio de la investigación y tomando como base el trabajo de (Villanueva-Ponce et al., 2015). La manera de responder a este tipo de preguntas se basa en la escala de Likert con valores entre uno y cinco, donde el uno indica que el atributo no es importante y el cinco que el atributos es totalmente importante en el proceso de seleccionar un proveedor.

En la tercera sección del cuestionario se incluye una lista de 12 beneficios que pueden atribuirse a la correcta selección de un proveedor verde. La manera de responder a este tipo de preguntas se basa también en una escala Likert al igual que la sección anterior. Para la realización de esta sección se toma como base la encuesta realizada por (Villanueva Ponce, 2014).

2.3 Paso 3: Aplicación del Cuestionario

La encuesta es aplicada en la industria maquiladora de Ciudad Juárez, México y dirigida a personas que laboran en departamentos que estén involucrados en la selección y evaluación de

proveedores verdes, tales como: ingeniería, compras, almacén, calidad de recibos, gerencia, calidad, finanzas, entre otros. Como principio de inclusión se considera a encuestados que tuvieran al menos un año en el puesto y hubiera participado en al menos 10 ocasiones en procesos de selección de proveedores verdes. La aplicación de la encuesta fue llevada a cabo por entrevistas personales en el periodo de Enero de 2015 a Mayo de 2015.

2.4 Paso 4: Captura de Información

La captura de información se lleva a cabo en el software estadístico SPSS 20 ®, dado que permite el análisis de bases de datos grandes y es sencillo de manejar. En la base de datos construida, los renglones representaban los casos o encuestas contestadas y las columnas representaban las variables o atributos analizados.

2.5 Paso 5: Depuración de la Base de Datos

La depuración de la base de datos se lleva a cabo con dos fines, el de encontrar datos faltantes y la identificación de valores atípicos. Los datos faltantes se pueden dar por diferentes razones, por omisión de la respuesta a falta de conocimiento, un descuido al momento de llevar a cabo la captura de la información, o porque simplemente el encuestado no respondió a la pregunta. Si el encuestado no contesta una gran parte de las preguntas, sus otras respuestas pueden ser inútiles cuando se trata de modelos de pruebas causales (Lynch, 2003). El rango para los datos faltantes puede ser flexible, pero en general, si falta más del 10% de las respuestas en una variable en particular, esos valores puede ser problemáticos y el caso es desechado (Joseph F. Hair Jr, 2013). En esta investigación los valores perdidos son remplazados por la mediana de la variable en cuestión, esto debido a que se usa una escala Likert (Lynch, 2003).

En el caso de valores atípicos que pueden influir en los resultados, éstos son detectados mediante diagramas de caja y bigotes, donde los valores atípicos aparecen en los extremos. Además se estandarizan los ítems, considerando como valor atípico a aquel que tenga valores absolutos mayores a cuatro (Kohler, Müller, & Walk, 2015). Se realiza además una estimación de la desviación estándar en cada uno de los casos o encuestas analizados, donde valores cercanos a cero indican que el encuestado simplemente asigna el mismo valor a cada una de las preguntas realizadas, y si la desviación estándar tiene valores menores a 0.500 en una escala Likert de 5

puntos, entonces eso indica que ese caso presenta ese tipo de problema, por lo que es eliminado del análisis (Leys, Ley, Klein, Bernard, & Licata, 2013).

2.6 Paso 6: Validación Estadística

En esta investigación se ha hecho uso de varios índices, el primero es el índice alfa de Cronbach, el cual no es un estadístico al uso, por lo que no viene acompañado de ningún p-valor que permita rechazar alguna hipótesis de fiabilidad en la escala; no obstante, cuanto más se aproxime a su valor máximo, el 1, mayor es la fiabilidad de la escala (George, 2003). También se usa el índice de fiabilidad compuesta para medir validez interna, es decir, si los ítems están fuertemente correlacionados entre sí, lo que significa que miden una misma variable latente. Además, se ha usado el Average Variance Extracted (AVE) para medir la validez convergente, pero también se usa el valor de R cuadrada, R cuadrada ajustada y Q cuadrada para medir validez predictiva (Kock, 2014).

2.7 Paso 7: Análisis Descriptivos

El análisis descriptivo realizado se divide en dos aspectos principales, la caracterización de la muestra de encuestados y las medidas de tendencia central y de dispersión de los ítems analizados.

Análisis descriptivo de la muestra

Para describir la muestra se han realizado tablas cruzadas para determinar el género de los encuestados y los años de experiencia, así como el sector industrial al que pertenece la empresa. Lo anterior ayuda a determinar el nivel de experiencia que tenían los encuestados y por ende, para determinar la confiabilidad de la información obtenida.

Análisis Descriptivo de la Información

Se realiza un análisis descriptivo de los ítems analizados (atributos y beneficios) en cada una de las variables latentes. Se usa la mediana como medida de tendencia central y se usa el rango intercuartílico (RI) como medida de dispersión de los datos, por lo que se estima el primer y tercer cuartil de la información (Giaquinta, 2009; J. F. Hair, Anderson, & Tatham, 1987; J. F. B. Hair, W. C. Babin, B. J. & Anderson, 2009; Kaiser, 2011; Rosenthal & Rosnow, 1991; Wold, Trygg, Berglund, & Antti, 2001). Valores altos en la mediana indican que los gerentes encuestados consideran ese atributo o beneficio es muy importante, mientras que valores bajos

indican que no es relevante en el proceso de selección de proveedores. De la misma manera, valores altos en el rango intercuartílico indican que no existe consenso entre los encuestados en relación al verdadero valor que debe tener ese ítem, pero si el RI es bajo, indica consenso en relación a su valor (Green, Inman, Birou, & Whitten, 2014; Likert, 1932).

2.8 Etapa 8: Generación de Modelos de Ecuaciones Estructurales

Con el fin de probar las hipótesis planteadas en la Figura 2, el modelo se evaluó utilizando la técnica de modelado de ecuaciones estructurales (SEM), debido a su utilización amplia y reciente de validaciones de relaciones causales y específicamente en la cadena de suministro. Por ejemplo, el impacto del JIT en el rendimiento de la cadena de suministro (Green Jr, Inman, Birou, & Whitten, 2014) la flexibilidad, la incertidumbre y el desempeño de las empresas en la cadena de suministro (Merschmann & Thonemann, 2011) el efecto de la administración de la cadena de suministro verde en el rendimiento verde y competitividad de las empresas (Villanueva-Ponce et al., 2015).

El modelo SEM se ejecuta en el software WarpPLS 5.0® porque sus principales algoritmos están basados en mínimos cuadrados parciales (PLS), ampliamente recomendado para bajo tamaño de la muestra (Kock, 2014). El modelo que aquí se presenta se ejecuta específicamente utilizando los WarpPLS 5.0® algoritmo PLS, con un método de remuestreo bootstrap para una mejor coeficientes de valores de convergencia y disminuir el efecto de posibles valores atípicos.

Seis modelo se analizan los índices de ajuste: coeficiente de camino promedio (APC), el factor promedio de R cuadrado (ARS), el promedio ajustado R-cuadrado (AARS) varianza media de inflación (AVIF), promedio de VIF completo colinealidad (VIF) y el índice de Tenenhaus , que son propuestos por (Kock, 2014) y usados por (Ketkar & Vaidya, 2012) en el entorno de la cadena de suministro. Para los APC, ARS y AARS los valores de p son analizados para determinar la eficiencia del modelo, estableciendo un punto de corte p-valor máximo de 0,05, lo que significa que las inferencias se hacen con el 95% de nivel de confianza, poniendo a prueba la hipótesis nula de que APC y ARS son iguales a 0, frente a la hipótesis alternativa de que APC y ARS son diferentes a cero; mientras Aviv y AFVIF deben ser igual o inferior a 3,3, en particular en modelos en los que la mayoría de las variables se miden a través de dos o más indicadores. GoF, igual que en la ARS, el índice GoF, denominado "Tenenhaus GoF" en honor a Michel Tenenhaus (Esposito V., 2010), es una medida de la capacidad explicativa del modelo. El índice

de comunalidad para una variable latente dado se define como la suma de las cargas cuadrado para la variable latente que, cada uno de carga asociado con un indicador, dividido por el número de indicadores (Jörg Henseler & Sarstedt, 2013). Y los valores aceptados para el GoF son los siguientes, pequeña si es igual o mayor que 0,1, medio si es igual o mayor que 0,25, y grandes si es igual o mayor que 0,36.

Y finalmente, tres efectos diferentes se miden en el modelo de ecuación estructural: (1) efecto directo (que aparece en la Figura 1.3 como flechas de una variable latente a otro), (2) efecto indirecto (dada para las rutas con dos o más segmentos) y (3) los efectos totales (la suma de los efectos directos e indirectos), y con el objetivo de determinar su importancia, se analizan los valores de P, teniendo en cuenta la hipótesis nula: $\beta_i = 0$, frente a la alternativa: hipótesis $\beta_i \neq 0$.

3. Resultados

La sección de resultados se encuentra dividida en varias secciones, según la información que ahí se plantee, mismas que se discuten a continuación.

Análisis descriptivo de la muestra

Con un tiempo de aplicación de la encuesta de 4 meses, se lograron obtener un total de 270 encuestas, de las cuales solo 253 encuestas fueron válidas para el análisis, ya que debido al exceso de valores perdidos, algunas fueron eliminadas. En la Tabla 2 se pueden observar dos aspectos importantes en relación a la muestra, primero se puede mencionar que la encuesta fue respondida por más hombres que mujeres, con un total de participación de 182 hombres, los cuales representan el 71.93% del total de la muestra y el resto fueron mujeres, lo que indica que los puestos asociados con la selección de proveedores están relacionados con este género, ya que solamente 72 son mujeres, las cuales representan el 28.07%. De la misma manera, se puede observar que el 70.35 % de las personas encuestadas tiene como mínimo dos años de experiencia.

Tabla 2. Años de experiencia y género

Tiempo que ha laborado en esta posición	Genero		Total
	Masculino	Femenino	
1 - 2 año	50	25	75
2 - 5 años	74	28	102
6-10 años	32	13	45
10 - 20 años	17	4	21
20-30 años	8	0	8
Más de 30 años	1	1	2
Total	182	71	253

En el Tabla 3 se muestra que el sector industrial en la que hubo más participación fue el Automotriz que conforma el 39.52 % del total de la muestra, esto debido a que en Ciudad Juárez, Chihuahua, México es el sector industrial con más presencia que se tiene, así como también se puede observar que el 20.94 % de los encuestados no especifico el sector industrial donde laboran, siendo éstos los dos datos más significativos en la muestra.

Tabla 3. Sector Industrial.

Sector Industrial	Total
Automotriz	100
Otro	53
Medico	27
Electrónico	25
Eléctrica	20
Plásticos	20
Empaque	8
Total	253

Validación de las variables latentes

Los coeficientes R cuadrado, R cuadrado ajustado, y Q-squared se proporcionan sólo para variables latentes endógenas, en la Tabla 4 se puede ver, que los valores arriba mencionados son aceptables ya que son mayores a 0.02, por lo cual el modelo cuenta con una validez predictiva y existe un poder explicativo entre las variables del modelo.

La fiabilidad compuesta y coeficientes alfa de Cronbach se proporcionan para todas las variables latentes, en la Tabla 4 se puede observar que esos valores son mayores a 0.7, por lo cual se puede decir que el modelo es válido y fiable.

En relación al promedio de las varianzas extraído (AVE), se puede observar en la Tabla 4 que es mayor a 0.5, lo cual indica que el modelo tiene una validez convergente aceptable. Por último, se puede ver que todas las variables latentes analizadas tiene un VIF menor a 3.3, lo cual indica que no existen problemas de multicolinealidad en el modelo.

Tabla 4. Coeficientes de las variables latentes

Coefficientes de las variables latentes	Atributos Verdes	Beneficios Marketing	Beneficios proceso de producción
R- Squared		0.653	0.258
Adj. R-Squared		0.650	0.255
Composite reliab.	0.943	0.929	0.914
Cronbach's alpha	0.935	0.905	0.874
Avg. var extrac.	0.564	0.725	0.727
Full collin. VIF	1.532	2.852	2.528
Q-squared		0.650	0.259

Análisis descriptivo de los ítems

En la Tabla 5 se muestra el análisis descriptivo de los ítems que integran las variables latentes que aparecen en el modelo de la Figura 2. Para el caso de la variable Atributos verdes, se observa que la certificación ambiental y el manejo de desperdicios de producción, son los atributos que tienen una mediana mayor a 4, lo cual significa de acuerdo a percepción de los encuestados, esos atributos son los más usado al momento de llevar a cabo la selección de un proveedor verde. En la cuarta columna se puede observar el rango intercuartílico, y en este caso se observa que el ítem con el RI más bajo corresponde al ítem con la mediana con valor de 4, y aquellos también que están muy cercanos a un valor de 4, lo que indica que existe consenso entre los encuestados en relación a que el manejo de desperdicios de producción, producción limpia y responsabilidad son los más importantes desde un punto de vista univariado, ya que tienen la menor variabilidad en esa categoría.

La categoría de la variable latente de beneficios de mercadeo está integrada por cinco ítems, de los cuales ninguno obtiene un valor superior a tres, lo que indica que casi nunca se obtienen esos beneficios en la opinión de los encuestados. También se observa que los RIs de los ítems son muy altos, lo que indica que no existe consenso en relación al verdadero valor que tienen. Finalmente, en relación a la categoría de beneficios recibidos por la buena selección de un proveedor en el proceso de producción, se observa que está formada por cuatro ítems, de los cuales dos tiene medianas superiores a tres, pero dos con mediana inferiores a dicho valor, lo que indica que son regularmente obtenidos.

Tabla 5. Análisis descriptivo de los ítems

Concepto	Mediana	Percentiles		IR
		25	75	
Atributos Verdes				
Certificación ambiental	4.119	3.135	4.833	1.698
Manejo de desperdicios de producción	4.083	3.231	4.782	1.551
Producción limpia	3.987	3.155	4.737	1.582
Responsabilidad social	3.91	3.099	4.682	1.582
Consumo de energía durante la manufactura de un producto	3.827	2.872	4.657	1.785
Sistema de reciclado	3.803	2.825	4.655	1.83
Costos ambientales	3.796	2.9	4.635	1.735
Control de emisiones al medio ambiente	3.786	2.871	4.637	1.766
Administración de Procesos Verdes	3.613	2.603	4.553	1.95
Colaboraciones ambientales con los clientes	3.593	2.728	4.448	1.72
Uso de Tecnología Amigable con el medio ambiente	3.579	2.624	4.5	1.876
Compradores verdes	3.449	2.544	4.343	1.799
Competencias verdes	3.375	2.496	4.245	1.749
Beneficios Marketing				
Incremento de las ganancias financiera	2.727	1.915	3.688	1.772
Reducción de costos	2.695	1.821	3.631	1.81
Imagen verde ante la sociedad	2.642	1.814	3.612	1.798
Expansión de mercado nacional	2.468	1.615	3.439	1.824
Expansión de mercado local	2.452	1.656	3.276	1.62
Beneficios Procesos Produccion				
Disminución de problemas asociados a calidad	3.052	2.14	3.989	1.849
Disminución de tiempo de entrega	3.051	2.095	3.967	1.873
Disminución de desperdicios	2.833	1.936	3.788	1.853
Disminución de quejas por parte de clientes	2.674	1.759	3.649	1.89

Modelo de ecuaciones estructurales

El modelo ecuaciones estructurales fue evaluado de acuerdo a la metodología descrita anteriormente y el resultado obtenido se ilustra en la Figura 3, donde en cada uno de los segmentos que representa la relación entre dos variables latentes se indica el valor del parámetro beta y el p valor de la prueba estadística de significancia. Obsérvese también que en cada una de las variables latentes dependientes se indica un valor de R cuadrada para medir la cantidad de varianza que es explicada por las variables dependientes.

Los índices de eficiencia del modelo se indican a continuación:

- Average path coefficient (APC) =0.471, $P < 0.001$
- Average R-squared (ARS) =0.455, $P < 0.001$
- Average adjusted R-squared (AARS) =0.452, $P < 0.001$
- Average block VIF (AVIF) =1.335, acceptable if ≤ 5 , ideally ≤ 3.3
- Average full collinearity VIF (AFVIF) =2.304, acceptable if ≤ 5 , ideally ≤ 3.3
- Tenenhaus GoF (GoF) =0.553, small ≥ 0.1 , medium ≥ 0.25 , large ≥ 0.36

De acuerdo con los índices APC, ARS y AARS que tienen un p valor para determinar su significancia estadística, se concluye que el modelo tiene suficiente validez predictiva y que las dependencias entre las variables latentes analizadas en promedio es diferente a cero, ya que son estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.

En relación a la colinealidad existente entre las variables latentes, se observa que los índices AVIF y AFVIF son menores a 3.3, por lo que se concluye que no existe ese problema de colinealidad en el modelo. Finalmente, el índice de Tenenhaus es un valor aceptable, ya que es superior a 0.36.

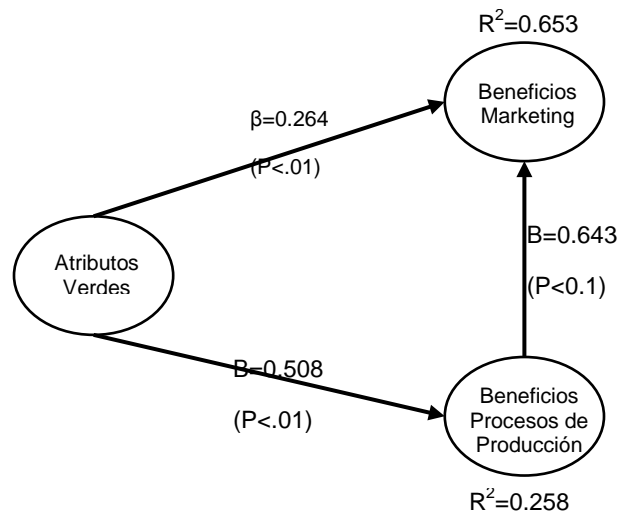


Figura 3. Modelo evaluado

Efectos directos

Los efectos directos se usan para probar las hipótesis planteadas inicialmente en el modelo de la Figura 2 y cuyos resultados se ilustran en la Figura 3. Las conclusiones a las que se puede llegar en base a los resultados de la Figura 3 en relación a las hipótesis son las siguientes:

H₁: Existe suficiente evidencia estadística para declarar que los atributos verdes evaluados en un proveedor tienen un efecto directo y positivo en los beneficios obtenidos por los fabricantes en sus índices de marketing, ya que cuando la primera variable latente incrementa su desviación estándar en una unidad, la segunda lo hace en 0.264 unidades.

H₂: Existe suficiente evidencia estadística para declarar que los atributos verdes evaluados en un proveedor tienen un efecto directo y positivo en los beneficios obtenidos por los fabricantes en sus procesos de producción, ya que cuando la primera variable latente incrementa en una unidad su desviación estándar, la segunda lo hace en 0.508 unidades.

H₃: Existe suficiente evidencia estadística para declarar que los beneficios obtenidos en el proceso de producción al seleccionar adecuadamente un proveedor tienen un efecto directo y

positivo en los beneficios de marketing obtenidos por la empresa, ya que cuando la primera variable latente se incrementa en una unidad, la segunda lo hace en 0.643 unidades.

Sin embargo, aquí es importante mencionar que la variable latente de beneficios de marketing es explicada en un 65.3% por la variable de atributos verdes y beneficios en los procesos de producción, ya que R cuadrada tiene un valor de 0.653. Sin embargo, es importante señalar que solamente el 15.5%, proviene de la variable atributos verdes, mientras que el 49.8% proviene de la variable latente beneficios en los procesos de producción.

Suma de efectos indirectos

En el modelo evaluado que se ilustra en la Figura 3 se observa que la variable latente denominada atributos verdes tiene un impacto indirecto sobre la variable latente denominada beneficios de marketing, lo cual es dado a través de la variable mediadora beneficios del proceso de producción y se obtiene del producto de los efectos en los dos segmentos. En este caso el efecto indirecto es de 0.326 ($P < 0.01$), por lo que es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95% y puede explicar hasta el 19.1% de su variabilidad, dado que el tamaño del efecto es de 0.191.

Efectos totales

La suma de los efectos directos e indirectos proporciona los efectos totales. En este caso, existe solamente un efecto indirecto y la Tabla 4 ilustra un resumen de los mismos. Obsérvese que en dos de las relaciones entre variables el efecto directo es igual al efecto total, solamente en la relación entre las variables atributos verdes y beneficios de marketing el efectos incluye a los efectos directo e indirecto. Es importante mencionar que en esta última relación el efecto directo es de solamente 0.155, pero que el efecto indirecto es de 0.191; es decir, es mayor el efecto indirecto que el efecto directo.

Tabla 4. Efectos totales

	Atributos Verdes	Beneficios Procesos de Producción
Beneficios Marketing	0.590 (P<0.001) ES = 0.346	0.643 (P<0.001) ES = 0.498
Beneficios Procesos de Producción	0.508 (P<0.001) ES = 0.258	

4. Conclusiones e implicaciones industriales

Basados en los resultados encontrados en el modelo de ecuaciones estructurales evaluado y las tres hipótesis propuestas, se puede concluir que la inclusión de los denominados atributos verdes al momento de llevar a cabo la evaluación y selección de un proveedor es muy importante, debido a que éstos tienen un impacto positivo para la obtención de beneficios en los procesos de producción y de marketing que puede alcanzar la empresa en su entorno ante la sociedad. Además se pudo ver que los atributos verdes tiene un mayor impacto indirectamente sobre los beneficios de marketing a través de los beneficios en los procesos de producción. Con esta información se puede asegurar que hoy en día considerar solamente atributos tradicionales y económicos, ya no es suficiente debido a que considerar atributos verdes no solo trae beneficios a las organizaciones, sino también demuestra una responsabilidad social.

Aunque frecuentemente en la práctica industrial se considera que los atributos verdes de un proveedor y sus materias primas incrementarán el precio final del producto, los beneficios que la empresa obtiene siempre son mayores a aquellos en que incurre económicamente. El problema radica frecuentemente en que no es fácil asociar los beneficios obtenidos con una métrica económica para la empresa (Bala, Muñoz, Rieradevall, & Ysern, 2008). Sin embargo, la conciencia asociada con el impacto ambiental de las empresas será muy pronto uno de los criterios de compra más importantes por el cliente y empresas que no se esfuercen en hacer tener procesos verdes tenderán a ser poco aceptadas por la sociedad (Lee et al., 2009). Los resultados aquí encontrados concuerdan con los reportados por (Dey, Bhattacharya, & Ho, 2015), quienes consideran que la transformación a procesos verdes y de alto compromiso con el ambiente es una tarea que los gerentes deben considerar como estratégica, ya que los beneficios obtenidos se asocian directamente con el flujo de efectivo de la empresa. Por lo anterior, es importante que

todas las empresas empiecen a considerar la situación que tienen en el proceso de selección de proveedores y su procesos de producción, ya que eso ayudara a generar estrategias que les ayuden a ser aceptados en la sociedad en un futuro cercano (Gurel et al., 2015).

Algunos autores como (Caniëls et al., 2013; Naffziger, 2003; Will, 2008) menciona que las prácticas verdes puede a llegar a ser no rentables económicamente, debido a que aumentan los costos y retrasan los procesos de negocio. Además (Hoffman, 2005) menciona que el comportamiento social y ambiental, solo algunas veces se obtienen beneficios. Por otro lado (Gurel et al., 2015; Kannan, Jabbour, & Jabbour, 2014) consideran que hoy en día es de suma importancia la inclusión de prácticas verdes dentro de la cadena de suministros y en la selección de proveedores, debido al deterioro ambiental que existe y el aumento en la conciencia ambiental, ya no es posible priorizar solo las ganancias económicas. No obstante algunos otros autores como (Caniëls et al., 2013; Villanueva-Ponce et al., 2015) consideran que al seleccionar a un proveedor verde, este traerá beneficios que se verán reflejados en la imagen, los procesos productivos y en los índices de marketing y por consecuencia estos beneficios se verán reflejados en ganancias económicas para las organizaciones y con un impacto positivo ambiental. En conclusión, lo único aceptado es que los procesos de producción y sus materias primas deben ser verdes y que la utilidad económica para las empresas es todavía un tema de amplia discusión.

5. Futuras investigaciones

En el modelo aquí presentado se presentan solamente tres variables latentes, donde la variable de respuesta son los beneficios de marketing que tiene la empresa, pero como se puede observar, la varianza explicada o R cuadrada asociada las variables latentes no es un valor cercano a la unidad, lo que indica que deben existir otras variables que explican a esos beneficios, por lo que en futuras investigaciones se integrará se planea lo siguiente:

- Integrar los niveles de modernización tecnológica y habilidades y destreza de los recursos humanos del productor para explicar los beneficios del proceso de producción.
- Integrar los niveles de difusión que tiene el productor en relación a su compromiso con el medio ambiente.

6. Referencias

- Adarme Jaimes, W., Arango Serna, M. D., & Balcázar, D. A. (2011). A coordination agents' model for the Colombian shipbuilding industry's logistics system. *2011*, 31(2), 10.
- Aloini, D., Dulmin, R., Mininno, V., & Ponticelli, S. (2015). Key antecedents and practices for Supply Chain Management adoption in project contexts. *International Journal of Project Management*, 33(6), 1301-1316. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.03.013>
- Amindoust, A., Ahmed, S., Saghafinia, A., & Bahreininejad, A. (2012). Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. *Applied Soft Computing*, 12(6), 1668-1677. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2012.01.023>
- Andiç, E., Yurt, Ö., & Baltacıoğlu, T. (2012). Green supply chains: Efforts and potential applications for the Turkish market. *Resources, Conservation and Recycling*, 58(0), 50-68. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.10.008>
- Azzone, G., & Noci, G. (1996). Measuring the environmental performance of new products: an integrated approach. *International Journal of Production Research*, 34(11), 3055-3078. doi:10.1080/00207549608905077
- Bai, C., & Sarkis, J. (2010). Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics*, 124(1), 252-264. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.11.023>
- Bala, A., Muñoz, P., Rieradevall, J., & Ysern, P. (2008). Experiences with greening suppliers. The Universitat Autònoma de Barcelona. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1610-1619. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.015>
- Bose, I., & Pal, R. (2012). Do green supply chain management initiatives impact stock prices of firms? *Decision Support Systems*, 52(3), 624-634. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2011.10.020>
- Büyüközkan, G. (2011). An integrated fuzzy multi-criteria group decision-making approach for green supplier evaluation. *International Journal of Production Research*, 50(11), 2892-2909. doi:10.1080/00207543.2011.564668
- Caniëls, M. C. J., Gehrsitz, M. H., & Semeijn, J. (2013). Participation of suppliers in greening supply chains: An empirical analysis of German automotive suppliers. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(3), 134-143. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.pursup.2013.02.005>
- Chin, T. A., Tat, H. H., & Sulaiman, Z. (2015). Green Supply Chain Management, Environmental Collaboration and Sustainability Performance. *Procedia CIRP*, 26, 695-699. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.035>
- Chiou, C. Y., Hsu, C. W., & Hwang, W. Y. (2008, 8-11 Dec. 2008). *Comparative investigation on green supplier selection of the American, Japanese and Taiwanese Electronics Industry in China*. Paper presented at the Industrial Engineering and Engineering Management, 2008. IEEM 2008. IEEE International Conference on.
- Dekker, R., Bloemhof, J., & Mallidis, I. (2012). Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*, 219(3), 671-679. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.11.010>
- Dey, P. K., Bhattacharya, A., & Ho, W. (2015). Strategic supplier performance evaluation: A case-based action research of a UK manufacturing organisation. *International Journal of Production Economics*, 166, 192-214. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.021>
- Elkington, J. (1998). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers.
- Esposito V., T. L., Amato S. (2010). PLS Path Modeling: From Foundation to Recent Developments and Open Issues form Model Assessment and Improvement.
- Garetti, M., & Taisch, M. (2011). Sustainable manufacturing: trends and research challenges. *Production Planning & Control*, 23(2-3), 83-104. doi:10.1080/09537287.2011.591619
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. 11.0 update.

- Giaquinta, M. (2009). *Mathematical analysis: An introduction to functions of several variables*. New York: NY: Springer.
- Golmohammadi, D., & Mellat-Parast, M. (2012). Developing a grey-based decision-making model for supplier selection. *International Journal of Production Economics*, 137(2), 191-200. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.025>
- Green Jr, K. W., Inman, R. A., Birou, L. M., & Whitten, D. (2014). Total JIT (T-JIT) and its impact on supply chain competency and organizational performance. *International Journal of Production Economics*, 147, Part A, 125-135. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.08.026>
- Green, K. W., Inman, R. A., Birou, L. M., & Whitten, D. (2014). Total JIT (T-JIT) and its impact on supply chain competency and organizational performance. *International Journal of Production Economics*, 147, Part A, 125-135. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.08.026>
- Gurel, O., Acar, A. Z., Onden, I., & Gumus, I. (2015). Determinants of the Green Supplier Selection. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 181, 131-139. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.874>
- Hair, J. F., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (1987). *Multivariate data analysis*. New York: NY: Macmillan.
- Hair, J. F. B., W C. Babin, B J., & Anderson, R. E. (2009). *Multivariate data analysis*. Upper Saddle River: NJ: Prentice Hall.
- Handfield, R., Walton, S. V., Sroufe, R., & Melnyk, S. A. (2002). Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 141(1), 70-87. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00261-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00261-2)
- Henseler, J., & Sarstedt, M. (2013). Goodness-of-fit indices for partial least squares path modeling. *Computational Statistics*, 28(2), 565-580. doi:10.1007/s00180-012-0317-1
- Hoffman, A. B., M. (2005). Changing Environmental Practice: Understanding and Overcoming the Organizational and Psychological Barriers. *Journal of Social Issues*.
- Humphreys, P. K., Wong, Y. K., & Chan, F. T. S. (2003). Integrating environmental criteria into the supplier selection process. *Journal of Materials Processing Technology*, 138(1-3), 349-356. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136\(03\)00097-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00097-9)
- Igarashi, M., de Boer, L., & Fet, A. M. (2013). What is required for greener supplier selection? A literature review and conceptual model development. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(4), 247-263. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.pursup.2013.06.001>
- Jabbour, A. B. L. S., & Jabbour, C. J. C. (2009). Are supplier selection criteria going green? Case studies of companies in Brazil. *Industrial Management & Data Systems*, 109(4), 477-495. doi:doi:10.1108/02635570910948623
- Jabbour, C. J. C., & de Sousa Jabbour, A. B. L. (2015). Green Human Resource Management and Green Supply Chain Management: linking two emerging agendas. *Journal of Cleaner Production*. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.052>
- Joseph F. Hair Jr, W. C. B., Barry J. Babin & Rolph E. Anderson. (2013). *Multivariate Data Analysis* (7th edition) Prentice Hall.
- Kaiser, H. M. (2011). *Mathematical programming for agricultural, environmental, and resource economics*: Hoboken, NJ: Wiley.
- Kannan, D., Govindan, K., & Rajendran, S. (2015). Fuzzy Axiomatic Design approach based green supplier selection: a case study from Singapore. *Journal of Cleaner Production*, 96, 194-208. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.076>
- Kannan, D., Jabbour, A. B. L. d. S., & Jabbour, C. J. C. (2014). Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. *European Journal of Operational Research*, 233(2), 432-447. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.07.023>

- Ketkar, M., & Vaidya, O. S. (2012). Study of Emerging Issues in Supply Risk Management in India. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 37, 57-66. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.275>
- Kock, N. (2014). Advanced Mediating Effects Tests, Multi-Group Analyses, and Measurement Model Assessments in PLS-Based SEM. *Int. J. e-Collab.*, 10(1), 1-13. doi:10.4018/ijec.2014010101
- Kohler, M., Müller, F., & Walk, H. (2015). Estimation of a regression function corresponding to latent variables. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 162, 88-109. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jspi.2014.12.006>
- Kumar, A., Jain, V., & Kumar, S. (2014). A comprehensive environment friendly approach for supplier selection. *Omega*, 42(1), 109-123. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2013.04.003>
- Lamming, R., & Hampson, J. (1996). The Environment as a Supply Chain Management Issue. *British Journal of Management*, 7, S45-S62. doi:10.1111/j.1467-8551.1996.tb00147.x
- Lee, A. H. I., Kang, H.-Y., Hsu, C.-F., & Hung, H.-C. (2009). A green supplier selection model for high-tech industry. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7917-7927. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.052>
- Leys, C., Ley, C., Klein, O., Bernard, P., & Licata, L. (2013). Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median. *Journal of Experimental Social Psychology*, 49(4), 764-766. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jesp.2013.03.013>
- Likert, R. (1932). A Technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 1-55.
- Lynch, S. M. (2003). Missing data.
- Margolis, J. D., & Walsh, J. P. (2003). Misery Loves Companies: Rethinking Social Initiatives by Business. *Administrative Science Quarterly*, 48(2), 268-305. doi:10.2307/3556659
- Maruthi, G. D., & Rashmi, R. (2015). Green Manufacturing: It's Tools and Techniques that can be implemented in Manufacturing Sectors. *Materials Today: Proceedings*, 2(4-5), 3350-3355. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2015.07.308>
- Merschmann, U., & Thonemann, U. W. (2011). Supply chain flexibility, uncertainty and firm performance: An empirical analysis of German manufacturing firms. *International Journal of Production Economics*, 130(1), 43-53. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.10.013>
- Naffziger, D., Montagno, R. (2003). SAM Advanced Management Journal Publisher: Society for the Advancement of Management. *Society for the Advancement of Management*, 68(2), 23-32.
- Noci, G. (1997). Designing 'green' vendor rating systems for the assessment of a supplier's environmental performance. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 3(2), 103-114. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0969-7012\(96\)00021-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0969-7012(96)00021-4)
- Olugu, E. U., Wong, K. Y., & Shaharoun, A. M. (2011). Development of key performance measures for the automobile green supply chain. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), 567-579. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.06.003>
- Rosenthal, R., & Rosnow, R. L. (1991). *Essentials of behavioral research: Methods and data analysis*. Boston, MA.: McGraw Hill.
- Sarkis, J. (1998). Evaluating environmentally conscious business practices. *European Journal of Operational Research*, 107(1), 159-174. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00160-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00160-4)
- Stefanelli, N. O., Jabbour, C. J. C., & Jabbour, A. B. L. d. S. (2014). Green supply chain management and environmental performance of firms in the bioenergy sector in Brazil: An exploratory survey. *Energy Policy*, 75, 312-315. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.06.019>
- Thomas, D. J., & Griffin, P. M. (1996). Coordinated supply chain management. *European Journal of Operational Research*, 94(1), 1-15. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(96\)00098-7](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(96)00098-7)
- Trentesaux, D., & Giret, A. (2015). Go-green manufacturing holons: A step towards sustainable manufacturing operations control. *Manufacturing Letters*, 5, 29-33. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.mfglet.2015.07.003>

- Tseng, M.-L. (2011). Green supply chain management with linguistic preferences and incomplete information. *Applied Soft Computing*, 11(8), 4894-4903. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2011.06.010>
- Vega Mora, L., Ordoñez, J. I., & Pinilla Agudelo, G. A. (2012). Towards a systemic assessment of environmental impact (SAEI) regarding alternative hydrosedimentological management practice in the Canal del Dique, Colombia. *2012*, 33(3), 8.
- Villanueva-Ponce, R., Garcia-Alcaraz, J., Cortes-Robles, G., Romero-Gonzalez, J., Jiménez-Macías, E., & Blanco-Fernández, J. (2015). Impact of suppliers' green attributes in corporate image and financial profit: case maquiladora industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 80(5-8), 1277-1296. doi:10.1007/s00170-015-7082-6
- Villanueva Ponce, R. D. (2014). Encuesta de atributos en la selección de proveedores.
- Walton, S. V., Handfield, R. B., & Melnyk, S. A. (1998). The Green Supply Chain: Integrating Suppliers into Environmental Management Processes. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 34(1), 2-11. doi:10.1111/j.1745-493X.1998.tb00042.x
- Weber, C. A., Current, J. R., & Benton, W. C. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research*, 50(1), 2-18. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(91\)90033-R](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(91)90033-R)
- Will, M. (2008). Talking about the future within an SME?: Corporate foresight and the potential contributions to sustainable development. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 19(2), 234-242. doi:doi:10.1108/14777830810856618
- Wold, S., Trygg, J., Berglund, A., & Antti, H. (2001). Some recent developments in PLS modeling. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 58(2), 131-150.
- Wu, H.-H., & Chang, S.-Y. (2015). A case study of using DEMATEL method to identify critical factors in green supply chain management. *Applied Mathematics and Computation*, 256, 394-403. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.amc.2015.01.041>
- Yeh, W.-C., & Chuang, M.-C. (2011). Using multi-objective genetic algorithm for partner selection in green supply chain problems. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 4244-4253. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.091>
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K.-h. (2007). Green supply chain management: pressures, practices and performance within the Chinese automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, 15(11-12), 1041-1052. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.05.021>
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K.-h. (2013). Institutional-based antecedents and performance outcomes of internal and external green supply chain management practices. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(2), 106-117. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.pursup.2012.12.001>

Análisis de pruebas de vida acelerada aplicadas a un sensor de nivel de gasolina de la industria automotriz

William Ocampo Arvizu, Rey David Molina Arredondo, Roberto Romero López, Manuel Iván Rodríguez Arredondo

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Correo: al141552@alumnos.uacj.mx

Resumen: Actualmente las pruebas de degradación acelerada son importantes para el diseño de nuevos productos con el objetivo de estimar la vida de diseño y definir las garantías del producto para el cliente. Las pruebas de degradación acelerada, así como las pruebas de vida acelerada para el sensor de nivel de gasolina fueron desarrolladas con datos obtenidos de la industria automotriz de Ciudad Juárez, Chihuahua, midiendo la degradación del componente de oro de dicho sensor. La estimación de los pseudo tiempos de falla y la estimación de máxima verosimilitud así como las pruebas de bondad y ajuste de Kolmogorov-Smirnov y Anderson Darling nos permiten analizar el comportamiento de los datos obtenidos con el objetivo de seleccionar una distribución que se ajuste y describa los datos de prueba utilizando la función de densidad acumulada. Para poder determinar la vida de diseño del sensor de nivel de gasolina se realizará la evaluación de los diferentes procesos de degradación los cuales son el Proceso Gamma, el Proceso Gaussiano y el Proceso Inverso Gaussiano.

Palabras clave: Pruebas de degradación acelerada, Proceso Gamma, Proceso Gaussiano, Proceso Inverso Gaussiano, iDEMO, MTTF, Estimación de máxima verosimilitud, pseudo tiempos de falla.

1. Introducción

Actualmente los productos que existen en el mercado son altamente confiables debido al avance en el desarrollo tecnológico que han tenido las industrias manufactureras, según (Haghighi, 2014) las pruebas de vida acelerada consisten en diversos métodos cuyo objetivo es medir el tiempo de vida de los productos que frecuentemente son extremadamente confiables bajo condiciones normales de operación. Una manera sencilla de acelerar el tiempo de vida de los diferentes productos es correr el producto bajo condiciones de estrés. Los resultados obtenidos bajo condiciones aceleradas son analizados basándose en un modelo que relaciona el tiempo de

vida con el estrés que fue aplicado. Estos resultados son entonces extrapolados para estimar el tiempo de vida en condiciones de diseño.

De acuerdo con (Elsayed, 2012), las pruebas de los productos representan parte significativa del costo total del producto.

Es importante desarrollar de manera adecuada un plan de prueba de vida acelerada ya que generalmente los recursos son limitados, las variables de decisión así como los parámetros de localización y los tiempos de duración del estrés deben determinarse cuidadosamente en la etapa de diseño del plan de prueba. Estas variables de decisión afectan no sólo el costo experimental, sino también la precisión de la estimación de los parámetros de interés para la vida de diseño (Han, 2014).

Existen diversas metodologías y objetivos para realizar pruebas de confiabilidad, estas incluyen pruebas para determinar los posibles mecanismos de falla, pruebas de aceptación de confiabilidad, predicción de la confiabilidad utilizando pruebas de vida acelerada, pruebas de degradación acelerada, entre otras. Las pruebas de degradación acelerada consisten en una distribución de falla cuyos parámetros están en función de las variables de aceleración y el tiempo de prueba (Nelson, 2015).

La Figura 1 muestra las tres formas generales para las curvas de degradación en unidades arbitrarias de la degradación y el tiempo, las cuales son lineal, convexa y cóncava. La línea horizontal en el nivel de degradación de 0.6 representa el nivel aproximado en el cual se producirá la falla. En algunas aplicaciones puede haber más de una variable de degradación o más de un proceso de degradación subyacente (Meeker y Escobar, 1998).

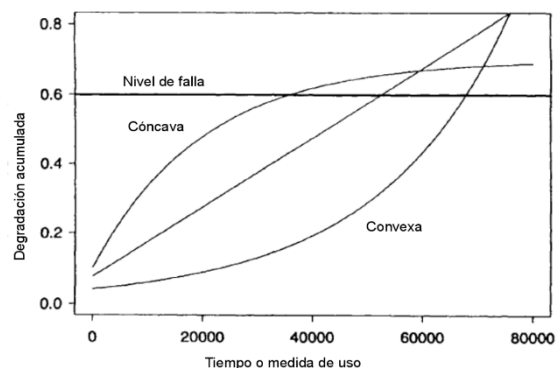


Figura 1. Posibles formas de curvas de degradación univariantes.

Uno de los principales objetivos del análisis estadístico paramétrico es validar la distribución de referencia en la cual se basa este análisis (Member, Ospina, & Tsuyuguchi, 2014). En concreto, hay que verificar la adecuación de ésta distribución a los datos que serán analizados.

Las pruebas de bondad y ajuste se utilizan para evaluar la hipótesis de la adecuación de la distribución o la discrepancia que existe con respecto a un conjunto de datos, donde el vector de

los parámetros que describe la distribución puede ser conocido o desconocido. Las dos pruebas de bondad y ajuste para los modelos de degradación más utilizados son la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Anderson Darling.

1.1 Prueba Kolmogorov-Smirnov

La prueba de Kolmogorov-Smirnov utiliza la Función de Densidad Acumulada para determinar el ajuste de la distribución, con ésta prueba es posible comparar el comportamiento de la degradación de las diferentes distribuciones y evaluar si ambas tienen la misma función de densidad acumulada o aproximada. Es decir, si las dos funciones de densidad acumulada son estadísticamente iguales el valor P tenderá a 1; de lo contrario, si las funciones de densidad acumulada son diferentes estadísticamente, entonces el valor P tenderá a 0 (Cong, Chen, & Pan, 2010).

1.2 Prueba de Anderson Darling

La prueba de bondad y ajuste de Anderson Darling, al igual que la prueba de Kolmogorov-Smirnov utiliza la Función de Densidad Acumulada Empírica y la compara con la distribución de los datos bajo prueba asumida (Member et al., 2014).

El objetivo es evaluar los modelos de degradación seleccionando el modelo que mejor se ajuste a los datos de las pruebas de degradación acelerada para los sensores de nivel de gasolina de la industria automotriz mediante las diferentes pruebas que se realizarán durante el análisis de los datos. Actualmente se realiza un estudio exploratorio de las pruebas de degradación acelerada en el cual se obtuvieron datos preliminares para realizar la evaluación de los procesos de degradación.

2. Método

El factor de estrés significativo que se determinó con base en estudios preliminares es la temperatura.

Para las pruebas de degradación acelerada del sensor de nivel de gasolina se cuenta con dos tanques de prueba, con la capacidad de probar 10 especímenes simultáneamente en cada tanque. Como se mencionó anteriormente los especímenes se someterán a prueba a una temperatura de uso de 23°C en un tanque, y a temperatura de 60°C en el segundo tanque. Asimismo la corriente eléctrica se estableció en 75mA que es la corriente a la que opera el sensor usualmente. En la Tabla 1 se muestran los parámetros para la prueba de degradación acelerada.

Tabla 1. Parámetros de la prueba de degradación acelerada.

Temperatura	Corriente
23°C	75mA
60°C	75mA

El tamaño de la muestra se determinó considerando las restricciones de costos, equipo disponible, personal requerido y especímenes de prueba disponibles. Se establece el tiempo de muestreo, en este caso se realizó cada 344,000 ciclos después de los primeros 258,000 ciclos iniciales después de los cuales se comienza a tener una degradación considerable al realizar las mediciones de los especímenes.

El componente del sensor de nivel de gasolina en el cual se desea medir la degradación es el material conductor que contiene dicho sensor, que está compuesto de oro ya que es el mejor conductor de corriente eléctrica siendo la unidad de medida de degradación el micrón.

Para llevar a cabo el análisis de los datos obtenidos de la prueba de degradación acelerada se utilizará el software R (R Development Core Team, 2012), y el paquete iDEMO (Integrated Degradation Models) (Cheng & Peng, 2012), para realizar la simulación y el análisis de los datos obtenidos de la industria automotriz.

En la Tabla 2 y en la Tabla 3 se muestran los datos obtenidos de la prueba de degradación acelerada para cada nivel de la variable de aceleración que es la temperatura.

Tabla 2. Datos de degradación del sensor de nivel de gasolina 23°C.

Ciclos	Pieza1	Pieza2	Pieza3	Pieza4	Pieza5	Pieza6	Pieza7	Pieza8	Pieza9	Pieza10
258000	16.51	5.90	22.40	22.41	43.63	21.23	10.61	16.49	10.62	35.89
602000	21.20	17.69	35.38	37.74	67.21	28.31	12.97	24.74	23.57	53.58
946000	38.92	24.76	40.09	40.09	77.83	33.02	24.76	30.62	33.01	64.19
1290000	40.04	33.01	48.34	49.53	80.16	49.45	37.73	42.38	36.55	65.36
1634000	47.17	40.08	51.88	62.46	83.72	54.25	55.40	47.15	44.78	75.98
1978000	55.36	57.56	63.66	69.53	88.43	66.04	69.55	60.12	51.84	85.35
2322000	58.97	60.15	70.75	81.37	96.69	68.40	86.08	66.02	54.24	88.95
2666000	61.32	61.32	80.19	84.91	101.41	76.65	96.69	68.37	63.68	91.31
3010000	64.86	62.51	82.54	87.27	104.94	79.01	97.87	73.09	67.22	92.47
3354000	67.22	63.69	89.62	89.62	109.67	84.89	101.41	75.45	71.94	94.85
3870000	68.39	64.86	93.14	96.68	113.18	87.27	103.73	86.06	79.01	98.37
4214000	73.12	66.02	96.69	97.88	115.54	89.56	104.94	90.78	80.18	99.56
4988000	77.83	69.58	97.88	99.04	117.90	95.52	107.31	94.31	81.37	103.05
5332000	80.17	71.93	103.77	103.77	119.09	97.86	113.20	95.49	88.44	106.64
5676000	81.32	74.30	106.09	109.65	121.45	101.42	119.03	102.45	92.92	109.00
6622000	86.07	77.83	108.48	113.21	123.87	106.14	121.46	112.00	103.78	111.35

Tabla 3. Datos de degradación del sensor de nivel de gasolina 60°C.

Ciclos	Pieza1	Pieza2	Pieza3	Pieza4	Pieza5	Pieza6	Pieza7	Pieza8	Pieza9	Pieza10
258000	24.76	31.86	33.02	9.43	13.84	10.61	24.77	20.05	10.61	5.90
602000	49.46	40.11	38.89	16.46	16.19	15.33	37.74	28.30	28.30	22.41
946000	55.42	42.47	42.42	20.04	17.24	16.51	44.82	30.67	41.27	28.30
1290000	57.78	49.51	47.06	24.76	18.50	27.12	47.17	35.38	45.77	35.58
1634000	63.68	58.95	49.44	33.00	26.74	40.10	51.89	37.74	47.17	42.45
1978000	70.75	61.34	51.88	44.80	33.87	42.45	66.02	40.10	50.70	47.17
2322000	79.01	63.70	62.50	54.24	36.25	58.95	79.02	46.00	60.13	49.53
2666000	81.36	67.21	68.39	66.03	37.43	77.83	81.37	57.77	63.67	56.60
3010000	83.72	68.41	71.93	67.21	42.13	83.74	82.53	62.51	66.04	57.78
3354000	89.62	69.59	79.01	69.57	44.51	84.91	84.91	67.22	73.11	58.96
3870000	90.78	73.11	82.54	73.10	49.22	90.80	86.07	71.94	74.24	67.15
4214000	91.97	74.31	84.88	75.43	52.76	95.52	89.62	75.48	78.92	73.11
4988000	93.11	75.47	88.43	77.80	56.25	97.87	94.34	78.99	83.72	76.65
5332000	94.29	76.65	90.80	86.08	61.02	100.24	96.70	83.73	84.88	81.37
5676000	98.94	81.36	93.13	91.93	64.49	103.66	101.42	94.32	87.21	87.25
6622000	103.77	85.93	95.50	96.69	68.06	107.31	106.13	101.40	89.61	91.95

Una vez obtenidos los datos de las pruebas de degradación acelerada, se evaluarán los 3 procesos de degradación que contiene iDEMO, para determinar el proceso que mejor se ajuste a los datos obtenidos en ambos niveles de la variable de aceleración.

Al obtener el proceso que mejor se ajuste, se aplicará la metodología para analizar las pruebas de vida acelerada, propuesta por (Meeker, W.Q.; and Escobar, 1998), la cual propone un análisis gráfico de los datos, utilizando gráficos de probabilidad para analizar cada conjunto de datos y, posteriormente ajustar un modelo que describa la relación vida esfuerzo. La metodología requiere los siguientes pasos:

1. Examinar un gráfico de dispersión de los pseudo tiempos de falla contra la variable de aceleración.

2. Ajustar las distribuciones individualmente a los datos en niveles separados de la variable de aceleración. Trazar las líneas de máxima verosimilitud ajustadas en un gráfico de probabilidad múltiple junto con las estimaciones no paramétricas individuales en cada nivel de la variable de aceleración.

Utilice los puntos trazados y las líneas ajustadas para evaluar la razonabilidad de la distribución de vida correspondiente y la constante supuesta. Repetir con gráficos de probabilidad para diferentes distribuciones de tiempos de falla asumidas.

3. Ajustar a un modelo con la relación vida esfuerzo propuesta.

4. Comparar el modelo del paso 3 con el análisis individual del paso 2 para comprobar si hay evidencia de falta de ajuste para el modelo general.

5. Realizar un análisis de residuales y otras pruebas de diagnóstico de los supuestos del modelo.

6. Evaluar la razonabilidad de los datos de la prueba de vida acelerada para hacer las inferencias deseadas.

3. Resultados

El límite de degradación establecido para el sensor de nivel de gasolina es de 433.36 micrones, por lo que cualquier medición que tenga un valor inferior a este límite representa una falla en el producto.

Se evaluaron tres diferentes procesos de degradación que contiene el paquete iDEMO, los cuales son el Proceso Gaussiano, el Proceso Gamma y el Proceso Inverso Gaussiano. El objetivo es seleccionar el modelo que mejor se ajuste de acuerdo con los coeficientes de las pruebas de bondad y ajuste Kolmogorov-Smirnov y Anderson Darling. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparación de los coeficientes de las pruebas de bondad y ajuste para los modelos de degradación.

	23°C				60°C			
	Kolmogorov-Smirnov		Anderson Darling		Kolmogorov-Smirnov		Anderson Darling	
	Statistic	p-Value	Statistic	p-Value	Statistic	p-Value	Statistic	p-Value
Proceso Gaussiano	0.12917	0.98828	0.27646	0.95418	0.57777	0.00107	4.38997	0.00593
Proceso Inverso Gaussiano	0.52762	0.00402	6.05979	0.00100	0.66216	0.00007	6.47568	0.00066

Como se puede apreciar en la Tabla 4 el modelo de degradación que mejor se ajusta para ambas temperaturas es el Proceso Gaussiano de acuerdo con el valor P de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Anderson Darling. Para estas pruebas un valor P cercano a 1 es mejor ya que la probabilidad de que el modelo se ajuste mejor a los datos de degradación es mayor. Los diferentes parámetros que utilizan los modelos de degradación son η que es la tasa de cambio, $\sigma\eta$ que es la variación de unidad a unidad, σB que es la estructura dependiente del tiempo o coeficiente de difusión y $\sigma\epsilon$ que es el la estimación del error. Una vez que se determinó que se utilizará el Proceso Gaussiano, se realizará un análisis de los cinco diferentes modelos de degradación disponibles para este proceso, variando los parámetros η , $\sigma\eta$, σB y $\sigma\epsilon$.

Las ventajas que ofrece el Proceso Gaussiano es que con los diferentes modelos se puede tomar en cuenta la variación de unidad a unidad, la opción de no tomar en cuenta la variación de unidad a unidad y la medición del error simultáneamente. En el modelo de degradación M0, diferentes valores de los parámetros deben generar diferentes distribuciones de probabilidad de las variables observadas, el modelo M1 se basa en el modelo de efectos aleatorios convencional, el modelo M2 se basa en el Proceso Wiener, el modelo M3 se basa en el modelo de degradación sin tomar en cuenta la medición del error, el modelo M4 se basa en el modelo de regresión tradicional y es utilizado para comparar los demás modelos de degradación (Cheng, 2012). En la Tabla 5 se pueden observar los diferentes modelos de degradación, así como sus parámetros.

Tabla 5. Modelos de degradación para el Proceso Gaussiano de iDEMO.

Modelo	Fuentes de variación			
	η	$\sigma\eta$	σB	$\sigma\epsilon$
M0	x	x	x	x
M1	x	x		x
M2	x		x	
M3	x	x	x	
M4	x			x
M5	x		x	x

A continuación se obtiene la Tabla 6, la cual muestra la comparación de los coeficientes de los estadísticos de prueba y el valor P para cada uno de los modelos de degradación presentados en la Tabla 5.

Tabla 6. Coeficientes de la pruebas de bondad y ajuste para los diferentes modelos de degradación.

	23°C				60°C			
	Kolmogorov-Smirnov		Anderson Darling		Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling	
	Statistic	p-Value	Statistic	p-Value	Statistic	p-Value	Statistic	p-Value
M0	0.474114	0.01384	4.4156743	0.00577	0.57777	0.00107	4.38997	0.00593
M1	0.129170	0.98828	0.2764662	0.95418	0.17851	0.85399	0.56980	0.67262
M2	0.474000	0.01387	4.4121714	0.00579	0.57794	0.00107	4.39401	0.00591
M3	0.474006	0.01387	4.4123052	0.00579	0.57777	0.00107	4.38997	0.00593
M5	0.474114	0.01384	4.4156753	0.00577	0.57777	0.00107	4.38997	0.00593

Con base en los resultados obtenidos de la Tabla 6, se selecciona el modelo de degradación que mejor se ajusta para el Proceso Gaussiano. En este caso se selecciona el modelo M1 para ambos niveles de la variable de aceleración, ya que tiene los mayores coeficientes del valor P en ambas pruebas de bondad y ajuste respecto a los otros modelos de degradación.

Una vez seleccionado el modelo M1 para el proceso Gaussiano se detalla la obtención de los parámetros así como su análisis. En la Tabla 7 y en la Tabla 8 se muestran las estimaciones de los pseudo tiempos de falla en ciclos para el modelo seleccionado en ambos niveles de la variable de aceleración.

Tabla 7. Estimación de los pseudo tiempos de falla 23°C.

Pieza1	Pieza2	Pieza3	Pieza4	Pieza5
8815417	9579384	6886030	6645079	5628965
Pieza6	Pieza7	Pieza8	Pieza9	Pieza10
7181224	6220258	7335648	8079065	6351667

Tabla 8. Estimación de los pseudo tiempos de falla 60°C.

Pieza1	Pieza2	Pieza3	Pieza4	Pieza5
6824475	8335919	7572827	8287236	11971616
Pieza6	Pieza7	Pieza8	Pieza9	Pieza10
7063569	6917716	8280778	8118720	8721898

En la Tabla 9 se muestran los resultados obtenidos para la estimación de los parámetros MTTF y mediana t (0.5) en ambos niveles de la variable de aceleración.

Tabla 9. Estimación de los parámetros MTTF y mediana t(0.5).

23°C		60°C	
MTTF	t (0.5)	MTTF	t (0.5)
7230838	7099013	8145653	8016738

Los coeficientes de las pruebas de bondad y ajuste de Kolmogorov-Smirnov y Anderson Darling se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Pruebas de bondad y ajuste.

	23°C		60°C	
	Statistic	P-Value	Statistic	P-Value
Kolmogorov-Smirnov	0.1291702	0.9882889	0.1785125	0.8539997
Anderson Darling	0.2764662	0.9541886	0.5698023	0.6726243

Se puede apreciar que para este modelo seleccionado M1, los valores de P son muy cercanos a 1, lo cual indica que se tiene una alta probabilidad de que el modelo se ajuste a los datos de degradación.

El algoritmo de optimización que se utilizó para este modelo de degradación es el de Nelder-Mead.

A continuación se obtuvieron los gráficos correspondientes para la temperatura de 23°C.

La función de densidad acumulada se muestra en la Figura 2, donde el ajuste de la distribución se adecua al proceso Gaussiano para el modelo de degradación M1, ya que los pseudo tiempos de falla están muy cercanos a la trayectoria de la gráfica de densidad acumulada. En la Figura 3 se muestra la gráfica de Densidad de Probabilidad para el modelo M1 del proceso Gaussiano, donde se puede observar que los pseudo tiempos de falla se concentran en el rango de (5,628,965 - 9,579,384) que es de 3,950,419 ciclos. En la Figura 4 se muestran las trayectorias de degradación las cuales describen la degradación de unidad a unidad sobre el tiempo. En la Figura 5 se muestra el gráfico de cajas para los datos de degradación de la prueba realizada.

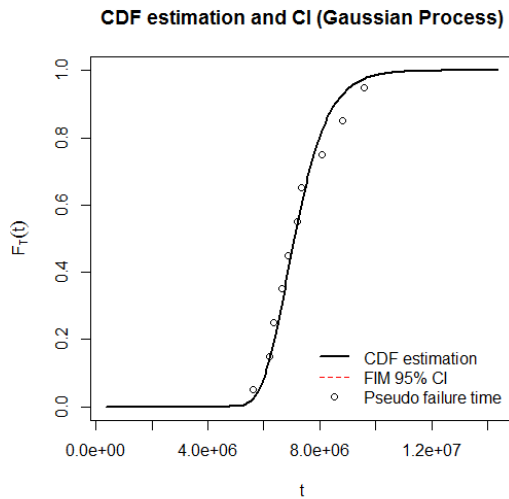


Figura 2. Función de densidad acumulada.

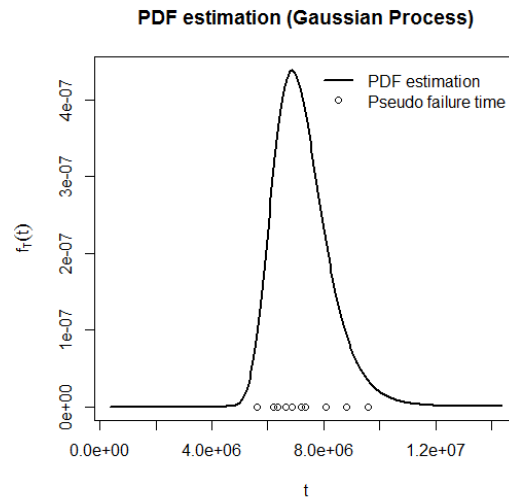


Figura 3. Función de densidad de probabilidad.

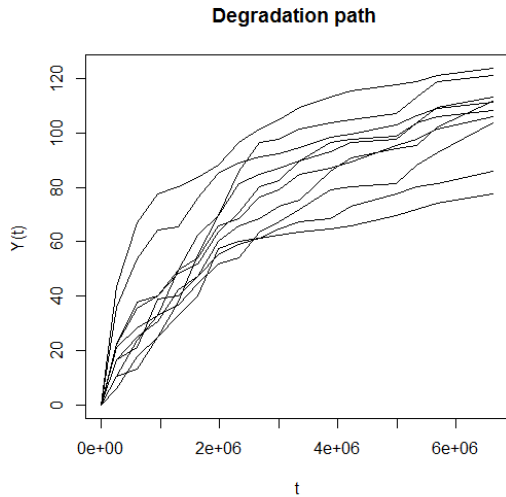


Figura 4. Trayectorias de degradación.

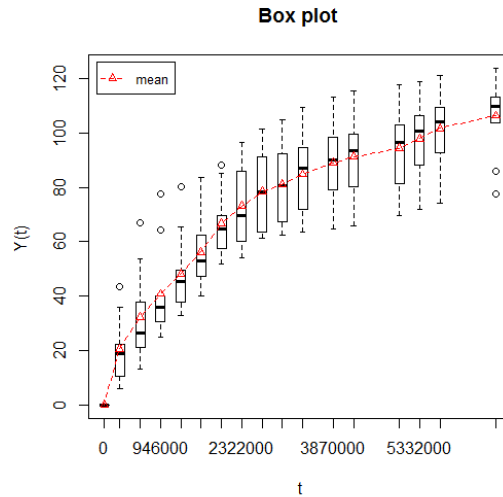


Figura 5. Gráfico de cajas.

Figura

Posteriormente, para la temperatura de 60°C obtuvimos los siguientes gráficos. La función de densidad acumulada se muestra en la Figura 6, donde el ajuste de la distribución se adecua al proceso Gaussiano para el modelo de degradación M1, ya que los pseudo tiempos de falla están muy cercanos a la trayectoria de la gráfica de densidad acumulada. En la Figura 7 se muestra la gráfica de Densidad de Probabilidad para el modelo M1 del proceso Gaussiano, donde se puede observar que los pseudo tiempos de falla se concentran en el rango de (6,824,475 – 11,971,616) que es de 5,147,141 ciclos. En la Figura 8 se muestran las trayectorias de degradación las cuales describen la degradación de unidad a unidad sobre el tiempo. En las Figuras 9 se muestra el gráfico de cajas para los datos de degradación de la prueba realizada.

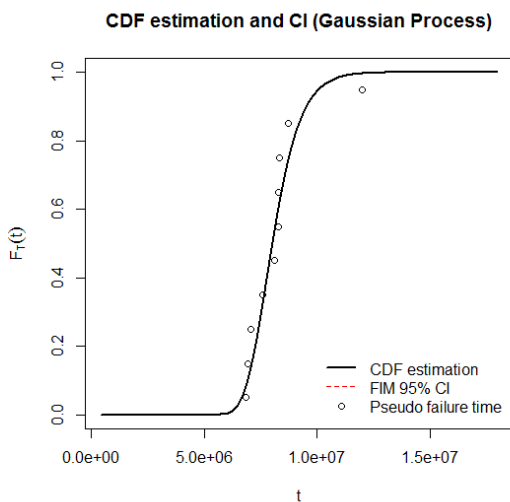


Figura 6. Función de densidad acumulada.

Figura

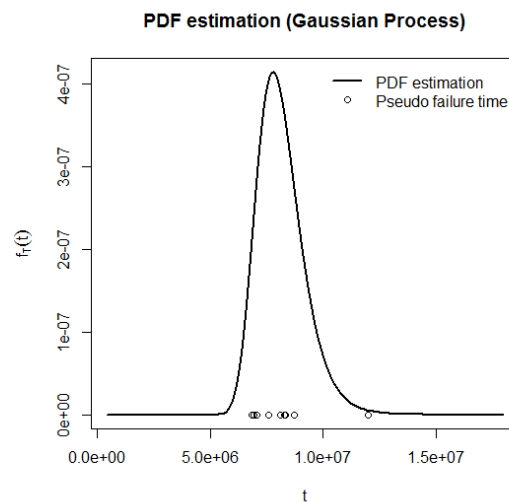


Figura 7. Función de densidad de probabilidad.

Figura

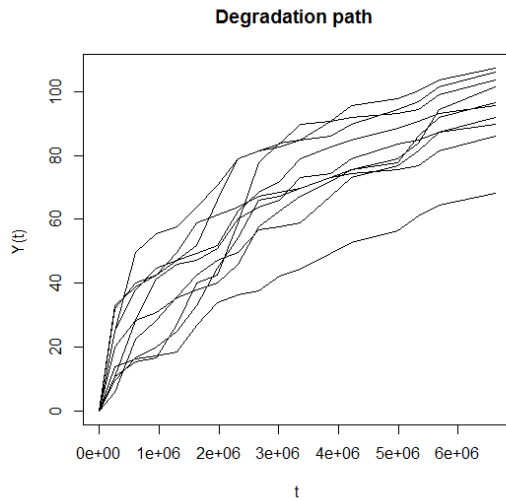


Figura 8. Trayectorias de degradación.

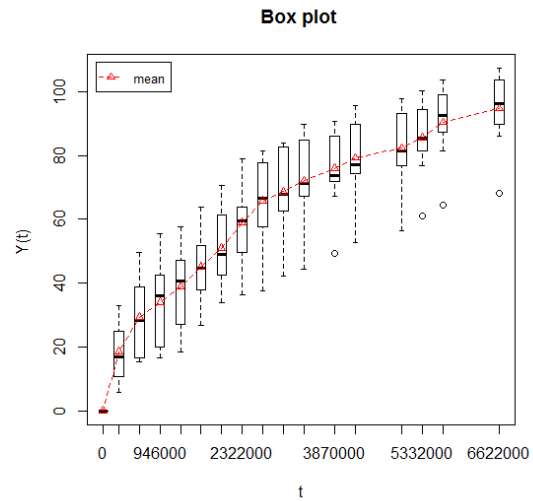


Figura 9. Gráfico de cajas.

Fi

A continuación se realizó el análisis de las pruebas de vida acelerada para las temperaturas de 23°C y 60°C respectivamente, mediante un análisis gráfico utilizando el software Minitab 17. En la Figura 10 podemos observar el gráfico de la prueba de probabilidad para los pseudo tiempos de falla, siendo la distribución Lognormal la que mejor se ajusta de acuerdo con la magnitud del coeficiente de Anderson Darling, asimismo en la Figura 11 se muestra el análisis para la distribución Lognormal en la cual podemos observar el comportamiento de los gráficos de función de densidad acumulada y su ajuste a ésta distribución.

En la Figura 12 podemos observar un gráfico de probabilidad de los pseudo tiempos de falla donde la distribución Lognormal se ajusta ya que los datos están distribuidos dentro de los intervalos de confianza.

Asimismo, para la temperatura de 60°C observamos los gráficos en las Figuras 13, 14 y 15.

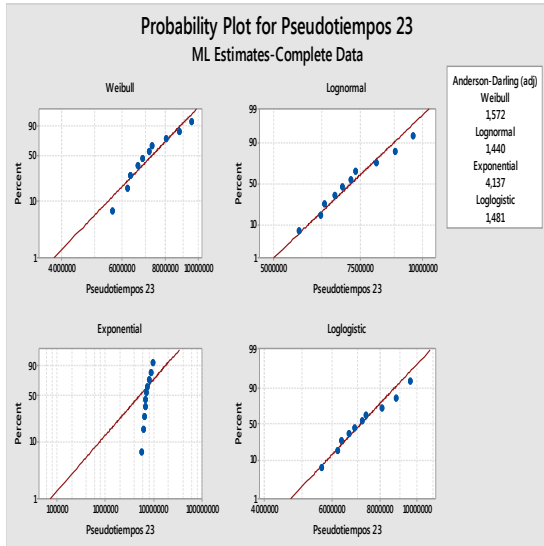


Figura 10. Gráfico de probabilidad para los pseudo tiempos de falla.

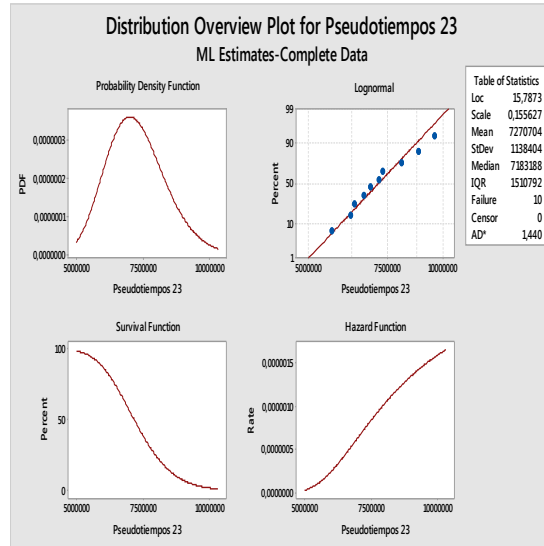


Figura 11. Gráfico de visión general de la distribución para los pseudo tiempos de falla.

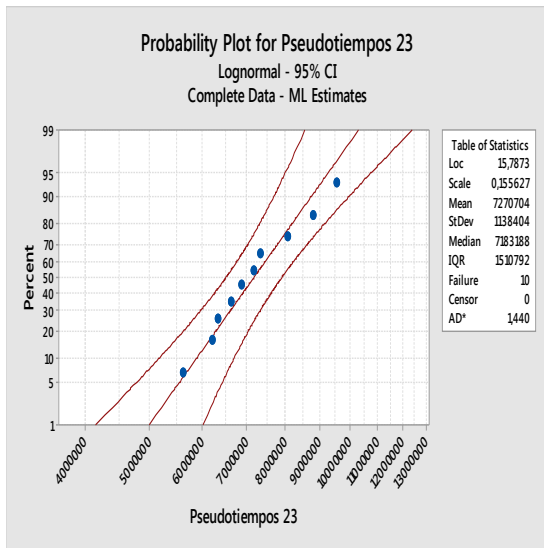


Figura 12. Gráfico de probabilidad de los pseudo tiempos de falla.

Para la temperatura de 60°

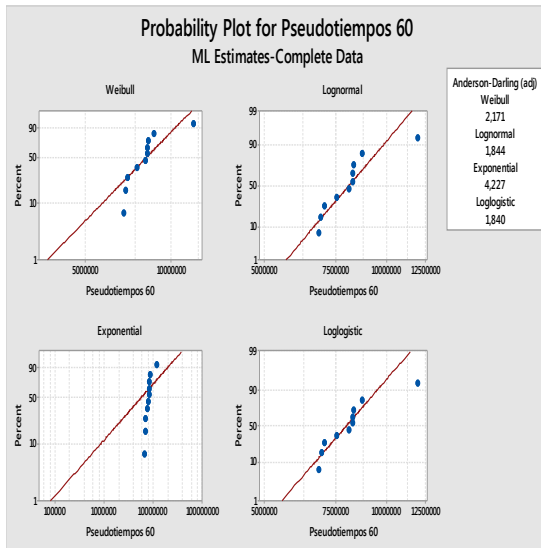


Figura 13. Gráfico de probabilidad para los pseudo tiempos de falla.

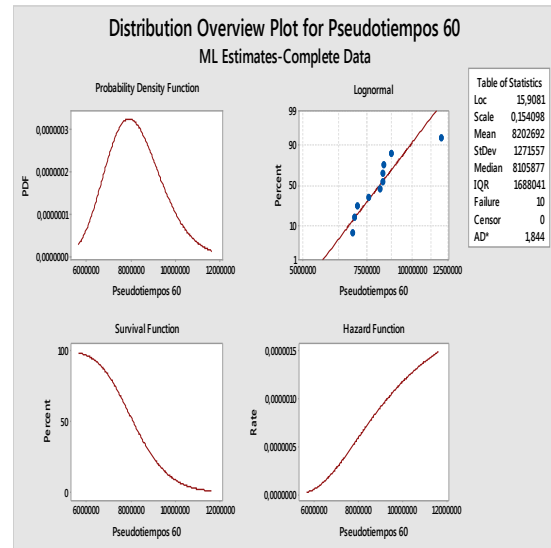


Figura 14. Gráfico de visión general de la distribución para los pseudo tiempos de falla.

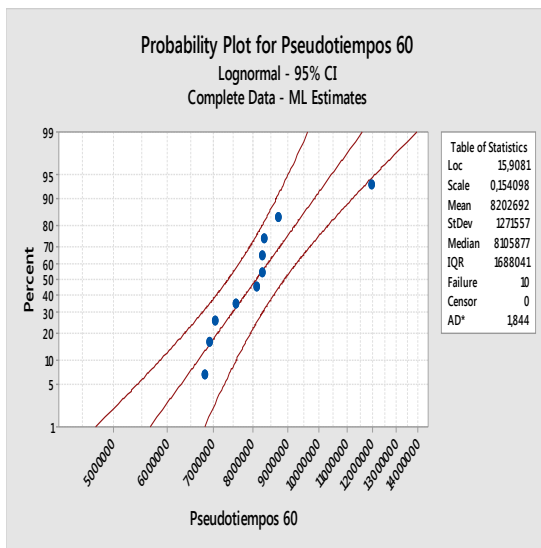


Figura 15. Gráfico de probabilidad de los pseudo tiempos de falla.

Para concluir con el análisis de las pruebas de vida acelerada en la Figura 16 observamos un gráfico de probabilidad de los pseudo tiempos de falla donde se ajustan a la distribución

Lognormal obteniendo los parámetros de la distribución para cada nivel de la variable de aceleración. En la Figura 17 se observa un gráfico probabilidad de residuales asumiendo una distribución Lognormal que se ajusta correctamente quedando dentro de los intervalos de confianza.

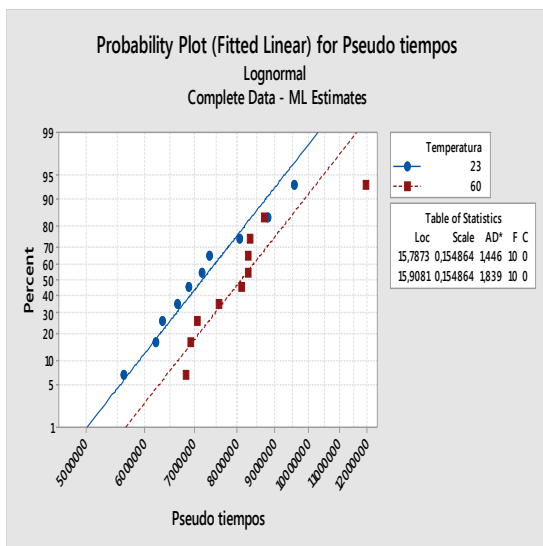


Figura 16. Gráfico de probabilidad de los pseudo tiempos de falla asumiendo una distribución Lognormal.

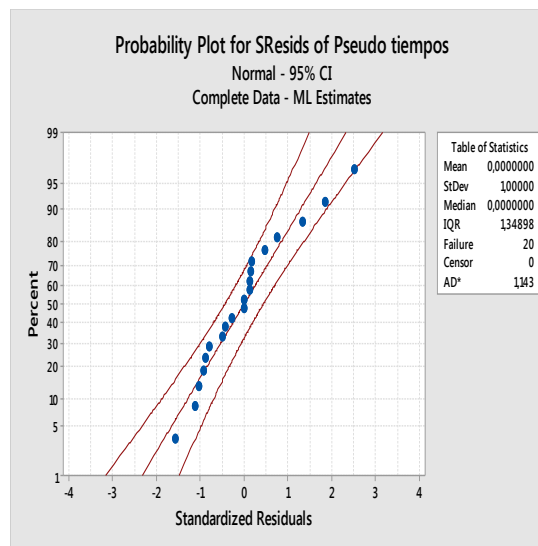


Figura 17. Gráfico de probabilidad de los residuales estandarizados asumiendo una distribución Lognormal.

4. Conclusiones

Al realizar el análisis para los tres procesos de degradación los cuales son el Proceso Gamma, el Proceso Gaussiano y el Proceso Inverso Gaussiano que contiene el paquete iDEMO, se seleccionó el Proceso Gaussiano debido a que es el proceso que mejor se ajusta a los datos obtenidos de la prueba de degradación acelerada. Dentro del Proceso Gaussiano se tienen cinco modelos de degradación, los cuales tienen diferentes parámetros y fueron evaluados para obtener el mejor resultado realizando las pruebas de bondad y ajuste de Kolmogorov-Smirnov y Anderson Darling, así como la estimación de máxima verosimilitud. Una vez mencionado lo anterior descartamos los otros modelos y se trabajará con el Modelo de degradación M1 ya que es adecuado para modelar los pseudo tiempos de falla de la prueba de degradación acelerada realizada. De acuerdo con el análisis realizado con el software Minitab 17, la distribución que describe mejor el comportamiento de los datos de la prueba de degradación acelerada es la Lognormal con los parámetros estimados para cada nivel de la variable de aceleración, lo cual se muestra en la Figura 17 quedando los datos distribuidos dentro de los intervalos de confianza.

5. Recomendaciones

Durante el desarrollo de la investigación se pretende realizar una validación de los resultados de las pruebas de vida acelerada, dentro de la industria automotriz para aplicar el plan de prueba propuesto para otros componentes automotrices con el objetivo de estandarizar las pruebas de vida acelerada, las cuales son fundamentales para garantizar un periodo de vida útil, así como el periodo de garantías a los diferentes clientes.

6. Referencias

1. Cheng, Y. (2012). Integrated Degradation Models in R Using iDEMO, *49*(2).
2. Cheng, Y., & Peng, C. (n.d.). iDEMO : integrated DEgradation MODels iDEMO LICENSE, (2012), 1–40.
3. Cong, F., Chen, J., & Pan, Y. (2010). Kolmogorov – Smirnov test for rolling bearing performance degradation assessment and prognosis, (800). <http://doi.org/10.1177/1077546310384003>
4. Elsayed, E. a. (2012). Overview of reliability testing. *IEEE Transactions on Reliability*, *61*(2), 282–291. <http://doi.org/10.1109/TR.2012.2194190>
5. Haghghi, F. (2014). Optimal design of accelerated life tests for an extension of the exponential distribution. *Reliability Engineering & System Safety*, *131*, 251–256. <http://doi.org/10.1016/j.ress.2014.04.017>
6. Han, D. (2014). Optimum Constant-Stress and Step-stress Accelerated Life Tests under Time and Cost Constraints.
7. Meeker, W.Q.; and Escobar, L. A. (1998). *Statistical Methods for Reliability Data*. New York, NY, USA.: John Wiley and Sons.
8. Member, S., Ospina, R., & Tsuyuguchi, A. (2014). Goodness-of-Fit Tests for the Birnbaum-Saunders Distribution With Censored Reliability Data, *63*(2), 543–554.
9. Nelson, W. B. (2015). *An Updated Bibliography of Accelerated Test Plans*.
10. R Development Core Team (2012). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

Criterios para la selección de un proveedor 3PL. Revisión de literatura: criterios y métodos.

Paolo Iván Ortega Gámez, Liliana Avelar Sosa, Jesús G. Palacios Valerio y Enrique Barrón López

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Juárez, México.

Correo: al151054@alumnos.uacj.mx

Resumen: Este trabajo presenta la revisión de literatura sobre 3PL (Third Party Logistic) en términos de criterios y métodos. El análisis se basó en 32 artículos publicados entre el año 2003 y 2016, este artículo muestra los resultados de una clasificación de acuerdo a su área de disciplina, departamento encargado de la publicación, universidad y país del autor principal y además la metodología utilizada; Donde por destacar algunos resultados se muestra que el departamento de ingeniería industrial es el que más publica, mientras que países como China, Estados Unidos, España y Turquía también sobresalen con más publicaciones al respecto. También se encontró que la metodología más utilizada en esta revisión de literatura fue por medio de Ecuaciones Estructurales con un total de seis.

Palabras clave: Cadena de suministro (SC), Logística, 3PL (Third Party Logistics).

1. Introducción.

El outsourcing de los servicios logísticos se ha incrementado en años recientes a casi un ritmo exponencial (Transportation Topics, 2007). Hoy en día, los proveedores de servicios 3PL enfrentan gran presión para poder satisfacer las necesidades de sus clientes como alta demanda, un alto nivel de tiempo y agregar valor a sus entregas, a bajos precios, y lograr la actividad de la última milla mientras que satisface los requerimientos del cliente, como así también manejar las ganancias y el balance financiero de la operación. Las compañías de 3PL son ampliamente promovidas por el fenómeno del outsourcing, así como también muchas compañías confían y dependen de sus servicios (Aguzzoul, 2014).

Para poder lograr la eficiencia de la operación logística, muchos proveedores 3PL monitorean sus actividades asistidos por una variedad de indicadores de desempeño que avalúan

la calidad y eficiencia del proceso logístico, mientras que la mayoría del tiempo proveedores 3PL no explota completamente el potencial de estos sistemas de desempeño (Domingues, Reis, & Macário, 2015). Los servicios de las compañías Third Party Logistics (3PL) se caracterizan por relaciones con los clientes que se pueden extender por muchos años, esto implica múltiples instancias de servicio de entrega (Briggs, Landry, & Daugherty, 2010).

Como columna vertebral del intercambio internacional, la logística engloba el transporte, las bodegas, los cruces entre fronteras, los sistemas de pagos entre otras funciones que son comúnmente desempeñadas por proveedores de servicios privados; esto para apoyar a los operadores privados y dueños de mercancías; siendo, también importante para los gobiernos y organizaciones regionales e internacionales (Önsel Ekici, Kabak, y Ülengin 2016). Dado el crecimiento poblacional que trae consigo el crecimiento industrial, 3PL se ha tornado más importante para el sector logístico en años recientes (Baligil, Kara, Alcan, Özkan, & GÖzde Alar, 2011).

El incremento de los servicios y la complejidad de la cadena de suministro debido a los múltiples proveedores y clientes que intervienen en ella ha ocasionado que, recientemente, se utilicen empresas de servicio para dar soporte a la gestión logística. Estas empresas son conocidas como 3PL (Third Party Logistics) y ofrecen diferentes estrategias para reducir los tiempos de transporte y distribución de los productos. Diversos estudios mencionan que las cadenas de suministro serán efectivas hasta que las empresas logisticas identifiquen, midan y controlen sus elementos de desempeño al ofrecer dichos servicios, cuyo desarrollo debe considerar el flujo de las funciones de forma interrelacionadas, y no sólo como actividades individuales (Kayakutlu y Buyukozkan 2011). Internacionalmente, la industria logística puede considerarse como las arterias base del desarrollo económico. Y, por tanto el *outsourcing* de la logística como la vertiente principal de los negocios. De ahí que en los últimos años, la integración y la promoción de los servicios profesionales de 3PL dentro de la cadena de suministro se han incrementado (Huang, Ren, Lee, & Wang, 2015).

Para determinar el efecto de los factores que intervienen en estos procesos, se realizan análisis de sus factores críticos. Algunos estudios realizados como (Wagner & Sutter, 2012) y (Liu & Lyons, 2011), mencionan que en los últimos años ha crecido el interés por evaluar los factores e indicadores críticos del éxito del tipo intangible, tangible, cuantitativo, cualitativo, y

han retomado importancia las metodologías de evaluación analítica. Así como también, dichos estudios intentan correlacionar factores estratégicos y factores operacionales por medio de planeación de actividades.

Según el Banco Mundial (2016), México se encuentra posicionado en el lugar número 50 de un total de 160 países en el desempeño global logístico, con un valor de 3.13. El valor máximo de la escala usada es 5, mientras el valor menor es 1, un valor de 5 implica mayor eficiencia logística, mientras que un valor de 1 indica menos eficiencia. Para evaluar dicha eficiencia el Banco Mundial considera seis factores que son: Aduanas con 2.69, infraestructura con 3.04, envíos internacionales con 3.19, competencia logística 3.12, seguimiento y rastreo con 3.14 y por último tiempo de entrega 3.57. Promediando estas calificaciones y comparándola con la calificación máxima obtenemos un 62.4% de la calificación más alta posible (The World Bank Group, 2016).

2. Proceso de selección de un proveedor 3PL.

El incremento de los servicios y la complejidad de la cadena de suministro debido a los múltiples proveedores y clientes que intervienen en ella ha ocasionado que, recientemente, se utilicen empresas de servicio para dar soporte a la gestión logística. Estas empresas son conocidas como 3PL (Third Party Logistics) y ofrecen diferentes estrategias para reducir los tiempos de transporte y distribución de los productos. Por lo tanto, esta sección describe los conceptos principales que involucran a la cadena de suministros y proveedores 3PL.

2.1 Cadena de suministro (SC).

La cadena de suministros es un sistema integrado de edificios y actividades. Esta sincroniza la interrelación de las funciones para la obtención y transformación de materiales en productos y la distribución de estos productos a sus clientes. El objetivo, es generar productos en las cantidades adecuadas y distribuirlas a los lugares precisos, y en el tiempo correcto, para minimizar el costo total del sistema mientras se satisfacen el nivel de servicio al cliente requerido. Estas demandas, son consideradas cuantitativamente y pueden ser determinísticas o no determinísticas, o ya sea estocástico o indistinta (Ardalan, Karimi, Naderi, & Khamseh, 2016). (Chopra y Meindl, 2010)

citado por (Govindan, Soleimani, & Kannan, 2014) menciona que la cadena de suministros, es una combinación de procesos para cumplir las solicitudes de sus clientes e incluye todas posibles entidades como proveedores, manufactureros, bodegas, minoristas.

2.2 Logística.

La logística es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes (Ballou, 2004). Motivo por el cual es de gran importancia para los procesos productivos en particular para la industria de la manufactura, en general. Las operaciones logísticas como recibir, almacenar, empacar, transportar, devoluciones, deben estar relacionadas a la cadena de suministro por medio de intercambio asociado de información (Boysen, Emde, Hoeck, & Kauderer, 2015).

2.3 Third Party Logistics (3PL).

El aumento de la cooperación de proveedores 3PL con sus clientes está expandiendo el ambiente de negocios actual (Baligil et al., 2011). Por lo que la logística tercerizada (3PL) es un tema de gran importancia para la logística que se ha incrementado en los últimos años. Las compañías quieren reducir los costos y proveer una satisfacción a sus clientes. No quieren enfrentarse directamente con problemas logísticos, así que prefieren compañías especializadas para alguna o toda su logística operacional. Por lo tanto, los negocios de 3PL están emergiendo y desarrollando rápidamente para satisfacer las demandas de servicios avanzados de logística, campos como transporte, bodegas, consolidación de embarques y distribución, etiquetado y empaque de producto, manejo de inventario, devolución de productos, manejo de órdenes y además de sistemas de información logística (Baligil et al., 2011).

3. Metodología para la recolección de información.

La revisión de literatura se llevo a cabo en tres pasos los cuales se mencionan a continuación: a) Recolección de información: Se definió que tipo de información se iba recopilar. b) Revisión de artículos: La información recopilada en forma de artículos es revisada para obtener información y crear categorías. c) Análisis de información: Se realiza una clasificación de la información de forma manual, para crear tablas y grupos.

3.1 Primer paso: Recolección de información.

En este primer paso, se realizo la búsqueda de literatura en bases de datos internacionales de acceso gratuito para estudiantes activos de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Estos artículos de alta calidad se obtuvieron en su mayoría de Science Direct que ofrece miles de artículos científicos en texto completo sobre ciencia y tecnología.

“European Journal of Operational Research”, “Expert Systems with Applications”, “Industrial Marketing Management”, “Int. J. Production Economics”, “Transportation Research”, son solo algunos de los sistemas expertos de donde se obtuvieron los artículos, se puede observar que estos nombres están en ingles como la gran mayoría de los artículos seleccionados para estudio. La búsqueda en las bases de datos se realizo utilizando palabras clave como Cadena de suministro (SC), Logística, 3PL (Third Party Logistics). Cabe mencionar que el concepto 3PL también se busco utilizando TPL por su abreviación en ingles.

3.2 Segundo paso: Revisión de artículos.

Los artículos reunidos se revisaron para obtener la información necesaria para hacer una clasificación, grupos de metodologías utilizadas y tablas para un análisis posterior.

3.3 Tercer paso: Análisis de información.

La clasificación de categorías utilizada en la revisión fue la siguiente:

3.3.1 Año de publicación en relación con su área disciplinaria.

La búsqueda de artículos de acuerdo a su fecha de publicación se limitó del año 2003 al año 2016, y se hizo una clasificación de acuerdo a periodos de tiempo y su área disciplinaria de los artículos. Esto con la finalidad de establecer el progreso en el transcurso de los años.

3.3.2 Departamento de publicación.

El agrupar de acuerdo al departamento de publicación en los cuales se publicaron los artículos es importante para conocer qué áreas están haciendo investigación en el tema de nuestro interés.

3.3.3 Universidad y país de publicación.

Es importante conocer en qué países y universidades se están publicando artículos en relación con nuestro tema de análisis y de esta manera identificar en qué regiones del mundo se está trabajando al respecto.

3.3.4 Metodología de análisis.

La metodología para el análisis de la información de cada artículo fue agrupada para poder identificar las categorías principales que se utilizan en casos específicos. Y de esta manera tener una mejor perspectiva al momento de seleccionar una metodología en un futuro.

4. Resultados de la recolección de información.

Un total de 32 artículos fueron seleccionados en la recolección de información, cada uno fue agrupado como se muestra en la sección 3. En esta sección se muestran los resultados obtenidos de la recolección de información.

4.1.1 Año de publicación en relación con categoría de artículo.

La distribución de los artículos desde el año 2003 hasta el año 2016 se muestra en la tabla 1. Se puede observar que en el periodo de tiempo del año 2010 al 2014 se encuentra el mayor número de publicaciones.

4.1.2 Departamento de publicación.

La tabla 2 nos muestra la frecuencia de artículos examinados y categorizados de acuerdo al departamento encargado de la publicación. Donde el departamento de Ingeniería Industrial se destaca con la publicación de seis artículos, seguido por el departamento de Administración con tres artículos publicados.

4.1.3 Universidad y país de publicación.

Una manera adicional de presentar la información obtenida en esta revisión de literatura es Identificando la universidad y país donde se generaron los artículos seleccionados. En la tabla 3 se muestra esta información donde China con cinco artículos, Estados Unidos con cuatro, España con cuatro y Turquía con tres son los países con más publicaciones.

Tabla 1

Journal	2003-2009	2010-2014	2015-2016	Total	%
Computers & Industrial Engineering			1	1	3.13
Computers & Operations Research		1		1	3.13
Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa		1		1	3.13
European Journal of Operational Research		3		3	9.38
Expert Systems with Applications	2			2	6.25
Industrial Marketing Management	2			2	6.25
Int. J. Production Economics	2	4		6	18.75
Invetigaciones Europeas de Dirección y Economía de las Empresa			1	1	3.13
Journal of Operations Management			1	1	3.13
Journal of Purchasing & Supply Management		1		1	3.13
Knowledge-Based Systems			1	1	3.13
Omega		1		1	3.13
Revista Española de la Investigación de Marketing		1		1	3.13
Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa		1		1	3.13
Scielo		3		3	9.38
Social Science Research		1		1	3.13
Suma Psicológica		1		1	3.13
Transportation Research		2		2	6.25
Transportation Research Procedia			1	1	3.13
Transport Policy			1	1	3.13
Total	6	20	6	32	100
%	18.75	62.50	18.75	100	

Tabla 2

Departamento	Frecuencia
Ingeniería Industrial	6
Administración	3
Contaduría y Administración	3
Información y Logística	2
Logística	2
Marketing	2
Administración y Economía	1
Administración, Tecnología y Economía	1
Ciencias e Ingeniería	1
Comunicación y Ciencias Políticas	1
Dirección de Empresas	1
Economía y Dirección de Empresas	1
Economía y Negocios	1
Ingeniería en Manufactura	1
Ingeniería Mecánica	1
Instituto Superior Técnico	1
Operaciones y Cadena de Suministro	1
Organización de Empresas	1

Tabla 3

	Universidad																																		
	Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro	Zhejiang University	Hebei University of Science and Technology	Fuzhou University	Northeastern University, Shenyang	Changzhou University	Universidad de Los Andes, Bogotá	University of Southern Denmark	Universidad de Jaén	Universidad de La Laguna	Universidad Pablo de Olavide	University of Granada	Lorraine University	Friedrich-Schiller-Universität Jena	The Hong Kong Polytechnic University	Hong Kong Polytechnic University	Moorul Islam University	University of Kharazmi	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Tecnológico de Monterrey campus Toluca	Universidad Politécnica de Tlaxcala	Universidade de Lisboa	Stockholm School of Economics	Swiss Federal Institute of Technology Zurich	VU Amsterdam University	Open University of the Netherlands	Yildiz Technical University	Doğus University	Galatasaray University	The University of Texas at Arlington	Stanford University	The University of Texas at Arlington	University of Houston		
Alemania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Brasil	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
China	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Colombia	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dinamarca	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
España	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estados Unidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
Francia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hong Kong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
India	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Iran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
México	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Paises Bajos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
Portugal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Suecia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Suiza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Turquia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	

4.1.4 Metodología de análisis.

Se agruparon de acuerdo al tipo de metodología que los autores utilizaron para su artículo, como se muestra en la figura 1.

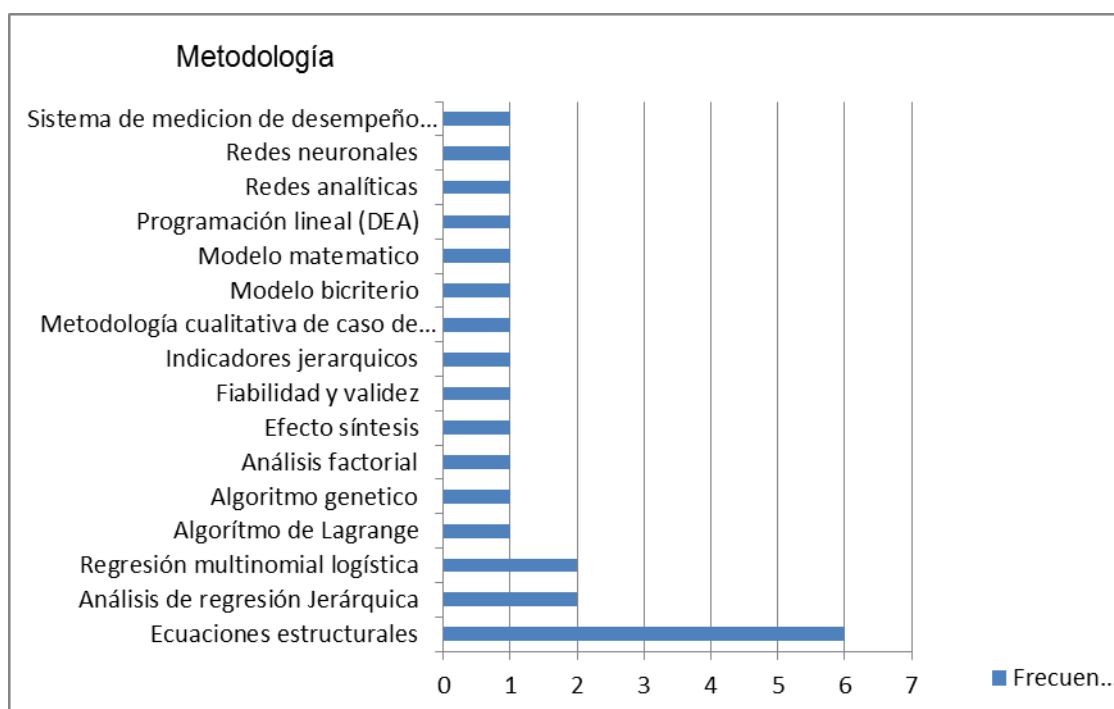


Figura 1 Tipos de metodología aplicada

5. Referencias

- Aguezoul, A. (2014). Third-party logistics selection problem: A literature review on criteria and methods. *Omega*, 49, 69–78. <http://doi.org/10.1016/j.omega.2014.05.009>
- Ardalan, Z., Karimi, S., Naderi, B., & Khamseh, A. A. (2016). Supply chain networks design with multi-mode demand satisfaction policy. *Computers & Industrial Engineering*, 96, 108–117. <http://doi.org/10.1016/j.cie.2016.03.006>
- Baligil, H., Kara, S. S., Alcan, P., Ozkan, B., & Gozde Alar, E. (2011). A distribution network optimization problem for third party logistics service providers. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12730–12738. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.061>
- Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. (Quinta edi). México: PEARSON EDUCACION.
- Boysen, N., Emde, S., Hoeck, M., & Kauderer, M. (2015). Part logistics in the automotive

- industry: Decision problems, literature review and research agenda. *European Journal of Operational Research*, 242(1), 107–120. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.09.065>
- Briggs, E., Landry, T. D., & Daugherty, P. J. (2010). Investigating the influence of velocity performance on satisfaction with third party logistics service. *Industrial Marketing Management*, 39(4), 640–649. <http://doi.org/10.1016/j.indmarman.2009.06.004>
- Domingues, M. L., Reis, V., & Macário, R. (2015). A Comprehensive Framework for Measuring Performance in a Third-party Logistics Provider. *Transportation Research Procedia*, 10(July), 662–672. <http://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.020>
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2014). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603–626. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012>
- Huang, M., Ren, L., Lee, L. H., & Wang, X. (2015). 4PL routing optimization under emergency conditions. *Knowledge-Based Systems*, 89, 126–133. <http://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.06.023>
- Kayakutlu, G., & Buyukozkan, G. (2011). Assessing performance factors for a 3PL in a value chain. *International Journal of Production Economics*, 131(2), 441–452. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.12.019>
- Liu, C.-L., & Lyons, A. C. (2011). An analysis of third-party logistics performance and service provision. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(4), 547–570. <http://doi.org/10.1016/j.tre.2010.11.012>
- Önsel Ekici, Ş., Kabak, Ö., & Ülengin, F. (2016). Linking to compete: Logistics and global competitiveness interaction. *Transport Policy*, 48, 117–128. <http://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.01.015>
- The World Bank Group. (2016). Banco Mundial 2016. Retrieved January 1, 2016, from <http://lpi.worldbank.org/international/global>
- Topics, T. (2006). 3PL revenue tops \$110billion. [http://doi.org/10.1016/0041-1647\(67\)90049-4](http://doi.org/10.1016/0041-1647(67)90049-4)
- Wagner, S. M., & Sutter, R. (2012). A qualitative investigation of innovation between third-party logistics providers and customers. *International Journal of Production Economics*, 140(2), 944–958. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.07.018>

Ciclo de Vida de Compañías Manufactureras de Ciudad Juárez, México, bajo la Perspectiva del Diseño Industrial

Porfirio Peinado Coronado, David Cortés Sáenz, Ludovico Soto Nogueira, Juan Manuel Madrid Solórzano

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Introducción

Mientras hay un reflejo en búsqueda de actividades que reduzcan los impactos ambientales negativos de nuestra sociedad, la mayoría de las prácticas de manufactura de productos y materiales adolecen de un criterio ecológico apropiado en su diseño básico; esta actividad tiene el nombre de ecodiseño. Este estudio propone investigar el análisis del ciclo de vida de un proceso de manufactura a una compañías que (por su cantidad existencial y los compromisos de las mismas en el cumplimiento de los retos ambientales resultantes en un adecuado impacto positivo a la sociedad, buscan, controlan, reducen, innovan, y seleccionan materiales eficientemente amigables con el medio ambiente) representan el grueso porcentual (60%) del sector industrial de la región [industrias de manufactura de productos automotrices (27%), electrónicos (20%), eléctricos (7%), y dispositivos médicos (6%)], (Maquila-Industry, 2012), que cuantifiquen el nivel actual de los procesos amigables con el medio ambiente y señalen las oportunidades de mejoras de optimización tanto de ambos, los procesos y productos, y en donde las compañías anteriormente mencionadas maquilan, así como también del uso de diversos materiales utilizados en varios procesos de manufactura tales como, el Policloruro de Vinilo (PVC), Polipropileno (PP), y Polietileno (PE); además de estudiar metales, como el Cobre (Cu), Aluminio (Al), y Acero, en particular.

Las compañías manufactureras e industriales se encuentran en primer lugar en la generación de empleos (INEGI, 2010). Sin embargo, las actividades llevadas a cabo en ambas compañías consumen más recursos naturales que el resto de los demás sectores industriales, generando al mismo tiempo, una mayor concentración de gases de efecto de invernadero

producido por el consumo de cantidades desorbitantes de no solamente energía sino también de productos y materiales (SCE, 2011), llamando la atención de los profesionales de estas compañías sobre el impacto ambiental adverso que se genera (EREN, 2003). Estos impactos negativos producidos por actividades tanto industriales como humanas deben ser consideradas seriamente dentro de todas las fases de un nuevo ecodiseño cuyo principio, similar al del desarrollo sustentable, descansan en tres pilares: (i) sustentabilidad ambiental, (ii) sustentabilidad económica y (iii) sustentabilidad social. La Figura 1 muestra la relación entre el ecodiseño y el desarrollo sustentable (Attaf, 2011).

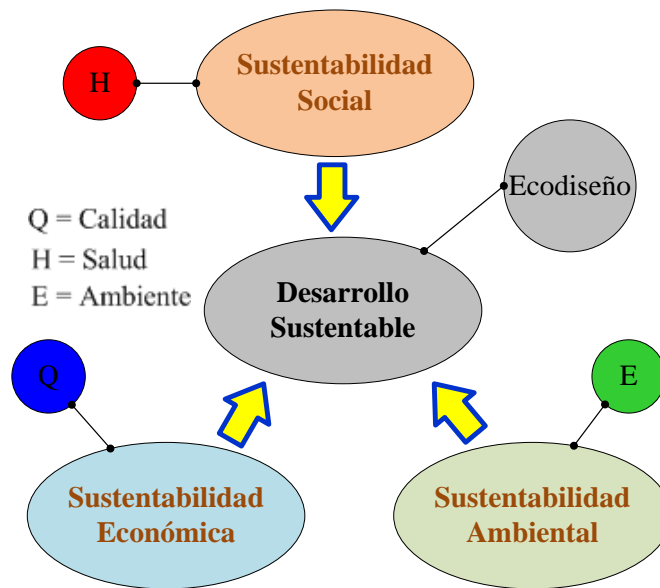


Fig. 1. Similitud entre ecodiseño y el desarrollo sustentable (Attaf, 2011)

El ecodiseño se consigue cuando los distintos aspectos Q (calidad), H (salud), E (ambiente) convergen en una área de intersección común.

Una de las metas principales del diseño amigable para el medio ambiente es proveer, en cierta medida, una solución perdurable de sustentabilidad cuando se analiza el ciclo de vida de los productos y materiales dentro de los procesos de manufactura. Para lograr esta meta, el ecodiseño debe cumplir no solamente con diseñar totalmente el proceso, sino también desarrollar estrategias que minimicen los efectos adversos en productos de uso familiar en su diseño conceptual, maximizando un apropiado balance que elimine cualquier conflicto entre los objetivos, funcionalidad, confiabilidad, calidad y costo de los mismos (Ashby, 2009). El visualizar las actividades humanas dentro del ecosistema global, es, sin lugar a dudas, la meta de nuestro tiempo; estudiar los procesos y los balances que la naturaleza propiamente ha

desarrollado, podrían sugerir alternativas reconciliatorias del actual desequilibrio existente entre los procesos industriales contra aquellos de los sistemas naturales. Optar por diseñar/construir con productos y materiales que contienen ingredientes que en su proceso práctico, se consideran reciclables y representa otra alternativa reconciliatoria. En una forma generalizada, diseño ambiental realiza avances significativos en distintas áreas de estudio: el análisis de energía (radiación solar, luz de día, energía tangible), diseño pasivo (ventilación natural, protección solar, electricidad solar y calentamiento solar), materiales de baja energía (cáñamo y lino, adobe, bambú y paredes verdes), diseño activo (sistemas de calentamiento/refrigeración base líquida y mecánica, iluminación eléctrica, agua y aceite) y servicios auxiliares (drenaje y alcantarillado, control del fuego, mantenimiento y limpieza) (Watts, 2009).

En resumen, la preocupación de los profesionales de Diseño e Ingeniería en reducir los impactos negativos al medio ambiente mediante la investigación, desarrollo y uso de recursos naturales renovables y casi renovables dentro de las compañías industriales y de construcción, permiten optimizar el diseño de productos y selección de materiales para el diseño y sus productos consecuentes, los cuales pueden divergir en siete categorías ilustradas en la Figura 2; categorías mismas, las cuales se describen a continuación:

- Cat. A: calidad sostenida, salud protegida y ambiente no preservado.
- Cat. B: calidad sostenida, salud protegida, ambiente no preservado.
- Cat. C: calidad no sostenida, salud protegida y ambiente no preservado.
- Cat. D: calidad no sostenida, salud protegida y ambiente preservado.
- Cat. S: calidad sostenida, salud no protegida y ambiente preservado.
- Cat. F: calidad sostenida, salud protegida y ambiente preservado.
- Cat. G: calidad sostenida, salud no protegida y ambiente preservado.

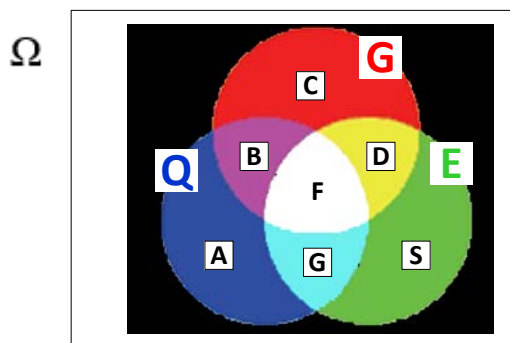


Fig. 2. Diagrama del modelo de ecodiseño y sus categorías (Attaf, 2007)

La optimización del ecodiseño permite transformar este mismo a un nivel multidisciplinario que incluya especialistas en las áreas de ingeniería mecánica / civil / estructural, matemáticas, física, química, salud, medio ambiente, y sociología, logrando tener abundancia de nuevas sugerencias de soluciones alternativas que lideren la metodología del ecodiseño, por consiguiente.

La evaluación y caracterización de materiales para el diseño representa uno de los factores claves entre los profesionales de las industrias de manufactura y de construcción (EREN, 2003). En países desarrollados, el uso/consumo de materiales como materia prima es cerca del 40 porcentual, que, en adición del 40% y el 12% en los consumos de energía eléctrica y agua respectivamente, impactan directamente la generación de gases de efecto invernadero en un 30%, el consumo del 40% de la energía total, y la producción de toneladas de residuos de demolición y de construcción, al menos. Tan solo en los Estados Unidos, se generan 136 toneladas de estos desechos, es decir, 1.3 Kg/persona/día (Nguyen, Shehab, & Gao, 2010). El desarrollo de materiales para el diseño ha conceptualizado productos más eficientes que generan un impacto positivo en el costo, gracias al progreso de mejores técnicas de análisis y de evaluación de proyectos. Nuevos materiales son creados en los laboratorios de las universidades, de gobierno, y de la industria, generando grandes beneficios: la investigación en el desarrollo de nuevas formas de procesamiento que combinan aleaciones y materiales híbridos que mejoran la potencialidad y durabilidad (vida útil) de los materiales para el diseño; polímeros reforzados de fibra de carbón, materiales elásticos, titanio, y aleaciones de metales amorfos son muy redituables; polímeros compuestos mejoran la eficiencia material y el aspecto visual. Operaciones de corte y soldadura con equipo láser agilizan el proceso de creación de prototipos y permite un concepto de diseño fácil y rápido. En consecuencia, el diseño de nuevos materiales emerge a través de la comercialización e investigación, es decir, desarrollo científico dirigido (Ashby & Johnson, 2014).

La aplicación de la filosofía del uso de productos con base en la manufactura con diseño amigable fortalece la conciencia conceptual del análisis sustentable, tanto que enfatiza una percepción globalizada en la observación y el control de los peligros y perjuicios ecológicos, que obstaculizan alcanzar los límites de consumo total de los recursos naturales no renovables. El mejor de los ejemplos en estos tiempos recientes es el que la mayoría de las compañías se enfrentan a retos ambientales: productos y materiales naturales (y el uso de energía en producirlos) escasean día a día: el consumo de los depósitos minerales e hidrocarburos fósiles se

ha incrementado en forma imperecedera a partir del siglo XVIII y el índice de los nuevos descubrimientos no satisface el índice de consumo. Es decir, nuestra sociedad acostumbrada a experimentar un crecimiento durante los últimos 300 años, sorteando el nuevo reto de sustentabilidad, el cual requiere de diversas atenciones inmediatas (WCED, 1987).

Esta investigación presenta un análisis del ciclo de vida (vida útil ACV), que analiza el impacto ambiental proveniente del uso de los diversos materiales para la elaboración de un arnés vehicular en el proceso industrial de una compañía arnesera de la región, utilizando los factores básicos del ecodiseño y el uso de prácticas pasivas y activas en la modelación de productos y materiales, mismos que tomen en cuenta los impactos negativos de actividades humanas e industriales. En perspectiva, el ACV representa una herramienta analítica que indica el impacto ambiental que tiene un producto durante su ciclo de vida, esto es, desde su momento de selección de materia prima, hasta su desecho, tal como lo indica la normatividad de la Organización Internacional de Normalización, ISO 14040 y 14044 (Parent, 2013).

Metodología: Generalidades y conceptos utilizados en este estudio

Normatividad en las Empresas / ISO 14001:2015

La Organización Internacional de Normalización ISO 14000 (por sus siglas en inglés), son herramientas estandarizadas que se les da a las compañías y organizaciones, que permita lograr una mejor responsabilidad con el ambiente, esto se logra por medio de auditorías, comunicación, uso del ACV, e incentivos como el cambio del clima.

Un control sobre el ambiente de manera estandarizada, permite a las empresas identificar, controlar, y monitorear sus problemas con el ambiente sin necesidad de certificación. La ISO 14001 logra adaptarse a cualquier tipo de organización; solo requiere que parte de las preocupaciones de la misma, sea saber de qué manera se está afectando al ambiente, sea cual sea su operación u operaciones. En todas las familias ISO, existe un factor (o necesidad) de mejora continua y el ISO 14001 no es la excepción, la empresa debe analizar sus sistemas y el impacto ambiental constantemente. En 2015, la (ISO_14001) presentó los siguientes beneficios:

- Demostrar como empresa estar interesados en el futuro, siguiendo los requerimientos del ISO 14001.
- El desarrollo de habilidades de líder y el compromiso con los demás empleados.
- Mejorar la reputación de la compañía.

- Logar metas como estrategia para el negocio.
- Mejorar la eficiencia y reducir costos, lo cual da una ventaja financiera.
- Propagar a los proveedores integrándolos al negocio y su sistema.

Eco-Indicador 99

IHOBE en su manual del año (2000), definió los eco-indicadores como la expresión de impacto ambiental de un proceso o producto de forma cuantitativa, que, con la ayuda de paquetes computacionales, se puede calcular algunos indicadores estándar. Así, cualquier diseñador puede analizar los impactos ambientales de ciertos productos durante el ciclo de vida.

Matriz del Ciclo del Material, Uso de Energía y Emisiones Tóxicas, MET

La matriz MET, es una herramienta que se utiliza antes del diseño o rediseño de un producto o proceso, la cual consiste en investigar los productos existentes con el fin de identificar las oportunidades de mejora ambiental, esta herramienta nos permite estudiar desde la obtención de la materia prima, transporte, energía utilizada en todos los ciclos del producto y las emisiones tóxicas que generan las fases de desarrollo. La matriz MET, categoriza la información de la siguiente manera (IHOBE, 2000): obtención de la materia prima, producción, distribución, uso y gestión de los residuos.

Evaluación del Análisis del Ciclo de Vida utilizando el Paquete Computacional GaBi□□(2010)

El Software GaBi□ es un sistema líder para la ingeniería del ciclo de vida, que permite analizar desde la perspectiva técnica, económica y de impacto ambiental que puede causar un producto o empresa, además que puede evaluar los aspectos socio-económicos haciendo uso del ACV. Es así que GaBi□ le permite al usuario construir modelos y diagramas interactivos que generan balances fáciles de analizar e interpretar. Para la generación de estos diagramas y balances, GaBi□ cuenta con diferentes bases de datos, las cuales son independientes de unas con otras, la diferencia es el tipo de estructura a manipular.

Caso Estudio. ACV de un Arnés Vehicular en Empresa Arnesera Local.

Objetivo General.

Estudiar un producto en una industria de arnés de Ciudad Juárez, (cuyo proceso productivo utiliza materiales comunes, mismos que proporcionan un impacto ambiental

de oportunidad de mejora, sobre el estado de eco-diseño, diseño amigable con el medio ambiente), mediante un análisis del ciclo de vida de materiales, procesos y productos.

Objetivos Específicos

- i. Fortalecer las estrategias que reduzcan los efectos adversos en productos de manufactura, al maximizar un apropiado balance de un adecuado análisis de ciclo de vida (objetivos, funcionalidad, confiabilidad, calidad y costo de los mismos), que faciliten el entendimiento del impacto positivo que se obtienen al desarrollar apropiadamente procesos de manufactura responsables hacia los recursos naturales y el medio ambiente.
- ii. Analizar los componentes, materiales y procesos del producto bajo estudio observando el consumo de energías y recursos naturales para su desarrollo.
- iii. Estudio de la información obtenida para obtener el impacto ambiental que conlleva el proceso productivo del producto bajo observación.
- iv. Proporcionar incremento de propuestas enfocadas adecuadamente hacia la cultura amigable con el medio ambiente en el diseño de productos que generan los diseñadores industriales.

Resultados

Empresa de Arnés Vehicular

El cumplimiento adecuado de los objetivos específicos permitió la obtención de la cantidad de Dióxido de carbono (CO₂) que despliega el ciclo de vida del producto bajo observación basado en la aplicación de los conceptos Eco-indicadores, Matriz MET y ACV utilizando el paquete computacional GaBi[®].

A continuación se describen los resultados evaluativos del producto de la empresa de arnés participativa en este estudio:

Diagrama de Flujo de Empresa de Arnés (ver Figura 3).

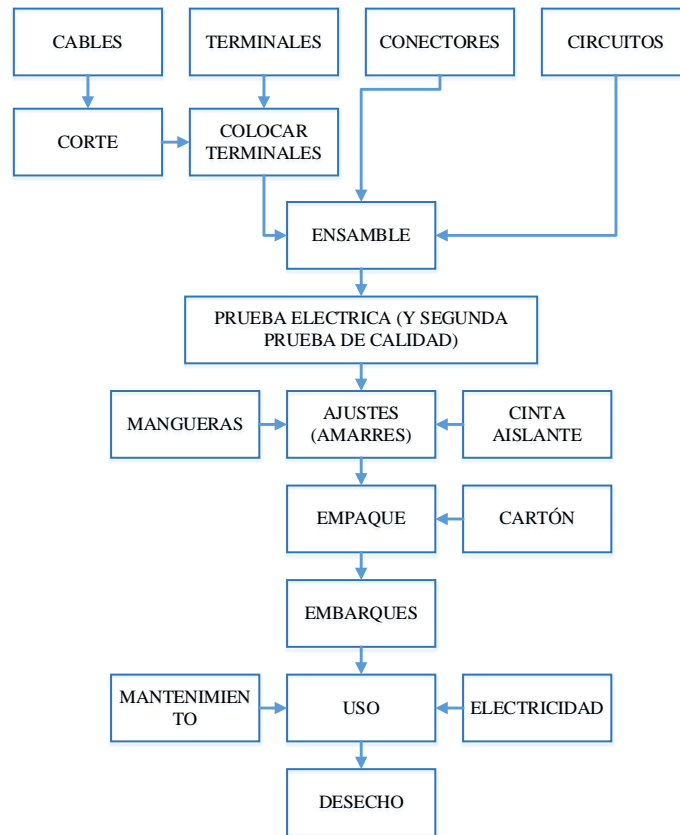


Figura 3. Diagrama de Flujo de Arnés Vehicular

Materiales.

La siguiente Tabla 1 muestra parcialmente la composición y peso de cada componente utilizado para la elaboración del arnés.

Tabla 1. Ejemplo de componentes de planta de arnés eléctrico.

COMPONENTES – ARNÉS VEHICULAR				
Nombres	# Piezas por arnés	Peso Unitario (Kg)	Peso por Arnés	Materiales
Etiqueta	75	0.040183786	3.013783961	Impresora: Vinyl auto-laminado
Etiqueta	1	0.002085467	0.002085467	Etiqueta: Poliester; Adhesivo: Acrílico permanente
Cable	166.91667	0.002732193	0.456048507	Nylon
Cable	9.499999	0.019933313	0.189366449	Conductor: Cobre desnudo Trenzado; Insulación: PE

Maquinaria.

La maquinaria utilizada únicamente intervenía en la colocación de terminales. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Ejemplo maquinaria utilizada en empresa de arnés.

MAQUINARIA – ARNÉS VEHICULAR					
MAQUINA	ACCION	VOLTAJE	CORRIENTE	WATTS	HERTZ
CK GAMA 333 PC/ PC-B	Corta cable e imprime # parte	3 x 208 -408	25 A	10.2 Kwh	50 / 60 Hz
Impresora Zebra GK420d	Imprime etiquetas con datos del producto	100 - 240 V	2.0 A	0.48 Kwh	50 / 60 Hz
Computadora	Uso en todas las estaciones - Identifica	100 - 240 V	1.7 A	0.408 Kwh	50 / 60 Hz
PR1-11	Engrapadora	115 V	6.0 A	0.69 Kwh	60 Hz

Proveedores.

La Tabla 3 muestra a los proveedores del arnés bajo estudio. La información incluida es proveedores, distancia en kilómetros desde la empresa a estudiar hasta el proveedor, y el tiempo estimado de recorrido.

Tabla 3. Listado de Proveedores

PROVEEDORES – PRODUCTO 1		
Proveedor	Distancia en Km	Distancia en Hr
AIRCRAFT & COMMERCIAL ENT.	1,227	12:25:00
AIRCRAFT & COMMERCIAL ENT.	1,227	12:25:00
ANIXTER	1,042	9:16:00
ANIXTER	1,042	9:16:00

Resultado general Eco-Indicador 99.

La Tabla 4 muestra los resultados generales obtenidos para el Eco-indicador 99.

Tabla 4. Ejemplo resultados generales eco-indicador 99. Arnés Vehicular

Material, Proceso, Transporte y Energía	Cantidad	Medida	Indicador	Resultado
Etiqueta vinilo autolaminado	0.040183786	Kg.	3.7	0.148680009
Etiqueta para identificar: poliester	0.001042734	Kg.	2.1	0.00218974
Etiqueta para identificar: adhesivo de acrilico permanente	0.001042734	Kg.	0	0
Cables con recubrimiento de Nylon	0.100279623	Kg.	630	63.17616249

Matriz MET.

Figura 5 muestra la matriz MET que lista los resultados obtenidos de la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) emitido durante las fases de producción del producto arnés bajo estudio.

	Uso de MATERIAL ^E (Entradas) M	Uso de ENERGIA (Entradas) E	EMISIONES TOXICAS (Salidas: emisiones, vertidos, residuos) T
Obtención y consumo de materiales y componentes	<ul style="list-style-type: none"> Etiquetas / labels Cableado Terminales y conectores Circuitos Total de peso: 2.2544 Kg. 	<ul style="list-style-type: none"> Diesel: Cantidad desconocida Trailer que recorre 303,534 Km 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂: Generado por transporte: 10,320,156 kg. CO₂: Generado por material: 933.946 kg
Producción en Fábrica	<ul style="list-style-type: none"> Uso de maquinaria para corte de cable y colocar terminales 12 maquinas con un uso de 110 – 240 V 	<ul style="list-style-type: none"> Energía eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂: Generado por maquinaria: 83,176 Kg.
Distribución	<ul style="list-style-type: none"> Cartón 0.3kg Camión de 16 toneladas 	<ul style="list-style-type: none"> Diesel: Cantidad desconocida Trailer que recorre 303,534 Km 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂: Generado por transporte: 10,320,156 kg. CO₂: Generado por material: 20.7 kg
Uso o utilización	<ul style="list-style-type: none"> OPERACION Colocar en interior de casas rodantes 		CO ₂ Generado por material: 933.946 kg
	<ul style="list-style-type: none"> MANTENIMIENTO Reemplazo de material individual 		
Sistema de fin de vida Eliminación Final	El producto no se recicla		<ul style="list-style-type: none"> CO₂: Generado por el material: 933.946 kg

Figura 5. Matriz MET Arnés Vehicular

Conclusiones

Bajo la realización de este estudio, tanto la situación actual del diseñador industrial y la realidad de la industria manufacturera y sus impactos, se detectó que mediante el desarrollo del ACV en el Arnés Vehicular fortalece el enfoque de investigación académica y/o científica que respaldó a el producto en el aspecto de impacto al medio ambiente. Actualmente el análisis ACV en las industrias de la transformación en México se encuentra en sus inicios, es decir, en paños menores; en otras palabras, el uso del ACV no es vasto pero es optimista. Es, por tanto, imprescindible mencionar que el Análisis del Ciclo de Vida de Productos representa un campo de oportunidad de aprendizaje y aprovechamiento (aplicación de la filosofía de manufactura amigable que consolida la conciencia conceptual de la sustentabilidad) y el control de los peligros y prejuicios ecológicos (que evitan alcanzar los límites de consumo total de los recursos naturales no renovables) bajo la perspectiva del diseño industrial en el desarrollo multidisciplinar tanto del emprendimiento como del involucramiento del diseño de productos amigables con el medio ambiente en empresas de la industria manufacturera de la región.

Uno de los propósitos de este estudio concordó que mediante el análisis del ciclo de vida en industrias con diversos procesos industriales que usan específicos materiales constructivos especificados con anterioridad, logran concientizar el diseño sustentable de productos y materiales en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Este estudio de ecodiseño, por tanto, se mostró la fase del mismo en el sector industrial al llevar a cabo el ACV a una empresa arnesera. El objetivo clave, sin embargo, es la apertura de canales de comunicación empresa/estudio investigativo, que sugieran soluciones alternativas para el diseño y manufactura amigable de productos y materiales con el ecodiseño que permitan cubrir los siguientes factores ambientales: (i). concentración de gases de efecto invernadero, (ii) Ingeniería de ciclo de vida, (iii) diseño sustentable, (iv) análisis de flujo sustentable, (v) eco balanceos, (vi) reportes ambientales, (vii) reporte de sustentabilidad, (viii) análisis de riesgo estratégico, y (ix) costos totales.

Bibliografía

- Ashby, M. F. (2009). *Materials and the Environment. Eco-Informed Material Choice*: First Edition. Butterworth-Heinemann 400 pp.
- Ashby, M. F., & Johnson, K. (2014). *Materials and Design. The Art and Sciences of Material Selection in Product Design*: Third Edition. Butterworth-Heinemann. 416 pp.
- Attaf, B. (2007). *Towards the Optimization of ecodesign function for composites. JEC Composites, Vol. 34*, p. 58 - 60.
- Attaf, B. (2011). *Generation of New Eco-friendly Composite Materials via the Integration of Ecodesign Coefficients, Advances in Composites Materials - Ecodesign and Analysis*: Dr. Brahim Attaf (Ed.) ISBN: 978-953-307-150-3, In Tech, DOI: 10.5772/14444.
- EREN. (2003). *Energy Efficiency and Renewable Energy Network Center of Excellence for Sustainable Development, U.S. Department of Energy*. Available at <http://www.eere.energy.gov/>.
- GaBi. (2010). *GaBi Manual*: United States Of America. GaBi.
- IHOBE. (2000). *Manual Práctico de Ecodiseño*: Sociedad Pública de Gestión Ambiental. España.
- INEGI. (2010). *Información Geográfica y Demográfica de México. Censo 2010*. www.inegi.org.mx.
- ISO_14001. (2015). *International-Organization-For-Standardization (ISO)14001: Key Benefits* http://www.iso.org/iso/iso_14001_-_Key_benefits.pdf.
- Maquila-Industry. (2012). *The Borderplex Alliance*. www.borderplexalliance.org.
- Nguyen, T. H., Shehab, T., & Gao, Z. (2010). *Evaluating Sustainability of Architectural Designs Using Building Information Modeling. The Open Construction and Building Technology Journal, Vol 4*. p. 1-8.
- Parent, J. C. (2013). *Revisiting the Rol of LCA and SLCA in the Transition Towards Sustainable Production and Consumption. The International Journal of Life Cycle Assessment*, p. 1642-1652.
- SCE. (2011). *Agenda for Sustainable Construction in Europe. Competitiveness of the Construction Industry, 2001*. p 7.
- Watts, A. (2009). *Modern Construction Handbook*.
- WCED. (1987). *Report of the World Commission on the Environment and Development*. Oxford University Press, Oxford, U.K.

Estrategias de enseñanza-aprendizaje en un curso de Graficación para un estudiante invidente: Caso de estudio

José Saúl González Campos, Ivonne Haydee Robledo Portillo, José Alfredo Acosta Favela, Carlos Alberto Ochoa Ortiz Zezzatti, Rene Noriega Armendáriz

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Resumen: En este estudio se aborda la experiencia docente con un estudiante invidente en un curso de Graficación en la Universidad Autónoma de Cd. Juárez. Primero se hace una introducción al área de la graficación por computadora y a las habilidades visuales-espaciales que el estudiante debe poseer para aspirar a un buen desempeño en el curso. Posteriormente se describen en detalle las estrategias especiales de enseñanza-aprendizaje que se implementaron en el aula y se hace una reflexión acerca de su potencial, alcance y limitaciones de acuerdo con los resultados de aprendizaje obtenidos por el estudiante.

Introducción

La Universidad Autónoma de Cd. Juárez (UACJ), al ser una universidad incluyente, recibe a estudiantes con capacidades diferentes y se les ofrece tutoría, atención y seguimiento, acudiendo a los departamentos institucionales que brindan apoyo estudiantil. Sin embargo, cuando estos estudiantes se encuentran en el aula tomando clases, las condiciones no siempre son las idóneas para que tengan un buen desempeño académico. Dependiendo de la discapacidad, los estudiantes se pueden enfrentar a condiciones desalentadoras que, en algunos casos, pueden conducir a un pobre desempeño o a una deserción de un curso o incluso de sus estudios. En grupos de veinte o treinta estudiantes, es complicado que el docente brinde ayuda personalizada durante el tiempo de la clase, dado que esto conlleva el riesgo de desatender al resto del grupo. Es más viable que se brinden asesorías académicas extra-clase en la medida del tiempo disponible tanto del docente como del estudiante. En este estudio se describe y analiza el caso concreto de un estudiante invidente inscrito en un curso de Graficación, el cual es esencialmente de contenido visual e interactivo. Esto representó un reto importante para tratar de implementar estrategias especiales de enseñanza-aprendizaje que pudieran brindar al estudiante un apoyo individual, tanto en asesorías privadas con el docente, como en trabajo en casa por parte del estudiante y con el apoyo de su familia.

A través de este caso de estudio, se pretende aportar la experiencia obtenida, los resultados de aprendizaje logrados por el estudiante y una reflexión que pudiera ser útil en circunstancias similares, tanto en cursos de Graficación, como en otros que compartan características similares.

Graficación

En esta sección se ofrece un panorama general de la graficación por computadora. Se describe su campo de estudio, los contenidos del curso de Graficación en la UACJ y se da una breve introducción al tema de las transformaciones geométricas.

2.1 Campo de estudio de la graficación

La graficación abarca un amplio cuerpo de conocimientos relacionados con la generación y manipulación de imágenes por computadora. Se puede decir que cualquier gráfico generado en una computadora, independientemente de su propósito, le concierne a la graficación. Se pueden identificar grandes áreas de desarrollo e investigación en graficación tales como: algoritmos de procesamiento de imágenes, algoritmos de modelado, algoritmos de renderizado y algoritmos de animación 2D y 3D. Los propósitos o áreas de aplicación de la graficación son tan extensos que difícilmente se puede concebir hoy en día un área que no haga uso de ella, por ejemplo, en entretenimiento, medicina, arquitectura, ingenierías, diseño, publicidad, simuladores, educación y visualización de datos científicos, por mencionar sólo algunas áreas.

2.2 Contenido académico del curso de Graficación en la UACJ

En lo que respecta al contenido académico, Graficación, tal y como se ofrece en la UACJ, está organizado en cinco unidades, las cuales orientan el curso a que el estudiante comprenda los principios teóricos y prácticos del proceso estándar de renderizado de escenas 3D. La primera unidad plantea una introducción general a la graficación, su campo de estudio, objetivos y aplicaciones. La segunda unidad abarca los temas relacionado con la teoría del color. En la tercera unidad se estudian las transformaciones geométricas 2D/3D, tales como traslaciones, rotaciones y escalas, aplicadas a modelos rígidos. A partir de esta unidad, en la parte didáctica, se estudia cada tema tanto en su forma analítica como práctica. En la parte analítica se establece una metodología basada en la representación y manipulación matricial de las transformaciones, mientras que en la parte práctica se utiliza el lenguaje C y la biblioteca de gráficos OpenGL para la implementación de programas. La cuarta unidad aborda el proceso general de renderizado (conocido como *viewing pipeline*) y las transformaciones de sistemas de coordenadas que ahí suceden. Finalmente, en la quinta unidad se tratan temas más especializados, tales como iluminación, texturas y *blending*.

2.3 Transformaciones geométricas de cuerpos rígidos

Uno de los temas centrales del curso de Graficación es el de las transformaciones geométricas. Aquí se plantea un proceso sistemático para transformar vértices, expresados en forma de coordenadas, y calcular su posición final de acuerdo a una posición inicial y al efecto de aplicarles una transformación sencilla o una secuencia de transformaciones. Las transformaciones geométricas son representadas mediante operaciones entre matrices debido a que es una manera eficiente en que pueden ser calculadas a gran velocidad por las tarjetas aceleradoras de gráficos modernas. En la figura 1 se aprecia el efecto de aplicar diferentes transformaciones al cuadro de la izquierda y se visualiza el resultado a la derecha, a manera de un rectángulo inclinado.

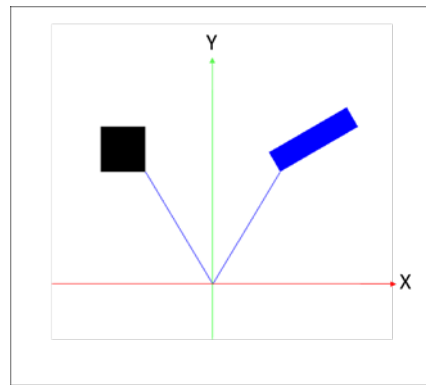


Fig. 1. Ejemplo de transformación geométrica

En la figura 2 se muestra un planteamiento analítico, expresado mediante una multiplicación de matrices, por medio del cual se aplicaría una secuencia de transformaciones para resolver el caso gráfico presentado en la figura 1.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 30 \\ 0 & 1 & 0 & 50 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(-60) & -\text{sen}(-60) & 0 & 0 \\ \text{sen}(-60) & \cos(-60) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} .5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 30 \\ 0 & 1 & 0 & -50 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Fig. 2. Secuencia de matrices que representa una transformación geométrica

Habilidades visuales-espaciales y su impacto en el estudiante de Graficación

En esta sección se proporcionan los antecedentes acerca del estudio de las habilidades visuales-espaciales como una expresión de inteligencia humana, la manera en cómo se han intentado medir a través de pruebas estandarizadas y se pone en perspectiva la importancia que tienen como un factor de desempeño para un estudiante que cursa Graficación.

3.1 Antecedentes acerca del estudio y medición de las habilidades visuales-espaciales

La capacidad de visualización espacial es comúnmente percibida como una manifestación de la inteligencia, esto es, una especie de inteligencia especializada en el manejo de entornos 3D. Esta habilidad mental ha sido estudiada desde los primeros años del siglo XX y está muy alineada con la teoría de Gardner de las inteligencias múltiples. En este sentido, es vista como un tipo de inteligencia humana, diferente a otras expresiones de la inteligencia tales como la verbal, musical, kinestésica, o lógico-matemática, entre otras. Fue a mediados de la década de los 40s que [Thurstone 1947] identificó la visualización espacial como una de las siete principales habilidades mentales. Más tarde, en la década de 1980, [Gardner 1983] describió la inteligencia espacial-visual como "la habilidad de percibir con precisión el mundo visual para realizar transformaciones y modificaciones de acuerdo a las propias percepciones iniciales".

La habilidad espacial es considerada un factor muy importante que contribuye al éxito en dominios específicos y en ciertos campos profesionales, tales como matemáticas, ingeniería, ciencias y arquitectura, sólo por nombrar algunos. Debido a esta importancia, la psicología cognitiva ha investigado por varios años los métodos para mejorar esta capacidad humana.

En relación con los esfuerzos para medir las habilidades visuales-espaciales, se han propuesto diferentes pruebas estandarizadas a través de los años. Una de las más utilizadas es la prueba *Purdue Spatial Visualization with Rotations* (PSVT por sus siglas en inglés), desarrollada por [Guay 1976]. Se cree firmemente que una buena puntuación en esta prueba predice en los estudiantes habilidades adecuadas y un buen rendimiento al estudiar programas académicos que implican un uso extenso de capacidades de visualización.

3.2 Habilidades visuales-espaciales como factor de desempeño en Graficación

Desde la perspectiva de los estudiantes de Graficación, estos generalmente batallan en comprender secuencias complejas de transformaciones 2D y 3D. Según Hartman (2005), la habilidad visual-espacial es una capacidad mental clave que hay que tener en cuenta, particularmente en el sector educativo, al momento de diseñar experiencias de aprendizaje y evaluaciones que pretendan ser efectivas en un curso como el de Graficación. En nuestra experiencia docente de catorce años impartiendo Graficación en la UACJ, hemos detectado que algunos estudiantes son mejores que otros en estas habilidades visuales-espaciales. Aquellos estudiantes que tienen problemas para realizar de manera intuitiva (mentalmente) abstracciones espaciales o transformaciones geométricas en entornos 3D, están en un riesgo mayor de fracasar

o de abandonar el curso. Estos estudiantes usualmente requieren de ayuda adicional para comprender los conceptos centrales y para auto-motivarse y ganar confianza en sí mismos respecto a su capacidad de concluir satisfactoriamente el curso.

Estrategias de enseñanza-aprendizaje para un estudiante invidente en Graficación

De acuerdo a lo mencionado en las secciones anteriores acerca de los contenidos del curso de Graficación y el rol que tienen las habilidades visuales-espaciales como un factor que determina el desempeño de un estudiante en esta materia, se puede apreciar que, para un estudiante invidente, sobre todo si es una condición de nacimiento, tomar este curso representa un gran reto y probablemente una situación difícil de superar. Si estudiantes con una visión normal y diferentes grados de habilidad visual-espacial, tienen problemas con su desempeño en el curso, entonces un estudiante invidente, el cual no ha tenido (dada su condición) oportunidad de desarrollar su capacidad mental de visualización espacial, encontrará un obstáculo mayor que seguramente lo llevará a fracasar en el curso si no recibe alguna ayuda especial.

4.1 Software utilizado como apoyo didáctico

En cuanto a software, el primer componente esencial es un “lector de pantalla”. Estos programas, además de leer en voz alta lo que muestra la pantalla, incluyen otras funcionalidades esenciales, por ejemplo, controlar el mouse, ver jerárquicamente ciertos elementos en la pantalla (como menús o barras de herramientas), e incluso auxiliar en la navegación a través de los elementos presentes en una página web, sobre todo si la página está diseñada siguiendo estándares de accesibilidad, como el WAI-ARIA, propuesto por [W3C 2014]. Existen diversos lectores, de acuerdo a las preferencias personales y sistema operativo seleccionado. En [WebAIM 2017] se pueden encontrar los resultados de una encuesta acerca de los lectores más utilizados de acuerdo al sistema operativo, al navegador y al tipo de discapacidad visual. Por ejemplo, para el sistema operativo Windows, entre los lectores más utilizados están Jaws (*Job Access With Speech*), Window-Eyes y NVDA (*Non Visual Desktop Access*), aunque Window-Eyes ha sido recientemente descontinuado. También, entre otras opciones, se puede utilizar VoiceOver para iOS, Orca para Linux, Google Talkback para Android y ChromeVox para Chrome.

En el caso particular de nuestro estudio, el estudiante invidente en Graficación ya utilizaba la combinación NVDA-Windows y Visual Studio como entorno de programación, por lo que se decidió que continuara así para que trabajara en un ambiente familiar para él.

Otro elemento de software necesario en el curso de Graficación es una calculadora para facilitar la multiplicación de matrices. Normalmente, los estudiantes de este curso utilizan Mathematics, de Microsoft, el cual presenta la interfaz de una calculadora y permite escribir y multiplicar las matrices en forma intuitiva para el estudiante. Sin embargo, este software no era una opción para el estudiante invidente porque Mathematics tiene una interfaz completamente gráfica que el lector de pantalla no podía interpretar como texto. Por esta razón se decidió utilizar Octave

[GNU Octave 2017], el cual es un software libre para cómputo numérico y que puede establecer una interfaz de entrada/salida en modo de consola, además de permitir la escritura de programas en un lenguaje nativo, de alto nivel, para la solución de problemas numéricos. De esta manera, el estudiante invidente sería capaz tanto de introducir las matrices como de obtener los resultados, en modo texto, a través de la consola de Octave.

4.2 Modelos físicos utilizados como apoyo didáctico

Un aspecto crucial para lograr que el estudiante pudiera asimilar los conceptos y métodos asociados a las transformaciones geométricas en Graficación, era sustituir el sentido de la vista por el del tacto. Para esto se implementaron modelos físicos que representaron a un sistema de coordenadas, a los “objetos” o vértices que estaban siendo transformados y a las matrices en sí mismas. Este último caso, el de las matrices, fue un descubrimiento casual para el docente pero que tuvo un impacto importante en el aprendizaje del estudiante. Se podría pensar que un estudiante invidente que ya tiene un concepto previo de lo que es una matriz, su notación y sus operaciones básicas, no requeriría ayuda adicional para razonar ciertos conceptos abstractos de graficación expresados en forma de matrices. Sin embargo, en la práctica resultó evidente que el estudiante tenía dificultades localizando los elementos esenciales de una transformación geométrica en el formato mismo de la matriz. Para el estudiante, la matriz era una sucesión de números en un cierto orden, pero se estaba perdiendo del componente didáctico de “ubicación” de los elementos clave, dado que esto implica una localización espacial en el formato de la matriz. Por ejemplo, en la figura 3 se muestra en dónde, dentro de la matriz, se localizan dichos elementos clave para las transformaciones geométricas básicas.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & tx \\ 0 & 1 & 0 & ty \\ 0 & 0 & 1 & tz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\beta & -\text{sen}\beta & 0 & 0 \\ \text{sen}\beta & \cos\beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sx & 0 & 0 & 0 \\ 0 & sy & 0 & 0 \\ 0 & 0 & sz & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Fig. 3. Formatos de matrices para transformaciones 3D

Un aspecto importante a considerar para la implementación de los modelos didácticos fue el costo. Por un lado, aunque existen sitios especializados en la venta de recursos didácticos y de apoyo para invidentes, el costo resulta prohibitivo para muchas personas. Por otro lado, aun considerando la posibilidad de adquirirlos, la mayoría de los materiales educativos a la venta están dirigidos a la educación básica y en reducido número a niveles superiores. Obtener materiales educativos para invidentes, en el área de matemáticas, particularmente para Graficación, no fue una opción. Lo que se decidió fue adaptar materiales convencionales, de bajo costo, principalmente encontrados a la venta en la modalidad de juguetes educativos, que se

pueden conseguir en muchos sitios por internet o en tiendas físicas. En la figura 4 se muestran los modelos didácticos físicos utilizados con el estudiante y que corresponden a los sistemas de coordenadas 2D y 3D.

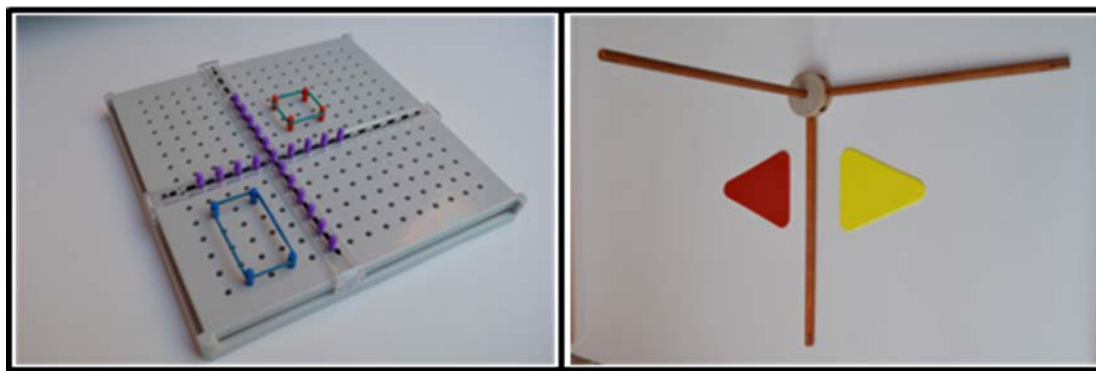


Fig. 4. Sistemas de coordenadas 2D y 3D

La figura 5 muestra algunos “objetos” a ser transformados. Algunas figuras sencillas se utilizaron sólidas, como el caso de triángulos, aunque la mayoría se armaron con esferas y conectores, aún para representar modelos 2D.

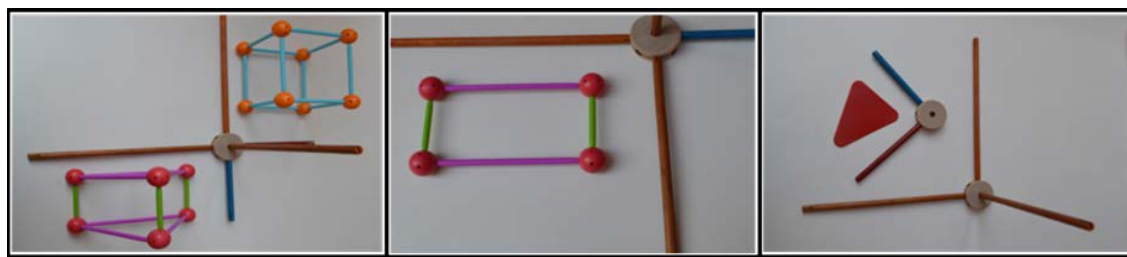


Fig. 5. Ejemplos de modelos 2D y 3D utilizados para practicar transformaciones

Los formatos de matrices para las transformaciones geométricas se muestran en la figura 6. En este caso, se recubrieron de papel aluminio las esferas de plástico que correspondían a las posiciones clave dentro de la matriz, según cada tipo de transformación, para que el estudiante pudiera sentirlas al tacto y que así pudiera abstraer mentalmente estas representaciones.

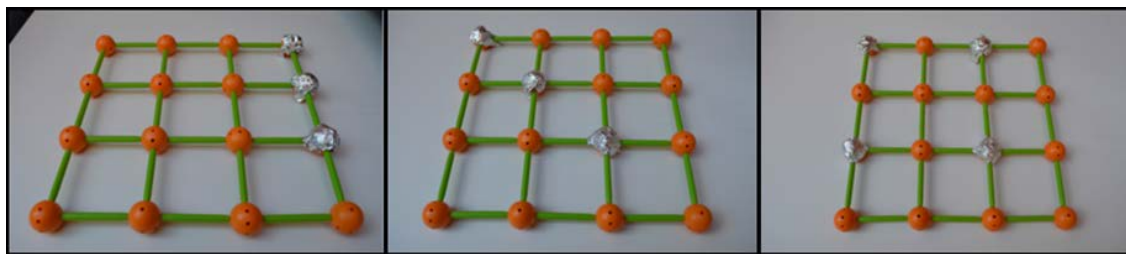


Fig. 6. Modelos físicos para representar las matrices de traslación, escala y rotación

Metodología

Se implementó un plan de apoyo personalizado para el estudiante invidente durante todo el semestre; este plan consistió en las siguientes estrategias:

El estudiante trabajó en clase en su laptop con el “lector de pantallas”, en este caso NVDA, y con audífonos para no interrumpir con la pronunciación generada por el software. De esta manera el estudiante tomaba notas y daba seguimiento a los ejercicios resueltos en clase. Cuando los ejercicios eran analíticos utilizaba Octave y cuando los ejercicios eran prácticos utilizaba Visual Studio.

Se agendaron sesiones especiales de dos horas, los viernes (extra-clase), para implementar ejercicios de transformaciones geométricas con el software y los materiales didácticos elegidos.

Se le asignó un estudiante “tutor” que, durante la clase, lo apoyaba en dudas o en darle seguimiento a las explicaciones del docente y a los ejercicios. En la clase no se utilizaron los modelos didácticos empleados en las sesiones de los viernes, por cuestiones de tiempo y espacio. En cambio, lo que se implementó para que el estudiante pudiera percibir ciertos conceptos gráficos, fue marcar con un lápiz a presión, en una hoja de papel, los contornos de figuras gráficas que el estudiante pudiera sentir con el tacto, como un bajo-relieve. Esto lo realizaba el estudiante “tutor” durante la clase, conforme fuera necesario.

Se realizó un plan para que el estudiante pudiera desarrollar ejercicios de práctica en casa, apoyado por su familia. Estos ejercicios consistían en resolver uno o varios problemas mediante la implementación de un programa utilizando lenguaje C y OpenGL. Con el uso de Visual Studio y NVDA, el estudiante era capaz de programar sin dificultad puesto que ya había cursado materias de programación en semestres anteriores. En este curso, se requería el apoyo familiar para descifrarle al estudiante las imágenes contenidas en las prácticas. Por la naturaleza gráfica del curso, las prácticas no son solamente texto pues deben mostrar visualmente lo que se le pide resolver al estudiante. También se requirió el apoyo familiar para descifrarle al estudiante la salida gráfica de su programa y ver si coincidía o no con lo solicitado en la práctica. Las dudas

que surgieron en el desarrollo de estas prácticas fueron resueltas tanto en clase como en las sesiones especiales de los viernes.

Se implementó en el lenguaje nativo de Octave, una serie de procedimientos para mecanizar operaciones con matrices relacionadas a los métodos propios de las transformaciones geométricas; por ejemplo, la multiplicación de una secuencia de transformaciones y luego la aplicación de la misma a un conjunto de vértices. Dado que estas operaciones son repetitivas a través de los ejercicios y problemas durante el curso, estos procedimientos le permitieron al estudiante enfocarse más en definir un planteamiento correcto, que, en realizar las operaciones, logrando un mejor aprovechamiento del tiempo en las asesorías, o en clase. La creación de esta serie de procedimientos en Octave fue iniciativa propia del estudiante y resultó en una ventaja importante para lograr el aprendizaje.

En cuanto al uso de los modelos didácticos, para que el estudiante pudiera percibir el efecto tangible de una traslación, rotación, escala o reflejo, se construían “objetos” físicos con los cuales poder representar estas transformaciones. De esta manera, al tacto, el estudiante podía hacer una representación mental del efecto que había tenido sobre el “objeto” la secuencia de transformaciones geométricas, según cada ejercicio. Esto, en conjunto con los modelos del sistema de coordenadas y de las matrices, le permitieron al estudiante concebir conceptos gráficos abstractos casi de igual manera que los estudiantes regulares del curso lo hacen utilizando el sentido de la vista.

La evaluación del curso tuvo que ser adaptada para este caso especial. Se optó por una evaluación basada en los avances logrados por el estudiante, de acuerdo a ciertos objetivos iniciales. Se descartaron los temas del curso que no tienen sentido para una persona invidente (por ejemplo, conceptos de color, iluminación y sombreados) y se definió una evaluación basada en resolución de problemas para poder realizar una cuantificación y asignarle una calificación al final del semestre.

Resultados de aprendizaje

Los resultados de aprendizaje obtenidos por el estudiante se pueden resumir de la siguiente manera:

El estudiante pudo comprender el concepto de coordenadas en dos y tres dimensiones.

El estudiante pudo comprender la representación matricial de las transformaciones geométricas, concretamente el formato de traslación, de rotación y de escala.

El estudiante pudo aplicar una transformación a un vértice y visualizar mentalmente el resultado. En la parte analítica, pudo visualizar el efecto de aplicar la transformación al vértice mediante la

ayuda del modelo didáctico físico y Octave. En la parte práctica, pudo ejecutar un programa para lograr el mismo resultado que en la parte analítica. Obviamente, para la interpretación visual de gráficos en la pantalla se requirió del apoyo de otra persona.

De manera similar al inciso anterior, el estudiante pudo aplicar una transformación a un objeto complejo formado de varios vértices. Aquí, el nivel de abstracción fue mayor, ya que el estudiante ya no operaba al nivel de “vértices” sino de “objetos”, tales como cuadrados y triángulos, por ejemplo. Las soluciones se expresaron tanto de manera analítica como en un programa.

En un paso más avanzado, el estudiante pudo comprender secuencias complejas de transformaciones y sus efectos sobre los vértices.

El estudiante pudo realizar las mismas prácticas (aunque no le alcanzó el tiempo para realizarlas todas) que realizaron el resto de sus compañeros de clase.

Por cuestiones de tiempo, el estudiante no incursionó en temas más avanzados, tales como transformaciones de cámara, de proyección o de normalización.

Para otras unidades del curso que no estaban relacionadas a las transformaciones geométricas, ciertos temas y conocimientos simplemente no son evaluables en casos como el de un estudiante invidente. Por ejemplo, el tema relacionado al concepto de color, no es posible enseñarlo. Es imposible razonar con colores para quien no puede ver y para quien en toda su vida no ha percibido ningún color. De igual manera, los conceptos de iluminación y sombreados tampoco son evaluables para un estudiante invidente.

En los temas del curso en los que sí coincidieron los estudiantes regulares con el estudiante invidente, este último logró un aprovechamiento y comprensión similar a la mayoría de los estudiantes.

Discusión y conclusiones

De acuerdo a la experiencia obtenida durante todo un semestre con el estudiante invidente en Graficación, se puede mencionar que, por una parte, las estrategias de enseñanza-aprendizaje implementadas tuvieron un resultado satisfactorio, ya que el estudiante fue capaz de comprender y razonar conceptos abstractos, de complejidad considerable, relacionados con las transformaciones geométricas. Esto es un logro importante considerando su desventaja inicial de no tener desarrolladas habilidades visuales-espaciales.

Las estrategias de enseñanza-aprendizaje, basadas en diseñar y construir un conjunto de modelos didácticos físicos, fue exitosa, aunque también con ciertas limitaciones. En general, ayudaron al estudiante tanto a razonar con los conceptos relacionados con la representación matricial de las transformaciones, como con la representación visual de los efectos de las transformaciones. Los modelos fueron muy eficientes para la enseñanza de los fundamentos de las transformaciones geométricas en 2D y menos eficientes para la ampliación de estos conceptos a 3D. La razón principal es que para ubicar con exactitud objetos y sus transformaciones en un espacio tridimensional, se requiere de un mecanismo adicional de ayuda para posicionar y sostener los objetos en su ubicación en el espacio, respecto a los ejes de coordenadas, lo cual no resulta ser una tarea sencilla.

Por otra parte, un factor que ocasionó que el estudiante no pudiera completar todo el contenido del curso, además de las limitaciones propias del estudiante, fue el tiempo necesario que se requiere de ayuda personalizada. En un caso como el presentado en este estudio, prácticamente todo el tiempo extra-clase de ayuda personalizada recae en el docente de la materia y, en la medida de las posibilidades, en el entorno familiar del estudiante. Esta situación, desafortunadamente, pone en disyuntiva al docente respecto al tiempo personal necesario que se debe dedicar al apoyo y debe medir con prudencia hasta dónde se puede brindar la ayuda sin descuidar al resto del grupo, el cual obviamente representa el mayor porcentaje, prácticamente la totalidad, de los estudiantes inscritos en el curso.

Los autores esperan que las experiencias plasmadas en este estudio sean de utilidad para otros docentes que reciben estudiantes invidentes en el aula, tanto para el caso concreto de Graficación, como para otros cursos que, de manera similar, exijan visualizaciones y manipulaciones de entornos 2D y 3D por parte de los estudiantes. La experiencia obtenida en este estudio ha sido enriquecedora para los autores y ha motivado una reflexión acerca de las necesidades de los estudiantes con discapacidades y, en el caso concreto de Graficación, a pensar en nuevas estrategias que pudieran mejorar o ampliar los resultados de aprendizaje obtenidos, particularmente para el caso de una discapacidad visual severa o total.

Referencias

Gardner, H. (1983). *Frames of mind: the theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books.

Gerson, H. B., Sorby, S. A., Wysocki, A., & Baartmans, B. J. (2001). The development and assessment of multimedia software for improving 3-D spatial visualization. *Engineering Education*, 9(2), 105-113.

GNU Octave 2017, GNU Octave Scientific Programming Language, <https://www.gnu.org/software/octave/>, 2017.

Guay, R. (1976). *Purdue Spatial Visualization Test-Visualization of Rotations.*, IN. Purdue Research Foundation.

Hartman, N. W. and G. R. Bertoline (2005). Spatial abilities and virtual technologies: examining the computer graphics learning environment. Ninth International Conference on Information Visualization (IV'05).

Miller, C. (1992). Enhancing visual literacy of engineering students through the use of real and computer-generated models. *Engineering Design Graphics Journal*, 56(1), 27-38.

Thurstone, L. L. (1947). *Multiple-factor analysis; a development and expansion of The vectors of the mind*. Chicago, Ill., The University of Chicago Press.

WebAIM 2017, Web accessibility in mind, Screen Reader User Survey #6 Results, <https://webaim.org/projects/screenreadersurvey6/>, 2017.

W3C 2014, World Wide Web Consortium, Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.0, <http://www.w3.org/TR/wai-aria/>, 2017.

¿Cuáles son los efectos que produce el acoso laboral en ambientes laborales?

Francisco Javier García Heredia y Selena Guillén Rodríguez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

PLANTEAMIENTO

Actualmente en México el 44% de los profesionistas han sufrido acoso laboral, de los cuales la mitad son mujeres, mientras que el 65% ha sido testigos de este tipo de abuso en contra de algún compañero de trabajo. El 45 de acoso lo realizan los jefes y supervisores según encuestas realizadas vía internet por OCC Mundial, (2014)

Al cuestionar a los participantes sobre el origen del **acoso**, 45% afirmó que lo realizan en mayor medida sus superiores, 32% compañeros de trabajo y 23% compañeros de su área laboral. Una de las formas en las que se vive la violencia dentro del ámbito laboral es a través del acoso el cual destruye la comunicación, el compañerismo y la autoestima que tienen los empleados (as).

El acoso no se efectúa solamente con fines sexuales, sino que se ve representado con agresiones físicas, abarca también todo tipo de humillaciones, discriminación y hostigamiento, estas situaciones son capaces de alterar de diferentes formas el estilo de vida que llevan las personas cambiando de forma drástica sus actitudes, sus comportamientos y sus emociones lo que termina afectando su salud física y mental.

Quienes sufren este tipo de violencia en el trabajo deciden quedarse callados para no empeorar la situación e incluso para conservar sus empleos, lo que termina siendo muy dañino ya que cuando se está atravesando por este tipo de problemas en el lugar de trabajo lo más conveniente sería enfrentarlo desde el inicio.

La cultura de la prevención y del respeto es el punto más importante hay que tomar medidas provisionales antes de que se genere un escenario grave, pues hay muchas situaciones en que las cosas se salen de control y cuando se decide actuar al respecto ya es demasiado tarde para remediarse o decisiones difíciles que se toman como despidos o rotación de personal que generan frustración e inestabilidad para la empresa y personas involucradas.

Algunas interrogantes que se formulan y dan respuesta en este artículo en relación al acoso laboral serían las siguientes:

1. ¿Cuál es el significado del acoso laboral?
2. ¿Cuáles son los elementos del acoso laboral?
3. ¿Cuáles son las causas del acoso laboral?
4. ¿Cuáles son los actos considerados acoso laboral?
5. ¿Cuales serian las consecuencias derivadas del acoso laboral?
6. ¿Qué tipos de acoso laboral hay?
7. ¿Cuáles son las fases para reconocer un acto de acoso laboral?
8. ¿Cuál puede ser el proceso para tratar la conducta de acoso laboral?
9. ¿Cuál pudiera ser una recomendación para el tratamiento del acoso en la empresa?

ANTECEDENTES Y DEFINICIONES

El acoso laboral puede conceptualizarse como acoso moral en el trabajo, ha existido desde siempre, al contrario de lo que se piensa, no es algo novedoso que apenas comienza, es solo que ha ido cambiando la apariencia que tiene la sociedad ante este fenómeno y por eso ha acrecentado su consecuencia en las personas que lo viven dentro de los centros de trabajo,

El acoso laboral es conocido por la palabra en inglés “mobbing” que tiene su origen en el latín mobilevulgus, que significa movimiento de la gentuza, de la gente pobre y violenta, por eso se utiliza la palabra en ingles mob, que es una abreviatura de mobilevulgus, para después pasar al verbo to mob que significa atacar, agredir.

En muchas ocasiones el acoso en el ámbito laboral se entiende solo a las situaciones sexuales y no necesariamente es así, incluye otras acciones, por eso es necesario que se acceda a los términos o definiciones que se han ido desarrollándose con el paso del tiempo. A continuación se presentan los más relevantes:

El psicólogo Heinz Leymann (1996) fue de las primeras personas en estudiar el mobbing, y lo interpretaba como: “el proceso de atormentar, hostigar o aterrorizar psicológicamente a otros en el trabajo”. Con esto Leymann determina a todas aquellas acciones que generan en otros algún tipo de daño psicológico o emocional, un ejemplo de esto podrían ser las burlas, los apodos que se usan por tener alguna característica física, modo de hablar, color de piel etc. En este sentido los agresores piensan que es divertido hacerlo pero, para las victimas quizás sea un fuerte

complejo que se va reforzando con cada actitud negativa y termina desencadenándose en problemas más graves.

Para la francesa Marie France Hirigoyen, (2001) quien denomina al acoso moral como: “Toda conducta abusiva (gestos, palabras, comportamiento, actitud) que atenta, por su repetición o sistematización, contra la dignidad o la integridad psíquica o física de una persona, poniendo en peligro su empleo o degradando el ambiente de trabajo.

En el conocimiento del mobbing, se encuentran también Cristóbal Molina Navarrete e Iñaki Piñuel (2001) ellos dieron a este término un aporte más psicológico, usando la palabra psicoterror en la vida laboral. Ésta forma es una bandera que utilizan las personas acosadoras en sus fuentes de trabajo aplicando una actitud de hostilidad hacia los trabajadores generando un miedo que por lo general terminan siendo irritables y groseros en el entorno laboral

De acuerdo con estos autores el término acoso laboral o mobbing está compuesto por muchas situaciones relacionadas con actitudes negativas que van a propiciar consecuencias psicológicas de inestabilidad para las personas que lo sufren y también para las organizaciones en las que se desarrolla. Por ello, estos autores consideran:

“El acoso laboral es una forma de violencia psicológica ejercida por empleadores, por subordinados, o entre trabajadores, en grupo o individual y “reforzado” silenciosamente por el equipo de colaboradores, que pasan a ser testigos y que por temor a convertirse a su vez en víctimas del acoso, no hacen nada por ayudar a la persona acosada”. (Elsa, 2011)

En esta parte del acoso laboral se ven involucradas varias personas, la víctima, el agresor y los testigos, éstos últimos muchas veces aunque no estén de acuerdo con este tipo de formas de tratar a la gente, solapan estas conductas cubriéndolo para que no se tomen represalias contra ellos. Esto implica, que existen cómplices que podría ayudar a evidenciar el hecho frente a las autoridades correspondientes y erradicarlo de una forma más rápida y sencilla, sin embargo no sucede nada, pues por una conducta cobarde encubren a los agresores.

El acoso laboral son todas aquellas manifestaciones de actitudes que atentan contra la dignidad de las personas, ya sean el hostigamiento, las humillaciones o la discriminación, este tipo de problemas generan en las personas que lo sufren afecciones físicas o psicológicas

Por lo que Gentile, (2009) establece:

“El mobbing se manifiesta, a través de varias formas dirigidas a la marginación del trabajador, y todos estos eventos se convierten en acoso laboral cuando se repiten por un periodo bastante amplio y cuando son atribuibles a una lógica de actuación, consistente en una verdadera estrategia

de comportamiento premeditada, dirigida a atacar víctimas precisas con la intención de destruirlas.”

La discriminación de las personas en el área laboral como se ha mencionado se realiza con la intención de que la vida de las personas afectadas termine totalmente destruida para motivarlos a que dejen de ser su competencia, todo esto se realiza de una forma estratégica, las personas acosadoras son capaces de estructurar un plan de comportamiento que los ayude a salir victoriosos, mienten, manipulan y hacen creer a las víctimas que están por encima de ellos.

Para las víctimas es difícil defenderse, no encuentran la forma, nadie les ayuda, empiezan a notar que tanto sus compañeros de trabajo como sus jefes y supervisores están en su contra, o que simplemente les dan la espalda, lo que genera incertidumbre, nostalgia, inestabilidad, estrés y otros más síntomas físicos y psicológicos que lo mejor es considerar salir de este lugar de trabajo.

ELEMENTOS DEL ACOSO LABORAL

El acoso laboral tiene como componente varios elementos que lo identifican los cuales, es necesario conocer para poder tener una mayor comprensión sobre este fenómeno. El primero de ellos es el acosador, que es la persona que actúa en contra de otra, además, por supuesto esta la víctima, quien es esa persona a la que agreden con toda la intención de destruirla.

Segundo elemento, es la conducta acosadora, que puede presentarse de manera verbal o física, pero que además tiene que ser constante y totalmente discriminatoria, dicha conducta debe generar consecuencias en la otra persona, que por lo general tiene un nivel de puesto inferior al del acosador, pero que también, puede ser un nivel superior, “La víctima es elegida por el acosador porque se ha vuelto molesta y se ha dejado seducir. El acosador ataca las partes vulnerables y más débiles de ella, donde se le pueda herir.” Hirigoyen, (2001)

En cuanto al acosador, ¿Cómo es que logra sentirse complacido al agredir y discriminar a otra persona? ¿Cuál es su objetivo? ¿Qué tipo de acciones realiza para lograr su cometido? Para dar respuesta a estas preguntas, es preciso conocer un poco más sobre el perfil del acosador, saber todo lo que le rodea y dar entonces con las causas de su comportamiento.

Cabe mencionar que el único objetivo del acosador es lograr la intimidación de la otra persona, hasta que logra dañarla de tal manera que podría inclusive conseguir la deserción de éste del lugar de trabajo por ello, el perfil del acosador, “Son personas con una desmesurada autoestima, muy seductoras, muchas veces carismáticas y con un exacerbado apetito de poder”. (Abadi, 2002)

Las características comunes de un acosador resultan ser totalmente negativas, ya que son individuos que al cometer un error busca a una persona para culpar, nunca tienen la responsabilidad por los actos que cometen equivocadamente. Es decir, pueden aparentar ser algo

que no son, se presentan ante los demás con una personalidad amable y carismática, pero en su interior solo están buscando la forma de ganarse la confianza de los demás para después manipularlos y aprovecharse de ellos, buscan solamente arruinar todo aquello que los rodea con tal de conseguir poder, son considerados mediocres profesionalmente.

Los acosadores también son personas: “resentidas, frustradas, envidiosas, celosas o egoísta necesitada de admiración, reconocimiento y protagonismo y lo que quieren es figurar, ascender o aparentar, aun cuando simplemente deseen hacer daño o anular a otra persona.” (Hirigoyen, 2001)

De acuerdo a lo citado, una persona que tiene éxito y que es extremadamente buena en su trabajo, se convierte en una amenaza para el acosador, ya que al contar con talento, responsabilidad, ser excelente trabajador y concentrado en sus metas y objetivos, no es sencillo que caiga en el juego del acosador, es decir, no se dejan humillar o manipular, sino que continúan con su vida normalmente sin darle importancia.

Sin embargo, para el acosador al encontrarse con alguien con estas características que no puede o se le dificulta manipular, se decide a destruirlo utilizando las estrategias que ya se han mencionado con anterioridad y que representara un reto y un poder de autoridad sobre el posible acosado. Es necesario a partir de este momento que se conozca un poco sobre el perfil de la persona acosada, ya que se considera el tercer elemento del acoso laboral.

Formulemos las siguientes interrogantes Abadi, (2002):

¿Cuáles son las características más comunes que hacen a las personas más vulnerables ante el acoso? “Ser tímido, introvertido e hiperactivo, encerrado en sí mismo o tener alguna característica que los diferencie, ser altamente responsables y sobresalientes en su trabajo.”

Se puede decir que los acosados son personas casi perfectas, entonces ¿Por qué sufren de acoso laboral?, bueno, la respuesta podría ser sencilla, sufren de este problema porque son personas habilidosas que no tienen competencia, tiene grandes capacidades y pueden desarrollarse eficientemente y lo hacen sin ningún interés de meterse con los demás, por esta razón se vuelven un blanco fácil para aquellos quienes no poseen las mismas características.

“las víctimas del *mobbing* se auto señalan involuntaria e inconscientemente como dianas o blancos ante los ojos del agresor, precisamente por enfrentarse directamente al acoso, por ser valientes, honorables, transparentes, físicamente agradable a la vista de todos, un líder en potencia y por ello un peligro que percibe el agresor en potencia.” (Luna, 2003)

Un aspecto importante a considerar en la problemática del acoso laboral es la variable competitividad que se da entre los sujetos en una organización, las personas que no tienen los suficientes recursos para competir con otros compañeros en su trabajo, recurren a métodos más drásticos como lo es el hostigamiento para conseguir lo que desean, recordemos que lo que busca un acosador es destruir a esa persona responsable, talentosa, creativa y competitiva, que siente que lo pone en riesgo al grado de pensar que lo pueden despojarlo del puesto que posee.

Como se puede apreciar esto puede conllevar a un problema en las socialización e interrelación que hay entre las personas en la organización, entrando a un círculo vicioso del cual no es fácil salir, incluso muchas veces se logra el cometido y la persona acosada termina por dejar todo aquello en lo que es bueno para poder mantenerse a salvo lejos de aquellas personas que lo están agraviando y lastimando, pues llega un punto en el que es más importante conservar la salud física y mental que un puesto de trabajo.

“Las víctimas ante los ojos de su agresor se aparecen como envidiables, debido a sus características positivas, a menudo se trata de personas carismáticas que tienen grandes habilidades para las relaciones sociales, sobre todo si son inconformistas y gracias a su inteligencia y preparación.”

(Hirigoyen, 2001)

Las envidias y las agresiones que ejercen los acosadores son tan peligrosas y poderosas que en un lapso de tiempo muy corto, destruyen todas las cosas buenas por las que han luchado y se han esforzado las víctimas, decae totalmente la voluntad de los afectados por seguir sobresaliendo y esforzándose en conseguir sus metas y hasta sus propios sueños.

El cuarto elementos del acoso laboral es el comportamiento, refiriéndose a las conductas que ejerce una persona en contra de otra, pueden ser agresiones físicas, verbales o no verbales que tienen como único propósito el generar una molestia y un sufrimiento en la victima. El comportamiento es uno de los elementos más importantes del acoso, ya que en él están englobadas todas las acciones que se realizan con la mera finalidad de causar daño.

El quinto elemento que compone este fenómeno es la perseverancia de fastidiar y es que las acciones agresivas o discriminatorias tienen que ser constantes, deben darse cierto número de veces a la semana en contra de la misma persona sino, no podría ser considerado acoso laboral. Esto, de acuerdo a Leymann, (1996): “No se puede confundir el comportamiento de un jefe estricto o mal humorado, o parecer un jefe perfeccionista, tampoco con un conflicto entre los trabajadores.”

Por todo ello, para que se realice el acoso laboral forzosamente se tiene que contar con los dos sujetos ya mencionados anteriormente, con el comportamiento agresivo ejercido de parte de uno de ellos hacia el otro y también con la perseverancia o constancia de agredir. Es de suma importancia realizar diagnósticos organizacionales de clima laboral como instrumento de prevención para conocer situaciones de cómo se sienten los (as) trabajadores física, emocional y laboralmente para que al notar algún cambio significativo en sus actitudes o comportamientos se puedan tomar decisiones oportunamente.

CAUSAS DEL ACOSO LABORAL

Hay diferentes causas que podrían provocar el surgimiento del acoso laboral en las organizaciones e instituciones, en algunas se da a partir de conductas que pueden parecer juego o

broma e incluso suelen considerarse normales pero al final del día, resultan ser acciones verdaderas realizadas con toda la intención de hacer daño.

“La violencia y la agresión, que originalmente fueron mecanismos de adaptación necesarios para la supervivencia, se tornaron ahora en problemas con difícil solución, ya que son generados por diferentes factores: la educación del niño, los factores culturales, los factores de personalidad, abusos de determinadas sustancias y factores biológicos” (Abadi, 2002)

Las causas más frecuentes de acoso se originan en el estilo de vida que ha llevado el agresor, la más importante es la educación que éste recibió durante su niñez. Así que, si en su casa se vivían conductas violentas, discriminación hacia otras personas o abusos, es muy común que se repliquen los mismos patrones de conductas observables y vividas sin sentir aparente remordimiento por lo que hace a otros, es entendible que es un comportamiento normal para él.

La falta de valores que le inculquen como la discriminación hacia las demás personas por su peso, su estatura, su color de piel, religión, lugar de nacimiento, etc., son también causas que derivan para ser un acosador. Aunque parezca un juego o broma esto, para el niño son influencias para el futuro, él a través de esto construye su propio juicio de lo normal y lo anormal, para después excluir o maltratar a aquellas personas que considera diferentes.

Otra causa que deriva para ser acosador es la figura paterna que tiene una actitud controladora o exigente ya que al exigir siempre que los infantes hagan las cosas sin errores, “para ganar” o “para que sea el mejor”, crea una actitud competitiva, que aunque es buena en cierto punto, también puede resultar negativa, porque hay quienes se toman esto muy en serio y con tal de ganar/perder, no les importa destruir a los demás y pasar por encima de ellos.

Hay que considerar como causa en el fenómeno del acoso el entorno cultural en el que crecen y se desarrollan las personas, cuando existen diferencias entre su nivel de vida y el de los demás, se crea una desigualdad que termina creando rencor y odio, pues no pueden entender porqué otras personas gozan de mayores riquezas, oportunidades, mejores habilidades, ingresos e incluso, no toleran que sean más felices que ellos.

Es un hecho real que la gente que vive en una pobreza extrema, es más propenso a desarrollar tendencias violentas hacia las personas que han tenido un estilo de vida más favorecedor, puede ser este un motivo para que los acosadores busquen a personas que tienen más éxito que ellos o un nivel de desempeño más alto que el propio para desencadenar su furia.

“Por otra parte también, puede provocar presión en el trabajador, sentimientos de frustración, de ansiedad, tensión, hostilidad en el grupo de trabajo, peleas por el poder, desvío de las energías producidas y por consiguiente menor efectividad para la empresa.” (Lembo, 2002)

Si aparte de vivir violencia en su hogar, falta de valores humanos, se empieza a involucrar en grupos en donde la hostilidad y los conflictos son comunes, se le rechaza en los colegios por su condición o nivel socio económico, se le discrimina entonces, cuando sea mayor deseara que otros se sientan igual.

Ante estas circunstancias de vida opta por una reacción de “defensa”, y cuando se integra a entornos nuevos tiende a realizar conductas que atentan contra la integridad de las personas con la finalidad de ejercer poder y dominio, siendo el área laboral un lugar propicio de gestación para ello.

Consideremos lo siguiente, que el acoso laboral no siempre tiene origen en el acosador o en el acosado, en otras situaciones las empresas a través de sus procedimientos, normas, reglas, políticas e incluso el estilo de dirigir a las personas que trabajan en ella son la causa de la hostilidad, discriminación, falta de respeto a la dignidad etc.

“Las discrepancias que ocurren en este caso están relacionadas con diversos temas, como por ejemplo, las condiciones generales de trabajo, la remuneración, los conflictos de poder, la productividad del empleado, e intereses económicos personales opuestos.”

(Leymann, 1996)

Nadie quiere estar en un trabajo en el que no es tomado en cuenta, no se le respeta como persona o trabajador, no se le valora su desempeño al alcanzar metas organizacionales, no se le comunican constantemente por sus jefes acerca de los propósitos y objetivos de la empresa. Si lo citado pasara diríamos como dice Lembo, (2002) “Cuando el trabajo no ofrece oportunidades para crecer, para desarrollar la creatividad y el sentido de la realización, la persona se siente frustrada, aburrida.”

Con lo expresado en el párrafo anterior se deduce que surjan problemas por la forma de dirección que están recibiendo los subordinados, muchas veces los gerentes, jefes, supervisores o los que administran la empresa sienten que el poseer un nivel de jerarquía más alto les da el poder de dirigirse a sus empleados con un tono despectivo, denigrante, autoritario, intimidatorio, creando con ello un tipo de violencia laboral que puede conllevar al acoso o mobbing en el trabajo.

Y como cita Abadi, (2002) “No sólo la optimización debe ser tomada en cuenta por los métodos directivos, sino que a su vez debe incluirse el factor humano”. De no ser considerado la probabilidad del conflicto es inminente por un estilo de dirección autoritario e intransigente.

Para aquellos, que son responsables de efectuar acoso laboral no les preocupan los sentimientos de los demás, por lo que su objetivo es hacer que sus compañeros se sientan incapaces, tontos y que piensen que su esfuerzo y su trabajo son mediocres. Cuando se es gerente, jefe o supervisor eso es mucho más sencillo de hacer porque, ¿Qué empleado acusaría a su jefe? Muy pocos, debido a la preocupación de perder sus empleos, mismos que les ayudan a mantenerse y a cubrir sus necesidades.

En este escenario del acoso laboral algunas conductas típicas de los acosadores son: abuso de su autoridad, esconder información a los empleados, los explotan laboralmente, les dan tareas tediosas que no son mejor pagadas, sus sueldos son bajos, les cambian los horarios de trabajo, los ignoran ocasionando con ello problemas de ansiedad, angustia frustración etc. Debido a esto, es importante afrontar las situaciones para hacer que las cosas cambien en el

entorno de trabajo y personal. A continuación se verán más a fondo consecuencias del acoso laboral.

ACTOS CONSIDERADOS ACOSO LABORAL

Si ya se conoce el objetivo del acoso laboral, las causas del acoso, los tipos y las consecuencias, ahora correspondería hacer esta pregunta, *¿A qué tipo de acciones se les puede denominar acoso?*, a continuación se presenta una lista de actos establecidos como acosadores y violentos de acuerdo a Kornz y Zept, (2003):

1. Prohibirle a la persona hablar con sus compañeros
2. Ignorarlo al momento que hace una pregunta, ya sea verbal o escrita
3. Dirigirse de modo hostil o grosera
4. Realizar comentarios groseros sobre el individuo
5. Ridiculizar el aspecto físico de una persona
6. Denigrar a determinada persona frente a otra
7. Controlar y vigilar toda la actuación del personal
8. Abrir correspondencia ajena
9. Proporcionar información errónea

Estos actos mencionados son solo un ejemplo de los muchos que se pueden presentar, el acoso laboral se puede manifestar con cualquier tipo de acción denigrante, humillante, despectiva hacia otra persona teniendo siempre como objetivo acabar con la víctima sin ningún remordimiento.

En las organizaciones en ocasiones se confunde con las broma, chiste o juego entre compañeros de trabajo, por lo que suele dejarse pasar agravándose como consecuencia las diversas situaciones que se presentan en el día a día de trabajo.

“A nivel de la conducta se encuentra la comunicación no-verbal los suspiros exagerados, el encogerse de hombros, las miradas de desprecio. Y como actos de no comunicación: ignorar un saludo, no responder a una pregunta, actuar como si determinada persona no estuviera presente, dar la espalda.”
(Luna, 2003)

“Cuando los individuos con personalidad psicopática ocupan cargos de responsabilidad, la gravedad de las consecuencias de sus acciones están en relación directa con la importancia del cargo.” (Leymann, 1996)

Es responsabilidad de los que administran la empresa estar atento del ambiente laboral en el que se están desarrollando sus procesos de trabajo y los procesos de comunicación e integración de los empleados y jefes y, sobre todo que las políticas, valores, procedimientos y filosofía de trabajo se respeten por todos independientemente de su nivel jerárquico que tengan en la organización.

CONSECUENCIAS DERIVADAS DEL ACOSO LABORAL

Las consecuencias que traen a los afectados desde un punto de vista bio-psico-social es que su cuerpo experimentara frustración, ansiedad, tensión, hostilidad y baja estima en su entorno de trabajo.

“Los actos de violencia dentro del entorno laboral afectan directamente a la estabilidad de la persona, existen dos tipos: Efectos psicológicos y efectos psicosomáticos.”

(Lembo, 2002)

Los primeros efectos que ocasiona en las personas son de carácter psicológico y las enfermedades que se pueden derivar son: el estrés postraumático que tiene entre sus síntomas, dificultad para dormir o mantener el sueño, tener ataques de ira o irritabilidad, no es posible concentrarse y tiene respuestas exageradas de sobresalto, todo esto debido a las molestias que les generan otras personas. El impacto en las víctimas del acoso laboral es que no pueden dormir, no consiguen descansar y relajarse, viven en un estado de cansancio y estrés constante que no les permite vivir plenamente.

Otro efecto de carácter psicológico, es la crisis de angustia, en la cual se presentan elevación de la frecuencia cardiaca, sudoración, falta de aliento, sensación de atragantarse, náuseas, mareo o desmayo, miedo a volverse loco, miedo a morir y escalofríos o sofocaciones los cuales representan uno de los trastornos más perturbadores en los acosados. La intensidad puede ser tan alta que los acosados evitan ir a trabajar e incluso pueden terminar desertando de su trabajo.

Por lo que respecta a la sensación de angustia ésta, ocasiona malestares físicos, es por eso que se comienzan a presentar las ausencias y la deserción en los trabajos. “Desde este punto de vista, todas las agresiones o ataques a la posibilidad de comunicación entre el trabajador y el ambiente laboral afectan la esfera consciente de la personalidad de la víctima.” Gentile, (2009)

La depresión es de las enfermedades más habitual en los acosados, ya que es en el trabajo donde las personas pueden desarrollar todas sus capacidades y sus habilidades, algo que no sucede cuando se está viviendo acoso laboral. La persona comienza a pensar que es inútil, y siente que todo su trabajo está siendo despreciado lo que termina afectando su autoestima, y su desenvolvimiento no solo en el área laboral, sino en su vida plena.

Todas estas causas citadas crean una ausencia de motivación, las personas no quieren salir adelante, y muchas veces aunque tengan el interés o las ganas de continuar su vida de una forma positiva, los síntomas de dichas enfermedades los llegan a someter y a hundirse profundamente al grado de pensar que es difícil salir.

Según Piñuel y Zabala, (2001):“los trastornos de la salud física provocados por el acoso psicológico laboral se pueden agrupar en 6 grupos de efectos perniciosos: 1) efectos cognitivos e hipereacción psíquica, 2) síntomas psicosomáticos de estrés, 3) síntomas de desajuste del sistema nervioso autónomo, 4) síntomas de desgaste físico producido por estrés mantenido durante mucho tiempo, 5) trastornos del sueño, y 6) cansancio y debilidad.”

Otro tipo de efectos que tienen las personas, son los psico-máticos, dentro de éstos se encuentran las afecciones cardíacas y musculares que impiden a las personas víctimas de acoso laboral, ejercer sus actividades y promover su desarrollo normalmente, pues tienen molestias físicas que no les permiten realizarlas adecuadamente.

Los síntomas cardiovasculares tales como, el infarto miocardio que tiene una extrema gravedad en las personas, además; de la hipertensión arterial y las arritmias debido al pánico que le produce estar en su trabajo. El infarto miocardio es la mayor complicación psico-mática que sufren los empleados víctimas de violencia en el trabajo.

La presión alta causa desmayos, mareos y problemas que no pueden soportarse estando en el trabajo, estas señales del cuerpo no hay que dejarlas pasar demanda un pronta atención. Otro efecto psicósomático derivados del acoso laboral son los síntomas osteo-articulares las más comunes son: las contracturas en el cuello y la espalda que son contracturas musculares dolorosas para las personas que los sufren.

También, hay síntomas gastrointestinales, en el cual sufren de ulcera gástrica y gastritis. Dentro de éstos, están involucrados los síntomas urinarios, como la cistitis que se caracteriza por la inflamación de la vejiga, dándoles la necesidad de ir al baño muy a menudo. Físico: dermatológicos, cardíacos, gastrointestinales y de tipo alérgico, pérdida de cabello, migraña, dolor de estómago, taquicardia, entre muchas más.” (Landin, 2011)

Todas estas enfermedades son generadas por el comportamiento del acoso laboral en las víctimas impactando en su mente, su cuerpo y su autoestima. Esta problemática debe tomarse en cuenta y corregirse a tiempo para que no se convierta en un impedimento de éxito para las organizaciones, y que no dañe tampoco la integridad de las personas, ya que cuando se presenta el acoso laboral se comienza a procesar la inestabilidad, la baja productividad y un ambiente laboral negativo para los fines de propios de la empresa.

“En cuanto a las consecuencias del fenómeno mobbing, puede afirmarse que estas se manifiestan sobre la salud psicofísica, la vida profesional, la vida familiar, la dignidad del trabajador víctima; igualmente, sobre la organización o empresa y, en últimas, sobre toda la comunidad social (Gentile, 2009).”

A continuación es importante para este artículo revisar los diferentes comportamientos descritos como tipos de acoso laboral que se presentan comúnmente en los ambientes de trabajo.

CUATRO TIPOS DE ACOSO LABORAL

Cabe señalar que el termino acoso laboral engloba muchos comportamientos discriminatorios dentro de una organización, por eso, se han establecido diferentes tipos de acoso. A continuación se explicarn brevemente cada uno de ellos:

El primer tipo, es el acoso vertical descendente, esto quiere decir que el acoso se presenta en un nivel jerárquico de arriba hacia abajo, lo que significa que los individuos con un nivel más alto de mando ejercen el acoso en contra de las personas que están por debajo de ellos, esto

puede ser por parte de uno de los ejecutivos, gerentes, administradores o supervisores del negocio.

Este tipo de acoso tiene consecuencias más complejas que otros, ya que al ser acosado por una autoridad, la víctima se siente más expuesta, ya que su agresor es quien toma decisiones en la empresa y bien podría hacerlo renunciar definitivamente de su empleo o simplemente despedirlo si lo acusa.

El acoso perverso, este tipo de mobbing en el cual el acosador solo provoca daño a la persona por gusto, lo único que busca es la destrucción y la devastación del individuo en cuestión y demostrarse a sí mismo y a los demás que tiene un poder superior sobre el otro. En este tipo solo influye el odio del acosador hacia la otra persona puede ser por sus capacidades, por sus características físicas o simplemente porque le parece más débil.

El tipo de acoso es el estratégico que consiste básicamente en obligar a un trabajador a que renuncie y se marche con la finalidad de que la organización se ahorre un despido injustificado.

El segundo caso es el acoso horizontal que es cuando dos trabajadores se encuentran en el mismo nivel jerárquico y se pelean por obtener un ascenso o un puesto de trabajo superior, al estar en esta situación siente desesperación por ganar, por demostrar que son mejores y entonces cometen agresión contra su contendiente.

El tercero es el acoso mixto se manifiesta cuando todos los trabajadores están en contra de una sola persona, la acusan de cualquier cosa que salga mal y de cualquier problema que ocurra, aunque éste no tenga ninguna participación, puede suceder que alguna persona del grupo quiera dejar de someterlo, pero no hace gran cosa por él, puesto que todos los demás están en su contra.

“Otra característica se centra en el grado de complicidad por parte de los compañeros de la víctima, ya sea apoyando en forma tácita las conductas del o los agresores, guardando silencio para no ser nuevas víctimas de agresión o no poner en peligro su puesto de trabajo si dan a conocer los sucesos acontecidos.” (Luna, 2003).

El cuarto acoso es el ascendente, en éste al igual que en el acoso descendente, se tienen consecuencias muy graves. Pero en este caso son los superiores o jefes quienes están atravesando por esta situación de parte de uno de los subordinados, y sería poco creíble y muy difícil que el sindicato o cualquier otra persona crea que está atravesando por una complicación como ésta, no tiene ayuda de nadie y se siente completamente desorientado y solo.

Este último, tiene dos vertientes, la primera de ellas se da cuando los empleados se sienten molestos e inconformes porque se ha nombrado a alguno de sus compañeros como supervisor o jefe, esto podría definirse como envidia al ver que otra persona está creciendo en el trabajo y ha ganado un nivel más alto que el que ellos poseen. La segunda se genera cuando al jefe se la ha subido el éxito a la cabeza y comienza a ser insolente, trata a los empleados con nulo respeto y no deja de hacerlos sentir inferiores a él, se apoya de su poder para molestarlos, es entonces cuando los empleados se revelan ante esta situación.

Todos los tipos de acoso mencionados con anterioridad tienen el mismo objetivo: *destruir a la persona afectada, cada uno está enfocado en acabar con la vida laboral y personal de alguien, quizás con diferentes estrategias o para conseguir diferentes metas, pero algo que tienen en común es motivar la discriminación y la violencia es decir, provocar su destrucción.*

La plenitud del vivir saludablemente y el confort es algo que todos los seres humanos buscan tener en la vida, sentirse contentos y felices con lo que hacen y donde lo hacen, esto no debería de cambiar por ningún motivo. Erradiquemos de los centros de trabajo y de nuestro entorno las conductas que hagan sentir mal a otros y pensemos y actuemos en beneficios de todos.

FASES PARA EL RECONOCIMIENTO DEL ACOSO LABORAL

Para poder reconocer este fenómeno se tiene que analizar una serie de fases que facilitaran la interpretarse de una conducta de acoso laboral. “El mobbing es un fenómeno que afecta a la persona en el ámbito de una organización de trabajo y es considerado como una patología al interior de una estructura productiva” (Gentile, 2009). Éste se caracteriza por una serie de fases que se explican a continuación.

Primera fase es conocida como “conflicto dirigido”, es aquí donde la persona que será la víctima es elegida como tal y se comienzan a realizar los ataques y las acciones en su contra, pero no se da cuenta de esto, no percibe las molestias y pasan desapercibidas ante él. Es como una prueba, escogen a la víctima con la finalidad de conocer si es una persona susceptible o no. Esto se origina debido a algún conflicto involuntario con el agresor ocurrido en sus actividades cotidianas, a partir de esto es que el acosador tiene la voluntad de comenzar el ciclo de acoso.

Segunda fase es el inicio del acoso, el acosador sigue con las prácticas en contra del acosado, y éste empieza a percibir las, pero aun no siente ninguna enfermedad de gravedad, solamente comienza a tener incomodidad, aunque aún es leve, no hay pérdida importante de la salud, solo se hace cuestionamientos sobre el origen de estos hechos.

El acosado se pregunta que podría haber hecho para que iniciaran estos actos en su contra, ya que no es consciente de que lo han elegido a él como víctima, y mucho menos sabe porque lo harían, ya que él no ha iniciado ningún problema, ni ha tenido ninguna intención de hacer daño o molestar a los demás, solo se dedica a trabajar y hacer bien sus labores, se puede decir que el problema está en proceso creciente de madurez.

Tercera fase la víctima ya sufre alteraciones en su salud, ya que comienzan a aparecer los primeros síntomas psicosomáticos, por ejemplo, las migrañas, trastornos del sueño y memoria, presenta inseguridad y una inestabilidad emocional que son signos suficientes para darse cuenta de que se está presentando un problema.

Cuarta fase el acoso laboral es muy evidente y además público, las agresiones se dan en cualquier momento y en frente de todos, la víctima no se esfuerza, se siente decaída y enferma.

Quinta fase, las victimas ya están sufriendo de una forma agravada los síntomas, los malestares físicos son tan graves que su salud se ve seriamente afectada.

Sexta y última fase, es el final del ciclo del acoso laboral y es llamada “exclusión del mundo laboral”, la victima esta tan afectada que decide salir de su trabajo, ya sea por renuncia voluntaria o por un despido debido a todos los traumas que le impedían desenvolverse con normalidad.

La pregunta que se formula ante estas etapas mencionadas *¿en qué momento la organización debe de actuar, para evitar el problema del acoso laboral?* Se considero que debería de ser desde la primer etapa en el conflicto dirigido, hablando y tomando decisiones probablemente enérgicas con los causantes principales del acoso laboral, y vallase más allá, para prevenir y no reaccionar, por lo que las organizaciones deben de contar con políticas o códigos de conducta que prohíban en el trabajo la práctica del acoso o mobbing laboral.

TRATAMIENTO DEL ACOSO

Para la victima

En la actualidad el acoso es visto ya como un problema frecuente en las organizaciones, la discriminación por genero, raza, creencias religiosas, lugar de nacimiento, forma de hablar, nivel socio económico etc., están haciendo que las personas dejen de sentirse cómodas en su entorno laboral y no se desenvuelvan correctamente. Debido a ello, es importante que en cada organización se tomen medidas preventivas o correctivas dependiendo de la situación que se esté presentando.

Las formas de ayudar a salir adelante a una persona víctima del acoso según propone Abadi, (2002) está en 4 pasos.

1. Restauración del poder de la víctima
2. Reducir el aislamiento
3. Romper la sensación de indefensión
4. Contexto terapéutico

De acuerdo con el autor primero hay que restablecerle su confianza, darles la oportunidad de que se involucre, participe y tomen decisiones dentro de su trabajo y que esto le permita también desarrollarse en otros ámbitos de su vida personal..

Otro aspecto importante es que no deben ser aislados de los demás, cuando la persona está sufriendo de hostigamiento, humillaciones o cualquier otra de las formas en que se presenta el acoso laboral es indispensable que no se le aparte de la áreas que conoce, de los lugares en los

que solía sentirse liberado y confiado, debe apartarse de ese entorno la persona contaminante no la víctima.

Estas estrategias permiten romper ese sentimiento de indefensión que está experimentando la víctima y quien desea volver a ser la misma persona de antes. Cuando esto ocurre debe haber gente a su alrededor que la ayude a superar los episodios desagradables ya sean sus familiares, amigos y hasta los compañeros de trabajo con los que se tiene una buena relación ya que son una excelente conexión de estabilidad para la persona y organización.

Hay otros especialistas que establecen ciertas estrategias para auxiliar a las víctimas y terminar con su indefensión y que les permita retomar su vida normal y laboral, a continuación se explican:

La primera estrategia es denominada “Información” en ésta es en donde se explica que el acoso laboral no termina solo, debe terminarlo el acosado, es por eso que se tiene que buscar la información necesaria para que se pueda saber si en realidad se está sufriendo de acoso o no. Cuando la información recabada demuestra que sí se está viviendo una situación de acoso.

La segunda etapa que tiene por nombre “conocimiento”, es aquí cuando la víctima expresa quienes son los acosadores, la forma en la que se presenta el acoso, la duración y el origen que tiene el problema y todos los detalles sobre su afección, esto con la finalidad de que se aclare.

Al ser demostrado el acoso, la persona afectada pasa a la tercera etapa denominada la “decisión”, aquí la víctima se da cuenta de que puede elegir entre varias opciones, puede dejar su empleo y alejarse de la situación incómoda que vive, o puede quedarse en su mismo trabajo, pero con varias condiciones: por ejemplo, si el acosado decide conservar su trabajo, todas las personas involucradas deben reconocer la problemática en la que están envueltos y aprender de los errores para conseguir un mejor ambiente laboral.

En consideración a lo anterior, se tiene que acudir a una terapia que les ayude emocionalmente a recuperarse de lo que vivieron, pero principalmente, es muy importante que la empresa se vea involucrada en la situación, que ayude al término de esta y que contribuya tanto en la recuperación de los afectados como en la prevención de nuevos eventos.

La cuarta etapa que es concretamente “cuidar su salud”, es lo más importante que debe hacer una persona al estar recuperándose de una situación tan estresante y denigrante como es el acoso laboral, dedicarse a sí mismo, a hacer cosas que le gusten, que le devuelvan la confianza, la salud y la voluntad de salir adelante.

Para el acosado es también importante contar con un “sistema de apoyo”, este es el nombre usado para reconocer la quinta etapa, la cual consiste básicamente en encontrar ayuda en las personas más cercanas y queridas por la víctima, y que sea capaz de encontrar en ellos la fuerza para superar todo aquello que en su momento le hizo daño.

RECOMENDACIONES PARA EL TRATAMIENTO DEL ACOSO LABORAL EN LA ORGANIZACIÓN

Es importante aclarar que todas las actividades o funciones que se requieren para el funcionamiento de una organización no son nada sencillas, es decir; hay complejidad en su funcionamiento, desarrollo y crecimiento, cada organización es diferente por lo que tiene que encontrar sus propias soluciones a sus diversas problemática u oportunidades que se les presente dentro de su vida cotidiana.

Para los asuntos que pueden derivar del acoso laboral será necesario definir políticas, procedimiento, reglas y sobre todo que hayan sido parte de un proceso fundamental de planeación estratégica, es decir; que en los enunciados de su misión, visión, valores y filosofía de trabajo estén plasmados como un asunto de prevención para un ambiente saludable y productivo en la compañía.

En cuanto a posibles soluciones para la prevención del acoso laboral se recomiendan actualmente a las empresas tres opciones: La primera, es planificar la programación de talleres, pláticas y conferencias para todo el personal con el fin, de que se entiendan los riesgos que generar una situación de violencia y la libertad de poder expresar y comunicar su sentir dentro de la organización para evitar en el corto plazo cualquier evento que perjudique el ambiente productivo y armónico del negocio

La segunda, es imponer una autoridad basada en el respeto y en los valores lo cual sería el mejor ejemplo que una empresa puede brindar a sus colaboradores, demostrar que el ambiente sano de trabajo es mucho más importante de lo que parece y que mantenerlo es tarea de todos con excelente comunicación, compañerismo y respeto, estos, representan los ingredientes para alcanzar estabilidad, armonio y altos desempeños en el trabajo.

Tercera, establecer la política de poner al alcance de todos los colaboradores un teléfono rojo para comunicarse directamente con altos ejecutivos y denunciar todos aquellos comportamientos de acoso laboral o mobbing, siguiendo un procesos de investigación del evento denunciado y tomando en su momento las medidas correctivas necesarias.

REFERENCIAS

- ARCINIEGA SILVIA, (2009). Acoso moral en las organizaciones laborales, 12 pág.
- DSM IV. Manual diagnóstico y estadístico de la Asociación Psiquiátrica Norteamericana. Masson, (1995)
- EDREIRA, MARÍA JOSÉ. *Fenomenología del acoso moral*, pág133. [http:// desastres.Org/pdf/ acopsomoral.pdf](http://desastres.Org/pdf/acopsomoral.pdf)
- GENTILE. M. (2009). *Il mobbing, Problemi e casi pratici nel lavoro pubblico*. Milano. Giuffrè.
- HERMAN, JUDITH, (2004). “Trauma y recuperación”. Madrid. Espasa Calpe.
- Hirigoyen, Marie-France, (2001). *El Acoso Moral en el Trabajo. Distinguir lo Verdadero de lo Falso*, Ediciones Paidós Ibérica, S.A., Barcelona.
- Knorz, C. , Zarpf, D y Kulla, M. (1996). On the relationships between mobbing factors and job content, social work environment and health outcomes. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 5, 2, 215-237.
- Lembo Norberto, Abadi Mauricio, (2002). Acoso Laboral Mobbing, 151 pág., Argentina
- Leymann, Heinz, (1996.27. Citado por Piñuel, Iñaki). *Mobbing estado de la cuestión*. Todo lo que siempre quiso saber y nadie explicó sobre el acoso psicológico en el trabajo, Barcelona, 2008. <http://acosolaboral.net/conceptos-mobbing-leymann/definicion-mobbing-leymann-acoso-rupalobbing.html>
- Leymann, Heinz, (1996) “Contenido y Desarrollo del Acoso Grupal Moral (Mobbing) en el trabajo”, En: *EuropeanJournal of Work and organnizacionalPsychology*, pag. 165-184.
- Luna, Manuel, (2003). “Acoso Psicológico en el Trabajo (Mobbing).Editorial GPS Madrid, España.
- Lorenz, Konrad, (1966). “On Agressión” Ed. Harcourt Brace. San Diego, Estados Unidos de Norteamérica.
- Piñuel Zabala, Iñaki, (2001) “Mobbing: Cómo sobrevivir al acoso psicológico en el trabajo”. Editorial Sal Terrae. Bilbao España.
- Piñuel y Zabala, Iñaki “*Mobbing*, la lenta y silenciosa alternativa aldespido”. En: <http://www.mobbbing.nu>.
- Rodríguez, Nora, (2001). *Moobing. Vencer el acoso moral*, Planeta prácticos, Barcelona 2002
- Villegas Jesús Manuel, *Teoría Penal del Mobbing*, 20 páginas, Vizcaya España
- Zarpf, D., Knorz, C., & Kulla, M. (1996). On the relationship between mobbing factors, and job content, the social work environment and health outcomes. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 5(2), 215–237.

Determinación del síndrome de burnout en mandos medios y superiores de la industria maquiladora de Ciudad Juárez chihuahua.

Oziely Daniela Armenta, Aidé Araceli Maldonado Macias y Jorge L. García Alcaraz

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Correo: danyelita_3@hotmail.com

Resumen: En este artículo se presentará una investigación de la presencia del Síndrome de Burnout en Mandos Medios y Superiores de la Industria Maquiladora de Ciudad Juárez Chihuahua. Se utilizó la aplicación del Cuestionario Maslach Burnout Inventory General Survey (MBI-GS) para la obtención de los resultados dicho cuestionario se aplicó en 6 empresas maquiladoras y se obtuvo una muestra de 361 individuos. El objetivo de esta investigación fue determinar la presencia del Síndrome de Burnout en la Industria Maquiladora de Ciudad Juárez. De acuerdo con esta metodología el burnout se determina mediante 3 dimensiones agotamiento emocional, cinismo y eficacia profesional y las formas de determinarlo es mediante puntuaciones medias, grados y niveles. Los resultados obtenidos es que existe un nivel medio de presencia de burnout en mandos medios y superiores de la industria maquiladora.

Introducción

Se explicará que es el síndrome de Burnout, la metodología que se utilizó, así como las dimensiones en que se mide este índice y los materiales que se utilizaron para poder llegar a los resultados obtenidos.

La importancia de esta investigación es que no existen muchos estudios sobre estos temas en la industria y es de gran apoyo para emprender las investigaciones sobre estos temas y así apoyar a la industria maquiladora a obtener mejores resultados como empresa maquiladora mejorando el rendimiento del personal.

Este síndrome se ha estudiado en nuestro país mayormente en profesiones relacionadas con la salud como médicos, enfermeras, por lo que se debe ampliar la gama de profesiones

estudiadas. Debido a la falta de estudios de este tema en la industria maquiladora y sobre todo en mandos medios y superiores se han ido desarrollando algunos estudios cuyos resultados confirman la presencia del síndrome (Camacho, Maldonado, García, Hernández, 2014; Maldonado, Camacho, Torres, Alcaraz, Limón, 2015; Armenta, Maldonado, García, 2015).

Objetivos

El objetivo general de esta investigación es determinar la presencia del síndrome de Burnout mediante el cuestionario MBI-GS, y determinar el Burnout mediante puntuaciones medias, grados y niveles.

Justificación

Los beneficios de determinar la presencia de Burnout es poder contribuir a las investigaciones sobre este problema y con ello ayudar a mejorar la calidad de trabajo y sobre todo la salud del individuo.

Identificar el problema nos proporcionara datos valiosos sobre las características del personal que lo está sufriendo y uno de los principales beneficios que se obtendrá será poder proporcionar medidas preventivas por parte de la empresa y estrategias a los grupos más vulnerables de padecerlo. Para prevenir este síndrome es conveniente identificar el tipo de persona, así como los datos donde se presenta más este síndrome ya sea edad, puesto de trabajo o sexo todo esto para lograr que la empresa con esta investigación pueda ofrecerles un apoyo preventivo o asesorías para los miembros que ya lo padezcan y con todo ello llegar a una mejora de ambiente laboral.

Marco Teórico

Este síndrome fue descrito por primera vez en 1969 por H.B. Bradley como metáfora de un fenómeno psicosocial presente en oficiales de policía de libertad condicional, utilizando el término *staff burnout*.

El síndrome *Burnout* es un síndrome clínico descrito en 1974 por el psiquiatra Herbert Freudenberger quien observó que hacia el año de empezar a trabajar en un proyecto con pacientes toxicómanos la mayoría sufría una gradual pérdida de energía, hasta llegar al agotamiento, así como desmotivación para el trabajo, junto con varios síntomas de ansiedad y de

depresión. Freudenberger describió cómo estas personas se volvían menos sensibles, poco comprensivas e incluso agresivas en relación con los pacientes, con un trato distanciado y cínico, con tendencia a culpar al paciente de los problemas que padecía.

El síndrome de Burnout es una respuesta al estrés laboral crónico. El estrés laboral se conceptualiza como un conjunto de fenómenos que suceden en el organismo del trabajador con la participación de agentes estresantes derivados directa o indirectamente del trabajo que pueden afectar su salud.

Desde la perspectiva clínica de Freudenberguer, este señaló que el síndrome de burnout hace alusión a la experiencia de agotamiento, decepción, pérdida de interés por la actividad laboral, que surge en los profesionales que trabajan en contacto directo con personas en la prestación de servicios y como resultado de desgaste por la pretensión persistente de un conjunto de expectativas inalcanzables.

Más adelante Maslach dio a conocer públicamente el concepto del síndrome en 1977 dentro del congreso Anual de la Asociación Americana de Psicólogos, definiéndolo como un síndrome tridimensional caracterizado por agotamiento, despersonalización y baja realización personal que puede ocurrir con personas que trabajan directamente con clientes o pacientes.

Por otro lado Edelwich y Brodsky (1980) definen al Burnout como la pérdida progresiva del idealismo, energía y motivos vividos por la parte en las profesiones de ayuda como resultado de las condiciones de trabajo.

Los componentes del Burnout según Maslach son los siguientes: Agotamiento Emocional: Es una situación de agotamiento de la energía o de los recursos emocionales propios, una experiencia de estar emocionalmente agotado debido al contacto diario y sostenido con personas a las que hay que atender como objeto de trabajo. Aparece el desgaste, la fatiga y manifestaciones físicas y psíquicas en representación del vaciamiento de los recursos emocionales y personales, experimentándose una sensación de no tener más nada que ofrecer profesionalmente (Maslach 2001).

Despersonalización: Desarrollo de actitudes, cinismo y sentimientos negativos hacia las personas destinatarias. Los sujetos presentan un incremento en la irritabilidad, con la pérdida de la motivación, con reacciones de distanciamiento y hostilidad hacia los pacientes y compañeros de trabajo (Maslach 2001).

Falta de Realización Profesional: Existe un sentimiento de inadecuación e incompetencia personal que se traduce en respuestas negativas de estos profesionales en su autoevaluación para trabajar. Afecta la habilidad en la realización del trabajo y la relación con las personas que atiende; hay baja de productividad, autoestima e incapacidad para tolerar la presión. Se considera relacionado a una falta de adecuación de la realidad con las expectativas del sujeto (Maslach 2001).

Metodología e Instrumentos de Investigación

Un trabajo de campo y una aplicación del cuestionario del contenido del trabajo en empresas de la industria maquiladora de Ciudad Juárez donde dichas aplicaciones fueron determinadas por el departamento de Recursos Humanos de cada empresa que se encuestó.

El cuestionario se enfoca en preguntas conforme a su desarrollo en el puesto de trabajo y la relación con sus compañeros de cada individuo.

Software

El software utilizado para esta investigación es el SPSS creados por Norman H. Nie, C. Hadlai Hull y Dale H. Bent (1968) en este proyecto se utilizó la versión más reciente que es la versión 22 esta versión fue actualizada en agosto 2013 es un programa estadístico es muy conocido por su capacidad de trabajo con grandes bases de datos y los interfaces para los análisis.

Cuestionario

La aplicación del cuestionario fue en empresas de la industria maquiladora de Ciudad Juárez Chihuahua. El cuestionario del Contenido del Trabajo y se aplicó a 361 empleados de Mandos Medios y Superiores.

Validación y Depuración de Datos

Para la validación de datos utilizamos el Alfa de Cronbach es un coeficiente que sirve para medir la fiabilidad de una escala de medida su denominación alfa fue creada por Cronbach (1951) es una media para las ponderaciones de las correlaciones de las variables se calcula de 2 formas por medio de varianzas o correlación de los ítems en esta caso utilizamos la correlación de ítems y esta es la fórmula:

$$1. \alpha_{est} = \frac{kp}{1 + p(k - 1)}$$

k= número de ítems

p= es el promedio de la correlación de los ítems

Donde la validación tiene un rango 0-1 donde arriba del 0.70 se considera aceptable pero el resultado más satisfactorio sería del 0.90 hacia arriba.

La depuración después de capturar los datos, la proyección de datos se realizó mediante la sustitución de los valores extremos y valores perdidos por la mediana (García 2014, Hair 2009, Hair, Tatham, Anderson, y Negro, 2006), la mediana se utilizó para datos ordinales y la media para datos continuos.

Validación de los datos obtenidos del Cuestionario MBI.

Tabla 1. Validación de las Dimensiones de Burnout

Alfa de Cronbach	Número de elementos
Desgaste	Emocional
.919	5
Cinismo	Despersonalización
.814	5
Eficacia	Personal
.883	6

Se realizó un estudio de fiabilidad general del cuestionario donde los datos arrojaron un Alfa de Cronbach de .782 que es satisfactorio para realizar el estudio del Nivel de Estrés en el Trabajo.

Análisis Descriptivo

En este punto se muestran los resultados obtenidos por el SPSS para la obtención del Burnout en Puntuaciones Medias y Grados de Burnout y para cada una de las escalas del JCQ.

Resultado por Puntuaciones Medias

En la siguiente Tabla se muestran las medias obtenidas para cada una de las dimensiones.

Puntuaciones medias					
Dimensión	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Agotamiento Emocional	361	.00	30.00	10.2909	6.31719
Cinismo/ Despersonalización	361	.00	30.00	6.0970	5.51604
Eficacia Personal	361	11.00	36.00	28.5540	5.85121

Tabla 2. Puntuaciones Medias de las dimensiones de Burnout

La tabla muestra las puntuaciones medias con los mínimos y máximos de cada una de las dimensiones donde apreciamos que la dimensión de Agotamiento Emocional presenta una media de 10.29 el Cinismo o Despersonalización de un 6.0970 y la Eficacia Personal de 28.5540.

Resultado por Grados

En la siguiente tabla se encuentran los grados obtenidos utilizamos la tabla anterior de Puntuaciones Medias para catalogar el grado que tiene cada dimensión dependiendo la media obtenida.

Tabla 3. Grados de Burnout de cada dimensión

Grados de Burnout	Agotamiento Emocional	Cinismo/ Despersonalización	Eficacia Personal
BAJO	< 7	< 3	> 33
MEDIO	8 – 12 (10.29)	4 – 7 (6.09)	28 – 32 (28.55)
ALTO	> 13	> 8	< 27

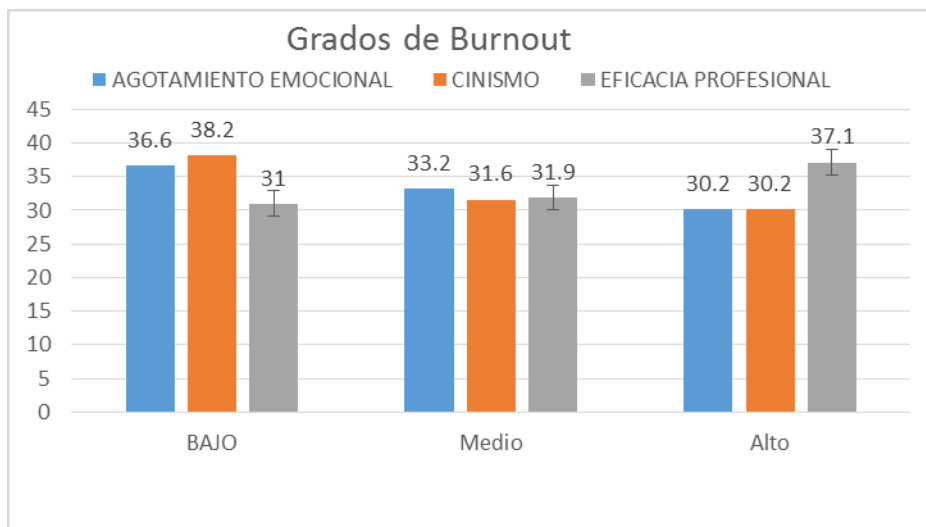


Figura 1. Grafica de Grados de Burnout

Donde apreciamos en la tabla y en el grafico que debido a las medias el grado de las tres dimensiones se manifiesta en el Medio.

Resultado por Niveles de Burnout

La siguiente tabla muestra los resultados de cada una de las 5 categorías utilizadas para la determinación de Burnout por niveles.

Tabla 4. Niveles de Burnout

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Nada	93	25.8	25.8	25.8
Bajo	45	12.5	12.5	38.2
Medio	56	15.5	15.5	53.7
Bastante	84	23.3	23.3	77.0
Extremo	83	23.0	23.0	100.0
Total	361	100.0	100.0	

Donde 93 individuos de la muestra de 361 no presentan Nada del síndrome y los 268 que quedan se dividen en las 4 categorías restantes como se muestra en la tabla.

A continuación se presenta la gráfica con los porcentajes de cada una de las categorías presentadas por Niveles de Burnout.

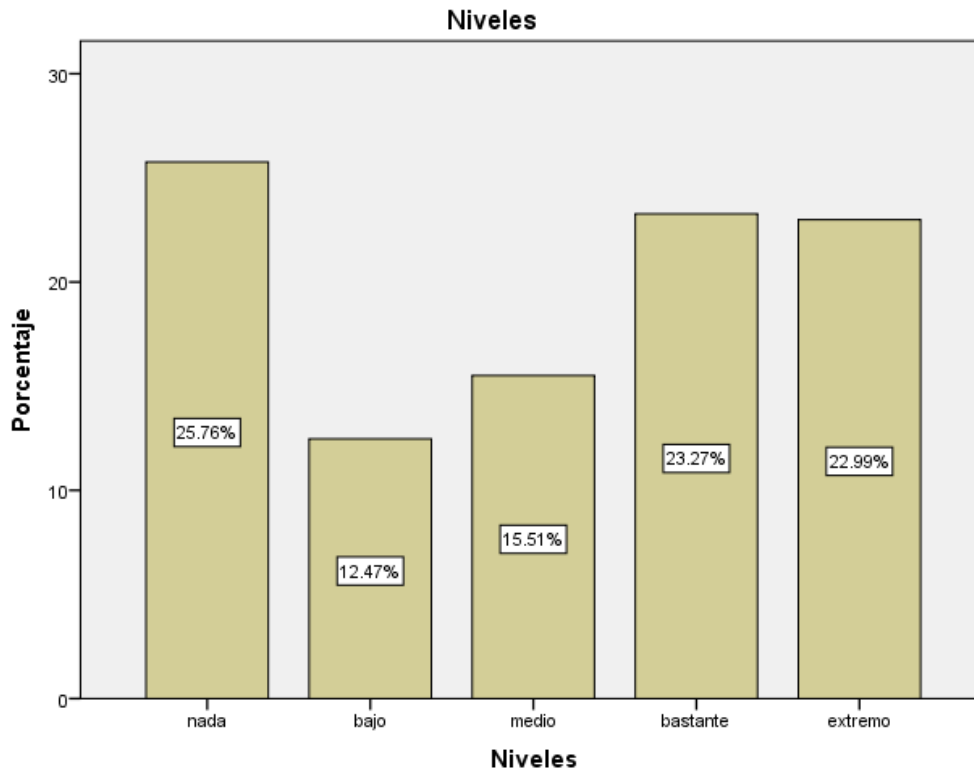


Figura 2. Gráfico de Porcentajes de Niveles de Burnout

En la gráfica se aprecia los porcentajes de cada categoría donde con el 25.76% que son 98 individuos no presenta Nada, el 12.47% que representan a 45 individuos presentan un Bajo nivel, el 15.51% representa 56 individuos con un nivel Medio, el 23.27% que son 84 individuos un nivel Bastante y por ultimo con un 22.99% que es un total de 83 individuos un nivel Extremo.

Comentarios Finales y Recomendaciones

Se recomienda ampliar los estudios en otros puestos de la empresa para llegar a una conclusión más general y poder comenzar con alguno de los distintos tratamientos o técnicas para reducir o eliminar los dos problemas que se están tratando en la investigación.

Existen diferentes métodos de recomendación entre ellos están las técnicas de meditación o relajación que han demostrado que reducen la ansiedad y aumentan la actividad en la zona del

cerebro encargada de las emociones positivas, por otro parte cabe mencionar la parte física ya que el estrés ocasiona molestias musculo esqueléticas para ello se considera realizar actividades de estiramientos, ejercicios etc.

Se recomienda realizar este análisis en otros puestos diferentes de las empresas ya que es un factor que influye bastante en el rendimiento del personal y con ello en el rendimiento de la empresa.

Referencias

Armenta, (2014) “Determinación de la presencia de Burnout y el índice de estrés del trabajo en mandos medios y superiores de la industria maquiladora de ciudad Juárez”. Tesis

Camacho (2015) “Modelo Ecuaciones Estructurales para encontrar la Relacion entre Burnout, Contenido de Trabajo y Obesidad”. Tesis

Freudenberger (1974) “Desgaste profesional: burnout personalidad y salud percibida”. Publicado en: J. Buendía y F. Ramos (Eds.). Empleo, estrés y salud. Madrid.

Maslach, C., & Jackson, S.E. (2001). MBI: Maslach Burnout Inventory. Manual. Palo Alto: University of California, Consulting Psychologist Press.

Maslach, C., & Leiter, M.P. (2001). Early predictors of job burnout and engagement. *Journal of applied Psychology*, 93(3), 498-512.

IMPORTANCIA DE LA FUNCIÓN DE LIDERAZGO PARA QUIENES DIRIGEN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y DE LOS DOCENTES QUE ESTA EN LAS AULAS EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Francisco Javier García Heredia

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Para la realización del presente artículo es de suma importancia hacer una revisión de las diferentes percepciones y conceptualizaciones acerca del tema de liderazgo en las organizaciones y en base a ello, proponer un estilo de liderazgo para el ambiente educacional tanto de directivos como de docentes que con su función y trabajo posicionen a la institución y educandos en niveles altamente competitivos.

El liderazgo es actualmente reconocido como una de las competencias más indispensables para que una organización o institución sea eficaz, logre sus objetivos, cumpla sus expectativas y el ambiente laboral o educativo fluya de manera natural y efectiva. El liderazgo es percibido como un individuo que con sus múltiples habilidades es capaz de dirigir un grupo cohesionarlo, motivarlo y llevarlo hacia un mismo objetivo, de tal manera que la visión la misión y los valores que son la razón de ser y la dirección de las organizaciones sean cumplidos y llevadas a cabo de una manera eficaz, eficiente y productiva.

El profesorado que asume los roles de liderazgo ayuda y apoya a sus compañeros, en áreas relacionadas con las situaciones diarias de trabajo con el alumnado y con la mejora de la práctica de clases, son personas que orientan e influyen las actividades del resto de sus colegas y sirven de catalizadores en la toma de decisiones que afectan más directamente al alumnado. Es decir, los aspectos relacionados con la articulación y desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje y su puesta en práctica son claro ejemplo de liderazgo en el profesorado. (Coronel, 2005)

Por lo tanto, si se desea como institución educativa lograr una transformación y mejora en las funciones sustantivas de los docentes, todo enfocado a la calidad académica, será entonces

fundamental involucrar al profesorado como pieza clave en el desarrollo de este proceso de transformación.

El liderazgo del profesorado servirá como apoyo para la institución y los compañeros que forman parte de ella, buscando siempre mejora en las prácticas educativas desarrolladas principalmente en las aulas, refiriéndonos en específico al proceso de enseñanza-aprendizaje y al ambiente que debe de establecerse en el aula con los alumnos. Es importante considerar que el proceso de enseñanza-aprendizaje que un docente líder debe de aplicar en el salón de clases se debe centrar en el aprendizaje del alumno, el maestro deja de ser el protagonista.

Este liderazgo educativo transformacional habla de la posibilidad de lograr un cambio innovador, mediante la visión de compromisos compartidos posibilitando la distribución de tareas y la descentralización de las decisiones a favor de un liderazgo compartido y delegación de tareas y responsabilidades, para obtener resultados más satisfactorios. Es decir, el alumno debe de construir su propio aprendizaje siendo el docente un guía, un coach o un gran facilitador del proceso de aprendizaje profundo.

Kets de vries, 1999; Gronn,2003; Sillane et al.2001 proponen la idea de liderazgo educativo como un concepto que emerge a partir de las referidas limitaciones de la posibilidad de actuación de un líder heroico en contextos grupales u organizativos tan complejos e inciertos como son los educativos. La imposibilidad de controlar la cantidad de variables, información, problemas y demandas de dicho contexto; las interconexiones entre tecnologías, ideas, personas y comunidades para explicar el flujo de acciones que dan sentido a la vida organizativa lleva a dar cobertura a un liderazgo distribuido. (Coronel, 2005)

Los autores previamente citados ven el liderazgo educativo como un liderazgo que emerge debido a las limitaciones que tiene un líder docente en el contexto educativo, pues son muchas las tareas que realiza y muchas las personas o grupos a las que debe rendir cuentas, como por ejemplo: la coordinación de su programa, el jefe o director del instituto o colegio, las áreas de investigación, tutorías, preparación de clases, revisión de evaluaciones del desempeño de los alumnos, etc. Para hacer bien la tarea de educar con calidad es necesario implementar el principio del equilibrio de las cosas.

Debido a las cargas excesivas de trabajo que el docente tiene, es necesario mejorar procesos administrativos eliminando burocracia en trámites, descentralizando funciones para que los procesos fluyan más eficientemente en aras de una educación de calidad. No hagamos que un

líder organizativo y transformador se pierda en dar solución a problemas burocráticos administrativos descuidando de esta manera la calidad educativa que deben de brindar cualquier institución.

Conceptualizaciones del Liderazgo según diversos autores.

De acuerdo con Handy (1997) el tipo de liderazgo organizacional es:

“Uno consigue que las cosas sucedan haciendo posible que otros hagan que sucedan. El director de una obra de teatro no aparece en escena, ni siquiera para saludar; tiene que producir su efecto a través de otras personas, labor atractiva, aunque algunas veces uno mismo tiene que hacerlo todo.”

El rol del líder es entonces persuadir, motivar, entusiasmar, sacar el talento de otros para alcanzar un fin o propósito que se encuentra en su mente. Convertir esa visión en acción y hacerlo realidad a través de los demás.

Desde un punto de vista directivo la función del líder se convierte en una acción de implicar, crear, mejorar continuamente los procesos, innovar, hacer más con menos, propiciar ambientes armoniosos y productivos. Para lograrlo deberá gestionar todo lo necesario para una transformación de organización de clase mundial

Según Lorenzo Delgado, (1996) el liderazgo es:

1. Una función
2. Es estratégica para toda la organización: construye una visión de la organización, motiva orienta energías.
3. Es compartida: se distribuye por toda la organización
4. Se inserta en la cultura
5. Reside en el grupo, pero en su ejercicio influyen factores y cualidades personales

El liderazgo entonces de acuerdo a Delgado, se conceptualiza como una función de transformación a una cultura de excelencia, es decir, de construir las bases para una organización de clase mundial y que involucra a todos los individuos que la conforman.

Actualmente el papel del liderazgo, se considera como una función de influencia que resulta de una combinación de 4 variables:

1. El líder o líderes con sus características y capacidades
2. El grupo de seguidores y el tipo de relaciones que mantienen con el líder
3. La situación o contexto problemático a superar, dinamizar o mejorar: La situación crea los líderes (Bolman y Deal, 1995:401)
4. Un proyecto compartido como respuesta a la salida a esa situación

En resumen, se diría que el liderazgo es la función de armonizar, integrar y conducir a un grupo de individuos para crear y generar su crecimiento con una actitud compartida hacia una visión, misión y objetivos muy claros. Además de tener en su mente un pensamiento estratégico, global y sistémico.

Según con Fernando Vargas, (2000) las competencias laborales de los directivos son las siguientes:

- ✓ Esta orientado al desempeño en el trabajo
- ✓ Bajo situaciones laborales definidas
- ✓ Usualmente contrastable contra un patrono o norma de desempeño esperado
- ✓ Incluye un grueso acervo de capacidades personales; y
- ✓ La capacidad de trabajar en equipo y de relacionarse.

En un estudio sobre los estándares de desempeño para los directores de colegios educacionales en Chile (2002), después de haber realizado un análisis comparativo entre cinco países (Australia, Escocia, EE.UU., Inglaterra y Nueva Zelanda) y constatar que entonces aparece el área de desarrollo ligada al liderazgo, concluye con una propuesta de desarrollo profesional y Evaluación del desempeño basada en criterios de competencia en torno a lo siguiente:

- ✓ Conocimientos (teóricos, metodológicos, entorno)
- ✓ Habilidades profesionales (interpersonales e intelectuales)
- ✓ Desarrollo profesional y liderazgo
- ✓ Administración de recursos humanos
- ✓ Administración de recursos pedagógicos
- ✓ Administración de recursos financieros

El liderazgo en el supuesto anterior, es una competencia básica de la función del director. Lo mismo consideran Goleman y Boyatzis (2002) cuando proponen en su modelo de competencias,

diferenciándolas en tres tipos: competencias de conocimiento, dominio personal; competencias de gestión de relaciones y competencias cognitivas. Entre las propias de la gestión de relaciones figura el liderazgo como refleja la siguiente síntesis:

Competencia de gestión de relaciones:

- ✓ Empatía
- ✓ Liderazgo inspirador
- ✓ Conocimiento organizacional
- ✓ Gestión del conflicto
- ✓ Trabajo en equipo y colaboración
- ✓ Desarrollo de otros
- ✓ Sensibilidad intercultural
- ✓ Comunicación oral

Goleman y Boyatzis (2002) finalmente sintetizan las competencias en las siguientes:

1. Conciencia de uno mismo
2. Autogestión
3. Conciencia social
4. Gestión de las relaciones

De acuerdo con Rodríguez Diéguez, el factor liderazgo estaría integrado por las siguientes competencias específicas:

1. Mantenimiento de un buen clima de relaciones humanas por la comunicación ágil entre los profesores y por el trabajo en equipo.
2. Motivación al profesorado, sobre todo con vista al aprovechamiento de todas sus posibilidades personales y profesionales.
3. Creación de una visión de la escuela y de la enseñanza que sea coherente, global y compartida
4. Otros ítems relativos a delegación de funciones y toma de decisiones.

De acuerdo con lo antes citado podemos decir que para el siglo XXI los líderes deberán actuar como facilitadores, gestores del cambio organizacional, visionarios, proactivos, empáticos, transformacionales, apasionados por lograr objetivos de una manera eficiente, eficaz y productiva a través de las personas. En su mentara estará siempre los altos desempeños de los recursos que administre.

Algo importante que destaca Zaleznik desde 1977, con su famoso artículo publicado en la Harvard Business Review al comparar a los administradores con su rol/función mas mecánicos, rutinarios del proceso y monitorear los avances y resolver los problemas. Por lo que respecta a los líderes, se ocupan de la visión y la dirección de los cambios para la y transformación de la organización.

Teorías de rasgos y habilidades de liderazgos existente

De acuerdo con Kouzes y Posner (2003) desarrollaron un instrumento (The Leadership Practices Inventory) con objeto de preguntar a las personas, de una lista de características comunes a los líderes, cuáles de ellas, en su experiencia como seguidores, serian las siete que mas admiraban y que estarían dispuestos a seguir gustosamente. Después de veinte años de investigaciones, y encuestar 75,000 personas, llegaron a la determinación de las siguientes:

1. Honestidad
2. Ver hacia delante
3. Competente
4. Inspirador
5. Inteligente
6. Justo
7. Tolerante

La Teoría del gran hombre. El carisma

Esta teoría se inclina por la idea de que fueron los hombres los que hicieron posible los sucesos más importantes de la historia. Sin ellos, algunas cosas no hubieran sucedido.

La teoría está de acuerdo en que los líderes nacen, no se hacen, y surgen cuando existe una necesidad de ellos. El hombre ya venía dotado de esta mística cualidad que lo hacía ser diferente a los demás mortales y le otorgaba la capacidad de dirigirlos. (Políticos, religiosos, militares).considera que no fue el contexto histórico, ni socio-económico el que los formó. El hecho de afirmar que los líderes nacen esta determinado en función a la casta o linaje familiar del que se provenía.

Las cualidades que define la teoría del **Liderazgo del Gran Hombre**, es el carisma personal, la capacidad de liderazgo, la inteligencia, sabiduría o talento de cada hombre en un momento determinado.

En síntesis, la teoría no intenta explicar cada acontecimiento importante a través de la obra y el carisma de algunos hombres. Sin embargo, realza que sin el rol del liderazgo de determinados hombres, la historia pudiese haber sido diferente. También, es importante aclarar en esta teoría que no necesariamente los líderes nacen sino que hubo otros personajes líderes que no eran de casta y linaje pero que se formaron en la milicia y otras áreas disciplinares para alcanzar grandes liderazgos.

Estilos de liderazgo

Desde 1939, Kurt Lewin realizó experimentos con niños acerca de liderazgo en los procesos de toma de decisiones. Lewin identificó 3 tipos de líderes:

1. Autocrático. Insisten en hacer todo ellos mismos. Tienen todo el poder, toman todas las decisiones y no suelen decirle a nadie lo que están haciendo. Aquí hay que hacer lo que el líder dice. Este tipo de liderazgo permite una rápida toma de decisiones y elimina las discusiones sobre cómo y por qué se hacen las cosas
2. Democrático. Entiende que no hay que organizar a su propia gente, ve los puestos de él y los demás en términos de responsabilidades en vez del estatus, y con frecuencia consulta cuando toma decisiones. Valora y toma en cuenta las opiniones
3. Laissez faire. el líder es una figura pasiva que permite que sus subordinados tengan todo el control de lo que se está haciendo ya que se les facilita toda la información y

herramientas requeridas para la realización de las labores y donde el líder solo intervendrá si el subordinado solicita su ayuda.

Modelos de liderazgo

Robert Tannenbaum y Warrent Schmidt (1958). El líder escoge su propio estilo entre las ya conocidas variables: de orientación a la tarea y de orientación a la relaciones

De acuerdo con Yuki (1998) desde la década de los 50 hasta mediados de los ochenta, las investigaciones acerca del comportamiento del líder estuvieron dominadas por dos grandes por dos grandes categorías: preocupación por los subordinados y preocupación por la tarea.

Los resultados indican que los líderes efectivos utilizan los patrones de comportamiento que son mas adecuados con la situación y que reflejan alta preocupación tanto por la tarea como por los subordinados. Investigaciones más recientes se han enfocado en una tercera categoría general relacionada básicamente con los procesos de cambio e innovación.

Liderazgo situacional y los modelos normativos. Tannenbaum y Schmidt (1958) identificaron tres fuerzas que conducen a la acción en el liderazgo: las fuerzas de la situación, las fuerzas de los seguidores y las fuerzas en el líder. En 1969, Paul Hersey y Ken Blanchard publicaron un artículo titulado "La teoría del ciclo de la vida del liderazgo: ¿Existe un mejor estilo de liderazgo? En el proponían un modelo basado en las siguientes consideraciones:

- ✓ Los líderes pueden cambiar sus métodos de liderazgo
- ✓ La efectividad del líder depende de cómo su estilo de liderazgo interrelaciona con la situación
- ✓ La madurez (aceptación de la responsabilidad por sus acciones) y el nivel de preparación (capacidad) de un empleado para hacer una determinada tarea son los factores situacionales mas importantes.
- ✓ El estilo de liderazgo debe ser seleccionado de acuerdo con las madurez de los seguidores y su nivel de preparación

Modelo participativo de Vroom y Yetton (1973). Desarrollaron un modelo de corte normativo centrado en la participación del líder con objeto de relacionar el liderazgo y la participación en la toma de decisiones. (árbol de decisiones)

Modelos contingentes. Involucrada con el situacional. La principal diferencia es que la teoría situacional tiende a enfocarse más en el comportamiento que deben adoptar los líderes de acuerdo a la situación específica, mientras que la teoría contingente es más un modelo de probabilístico de tipo condicional. Luthans (1976) que propone comportamientos con mayor probabilidad de éxito dependiendo de una amplia gama de factores contingentes.

Liderazgo en contextos escolares

Es importante señalar que la UNESCO a través de un informe del Banco Mundial en el año 1998, establece la importancia de la formación del personal de educación superior en la construcción de una enseñanza de calidad de excelencia, mediante la preparación del docente universitario a través del desarrollo de competencias personales, dirigidas a cultivar en los educandos habilidades hacia la toma de decisiones, el trabajo colectivo y la educación en valores (Fielden, 1998).

Por tal consideración, se desea que los líderes educativos del futuro, desarrollen la competencia de un liderazgo transformacional efectivo, en busca de soluciones novedosas e innovadoras, preocupándose porque el trabajo siempre tenga un significado y un propósito para sus seguidores, logrando que el producto final tenga un significado para todos los involucrados en el proceso (Bernal, 2000).

La definición de liderazgo continúa involucrándose y expandiéndose, especialmente en la educación. El liderazgo educacional es: la capacidad de un director para iniciar el mejoramiento de las escuelas, para crear un clima educativo orientado al aprendizaje, y para estimular y supervisar a los profesores, de tal manera, que estos últimos puedan llevar a cabo sus tareas tan efectivamente como sea posible.

El liderazgo instruccional y el liderazgo transformacional han emergido como dos de los modelos para el liderazgo escolar. (Heck & Hallinger, 1998). Lo que distingue a estos modelos

de otros es el enfoque sobre como los administradores y los profesores mejoran la enseñanza y el aprendizaje. Los líderes instruccionales se enfocan a las metas de la escuela, el curriculum, la instrucción, y el medio ambiente escolar. Los líderes transformacionales se enfocan a la reestructuración de la escuela, para mejorar las condiciones escolares. (Componentes de este tipo de liderazgo: carisma, consideración individual, estimulación intelectual e inspiración y tolerancia psicológica). Parece que manifestar tolerancia psicológica con los profesores es una estrategia eficaz del liderazgo transformacional (Pascual et al., 1993)

Hay otro autor que manifiesta que el liderazgo es un proceso de permanente readecuación e inherente a toda la vida, ya que busca transformar, a todo momento, las potencialidades de sus colaboradores, desarrollando sus capacidades, motivaciones y valores, para mejorar su desempeño académico y por ende su desempeño laboral en el futuro (Grinberg, 1999).

Por lo tanto, un buen liderazgo demanda la creación de condiciones que aseguren una participación amplia, constante y prolongada, en la cual no sólo se puede asumir un papel de espectador, dejando que las cosas pasen, sino debe ser un ente participativo, activo, del proceso, y eso sólo se logra en la medida que el líder maneje adecuadamente un liderazgo eficiente en la dinámica de su desempeño laboral.

Desde esta reflexión, se deduce que un líder docente posea el entendimiento, el conocimiento, la visión, los hábitos de pensamiento, la acción y la disposición de indagar, cuestionar, problematizar, obteniendo una visión más clara y precisa de los acontecimientos, alcanzando así a experimentar y evaluar las ventajas que trae el crear espacios sanos de trabajo, donde se practique la responsabilidad, el respeto, la confiabilidad, el estímulo, cultivando comunidades de aprendizaje donde se avancen hacia la democracia, la equidad, la diversidad y la justicia social (Grinberg, 1999).

En conclusión, se considera que el docente universitario debe ir en busca de un liderazgo que atienda a las exigencias actuales, las cuales demandan más atención al ser humano, más integración, más participación de todos los actores de una organización, donde la pirámide de mando se rompe para dar paso a un trabajo integrado holístico, que considera a todos los

miembros de una institución indispensables e importantes para ejercer un buen trabajo grupal (Grinberg, 1999).

En lo particular para que un liderazgo cumpla con las expectativas de transformar la escuela y a los alumnos en niveles de excelencia y competitividad se deberá tener en la mente de los que administran procesos de trabajo una visión muy clara de los objetivos a realizar como son: innovación, mejoramiento continuo, empoderamiento del alumno, centrar el aprendizaje en los estudiantes, reinventar la organización, sinergia, proactividad, trabajo colaborativo, tener un pensamiento sistémico, global y estratégico.

Finalmente, el cambio es una constante en el mundo global y si permanecemos sin hacer nada en el ámbito de nuestras responsabilidades y obligaciones como directivos o docentes difícilmente la transformación de escuela y alumnos se lograra.

Bibliografía.

- Bernal, José. (2000) Liderar el cambio: El liderazgo transformacional. En Anuario de Pedagogía. Volumen 2 (197-230). Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- Bolman y Deal, (1995). Liderazgo educativo. Los equipos directivos en centros escolares
- Coronel J.M. (2005), Liderazgo del profesorado en las organizaciones educativas: Temáticas para análisis e investigación. Revista española de pedagogía, 471-490
- Fielden, John (1998). «La formación del personal de la Educación Superior: una misión permanente». Paris: UNESCO <http://www.universia.pr/pdf/unescogestion/InformeUNESCO1998.pdf> (marzo de 2005).
- Goleman, D., Boyatzis, R., y McKee, A. (2002). El líder resonante crea más. El poder de la inteligencia emocional. Barcelona: Plaza & Janés.
- Grinberg (1999) *Desafíos y posibilidades para el futuro de la educación*. Universidad Torcuato Di Tella. Primer Coloquio. 1999.
- Hallinger, P. & Heck, R. H. (1998). Exploring the principal contribution to school effectiveness: 1980-1995. *School Effectiveness and School Improvement*, 9 (2), 157-191.
- Handy, C 1997. *Managing de Dream*. *Executive Excellence* 14(11): 11-12
- Hersey, P. & Blanchard, K.H. (1969a). *Management of organizational behavior*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Hersey, P. & Blanchard, K.H. (1969b). The life cycle theory of leadership. *Training and Development Journal*, 23 (5), 26-34.
- Hersey, P. & Blanchard, K.H. (1969c). Letters to the editor: A response to Reddin. *Training and Development Journal*, November, 56-57.

Kouzes, James M. y Posner Barry Z. (2003): *The Leadership Practices Inventory (LPI): Self Instrument (The Leadership Practices Inventory) (Paperback)*, 3a Ed., Jessey-Bass/Pfeiffer.

Lorenzo Delgado, M. (1998) “Liderazgo y participación en los centros educativos”. En V Congreso Interuniversitario de Organizaciones e Instituciones Educativas: Las organizaciones ante los retos educativos del XXI. Granada, GEU

Lewin, K., Lippitt, R. and White, R.K. (1939). Patterns of aggressive behavior in experimentally created social climates. *Journal of Social Psychology*, 10, 271-301

Luthans, F. (1976). *Liderazgo. Teoría, aplicación, desarrollo de habilidades*. México, DF: Thomson

Luthans, F. (1976). *Introduction to management. A contingency approach*. NY: McGraw-Hill.

Pascual, R., Villa, A. y Auzmendi, E.(1993). *El liderazgo transformacional en los centros docentes. Bilbao.*: Ediciones Mensajero.

Tannenbaum, R., Schmidt, W., (1958): How to choose a leadership pattern, *Harvard Business Review*, 36, 95-102

UNESCO (1997). Recomendación relativa a la condición del personal docente de la enseñanza superior. Aprobada en la 29ª reunión, noviembre de 1997. París.

Vargas Zúniga, Fernando (2000) “De las virtudes laborales a las competencias claves: un nuevo concepto para antiguas demandas”. En: CINTERFOR-OIT. *Competencias laborales en la formación profesional. Boletín Técnico Interamericano de Formación Profesional*. N° 149, mayo-agosto de 2000, p. 21.

Vroom, Victor H., Yetton, Phillip W. (1973). *Leadership and Decision Making*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press. ISBN 0-8229-3266-0

Yuki, G. (1998). *Leadership in organizations* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall

Zalenik, A. (1977). Managers and leaders: Are they different? *Harvard Business Review*, 55(3), 67–78

Bienestar animal, una verdadera actitud hacia los animales o una simple “moda” de nuestros tiempos

MVM Alonso y RB Alvarado

No es nada nuevo el pensar que no debemos tratar a los animales como posesiones, como objetos inanimados o algo lo que nos podemos servir para obtener diferentes satisfactores, sino que debemos protegerlos de actos que los exponen al sufrimiento. Independientemente de la existencia de legislaciones, mucha gente condena a aquellos que son crueles con los animales.

Es claro que cada persona trata a los animales, dependiendo del cómo lo ve o como piensa del animal. Si considera al animal como un objeto utilizable del que puede obtener cierto beneficio, es más probable que realice actos que le causen al animal cierto grado de sufrimiento., en tanto que una persona que ve al animal como un sujeto “sensible” tiende a tratar al animal con respeto.

En los últimos años, existe una tendencia del ciudadano involucrarse en temas ambientales, del comportamiento y fisiología de los animales resumiéndose en la preocupación de la gente en el “Bienestar animal”, mismo que queda evidenciado en expresiones en diferentes medios electrónicos, en debates y declaraciones gubernamentales, trabajo de las comisiones científicas y bioéticas, financiamiento en diferentes proyectos de investigación sobre el bienestar animal, cursos, congresos sobre este tema, etc.

Es inevitable el reconocer que la forma de tratar a los animales depende de la educación recibida a una edad temprana, de las tradiciones de cada región, de la adquisición de conocimientos por diferentes medios, de las creencias generales y sobre todo de la influencia de los factores sociales y culturales sobre cada individuo.

La protección animal es un acto del ser humano, mientras que el bienestar animales, es una cualidad que varía en cada ser viviente.

El bienestar animal es una CIENCIA, con objetivos de investigación que tienden a comprender las necesidades de los animales. La meta principal es desarrollar una comprensión objetiva sobre el bienestar de los animales.

Conceptos importantes sobre el bienestar animal

El funcionamiento Biológico (Estatus Físico): Según este enfoque, los animales deberían ser capaces de prosperar, teniendo niveles de crecimiento y reproducción normales y estar razonablemente libres de enfermedades, lesiones, desnutrición y anormalidades comportamentales y fisiológicas.

Sentimientos (Estatus Mental): El estado afectivo de los animales (“sentimientos o “emociones”) es un elemento clave en la calidad de vida. Un alto nivel de Bienestar requiere que el animal experimente confort, satisfacciones y que esté razonablemente libre de dolor intenso y prolongado, miedo, hambre y cualquier otro estado de incomodidad.

Vida Natural (“Naturalidad”): En este enfoque considera que los animales deberían ser mantenidos en ambientes razonablemente naturales y ser capaces de desarrollar sus capacidades y adaptaciones específicas.

Por lo tanto de acuerdo al Estatus Físico:

“El Bienestar define el estado de un animal de acuerdo a sus intentos de afrontar el ambiente en que se encuentra” (Frasier & Broom, 1990)

De acuerdo al estado mental "... ni la salud, la falta de estrés ni el ejercicio son necesarios y/o suficientes para concluir que un animal tiene un buen nivel de Bienestar. El Bienestar es dependiente de lo que el animal siente..." (Duncan, 1993).

De acuerdo a la Naturalidad "El Bienestar no solo significa control del dolor y del sufrimiento, también abarca la nutrición y el cumplimiento de su naturaleza.

Generando una definición mixta. Bienestar es un estado de salud mental y física completa, donde el animal está en completa armonía con el ambiente que lo rodea" (Hughes, 1976).

Todos los animales tienen las mismas necesidades específicas e inherentes de poder disfrutar de un bienestar a largo plazo, independientemente de las circunstancias que aseguran su supervivencia inmediata.

El bienestar es en realidad una característica de un individuo en un tiempo determinado y este estado puede evaluarse, por eso puede variar en una escala de muy bueno a muy malo. Por tal razón, el bienestar se refiere a como el individuo experimenta o vive la vida.

Un individuo se encuentra bien cuando hay un equilibrio entre su estado emocional, fisiológico, cerebral y su comportamiento y podemos hablar de una buena calidad de vida, ya que esta equivale al bienestar. La evaluación de la calidad de vida de un animal, nunca podrá ser objetiva, porque de acuerdo con Rushen (2003), se trata de una mezcla de conocimientos científicos y juicios de valor. Más aún, McMillan (2005) señala que la calidad de vida es personal, privada, de experiencias subjetivas y no tiene un marco de referencia normal o promedio, careciendo de unidades de medición, con diferentes significados para la gente.

Ahora bien, el individuo se encuentra expuesto a una gran cantidad de estímulos que pueden ser medidos y que en mayor o menor grado tienen influencia sobre su bienestar. Agentes patógenos, daño a los tejidos (lesiones), ataque o amenaza por algún congénere o depredador o la simple competencia social en la que se ve inmerso el individuo.

La complejidad de la información que se procesa en una situación donde el individuo recibe excesiva estimulación, pueden venir de afuera del cuerpo por ejemplo los agentes patógenos, condiciones ambientales adversas o de dentro como por ejemplo la ansiedad, el aburrimiento o la frustración, en ambos casos, los sistemas que responden o preparan a estos enfrentamientos que ponen en alerta al individuo están representados por el sistema inmunitario que tiene control sobre la estabilidad mental y física (Broom y Johnson 1993). Estos sistemas pueden responder a problemas a corto o mediano plazo o ambos generando actividad en las partes del cerebro, en respuestas endócrinas, inmunológicas o fisiológicas al igual que en el comportamiento del animal, incluyendo a los sentimientos, el dolor, el miedo, distintos tipos de placer pero todos estos "adaptativos" (Broom 1998).

Los malos sentimientos que continúan más allá de un corto periodo de tiempo se conocen como **sufrimiento**.

El estrés, se refiere a una situación en la que el individuo se ve sometido a un efecto negativo bien potencial o real de su ambiente. Pero es un poco confuso, ya que se puede significar tres cosas distintas:

Un cambio en el ambiente que afecta al organismo.

El proceso que afecta al organismo.

Las consecuencias de los efectos en el organismo.

Cuando un animal está desequilibrado, homeostáticamente o cuando actúa de una forma determinada a causa de una situación ambiental, decimos que tiene una **necesidad**, siendo esta, un requisito, que es parte de la biología básica un animal, para obtener un recurso en particular o responder a un entorno concreto o estímulo corporal.

Hay necesidades para recursos concretos y otras que conllevan actos para obtener un objetivo.

Se pueden identificar mediante estudios de motivación y de evaluación del bienestar de individuos cuyas necesidades no se satisfacen.

De la misma forma

Los cerdos necesitan hozar en el suelo o sustrato, las gallinas necesitan darse baños de polvo y ambas especies necesitan construir un nido antes de parir o poner huevos.

La necesidad es en sí la misma, está en el cerebro y no es fisiológica o conductual pero puede satisfacerse sólo cuando se evitan o rectifican los desequilibrios fisiológicos o cuando se expresa algún comportamiento concreto.

El nivel de bienestar de un animal es pobre cuando éste tiene dificultad para afrontar cambios en el ambiente o cuando fracasa en el intento de adaptación. Siendo el dolor o el sufrimiento aspectos importantes de bienestar pobre o reducido (Broom, 2004).

Cuando se requiere determinar si el ambiente es adecuado para un animal se deben considerar los siguientes puntos (las 5 libertades de los animales):

Que no sufra hambre ni sed.

Que no sufran ni heridas ni enfermedades.

Que no sufra malestar físico o dolor.

Que no sufra miedo ni angustia.

Que pueda ajustarse a su comportamiento normal y esencial.

Es evidente que la sociedad otorga más cuidado en los aspectos relacionados con el bienestar animal, la calidad global de los alimentos, la salud animal, la salud pública y la inocuidad alimentaria. La misma globalización en la que vivimos, ha generado que la comunidad internacional desarrolle una serie de actividades (foros, seminarios, congresos) encaminadas a promover soluciones y respuestas a la problemática que se genera durante las relaciones principalmente comerciales de interés común para la sociedad.

La Organización Mundial de Sanidad Animal es uno de los organismos Internacionales que se ha enfocado a generar directrices normativas globales de bienestar animal, para que los países se vayan ajustando a ellas (cuidado de los animales, cría o trato compasivo).

El bienestar va más allá de la medicina preventiva ya que tiene en cuenta el historial del animal y su ambiente en relación con su salud. El objetivo es conseguir animales más sanos física y mentalmente que disfruten de la vida.

Como MVZ estamos obligados fomentar la diferencia entre el “bienestar animal” y el “derecho de los animales” partiendo de posiciones antropocéntricas. A ser cuidadosos y a utilizar el método científico como herramienta para generar el nuevo conocimiento desprovisto de suposiciones preconcebidas que reflejen un proceder consiente, cada manejo, cada actividad realizada con los animales debe ser evaluada tomando en cuenta desde la óptica de la fisiología y el comportamiento animal para minimizar el grado de invasibilidad y afectación del sujeto sintiente.

El MVZ debe involucrarse activamente en la generación de las propuestas de ley tanto de protección como de bienestar animal para evitar al máximo afectaciones directas en el ejercicio profesional del MVZ y en el proceso de educación de la sociedad misma para no caer en el extremismo que en la mayoría de los casos, son perjudiciales para el animal al que se quiere proteger.

Referencias

Council of Europe. 2007. *Bienestar animal*, ed. Acribia, España

Danten Ch. 2008. *Un veterinario encolerizado*, Ensayo sobre la condición animal, Fondo de cultura económica, México

Rollin B. 2009. *Introducción a la ética médica veterinaria, Teoría y casos*, Blackell Publishing, Ed. Acribia, España

Ramírez R., Ramírez M., Escandón E. 2016. *La paradoja del bienestar animal*, Pica&Pixel, México

LABRADOR HEMBRA CON DISTENSIÓN Y DOLOR ABDOMINAL

MVM Alonso y RB Alvarado

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RESUMEN

La dilatación vólculo gástrico es una sobre distensión del estómago, debido a la presencia de gas, líquido o ingesta de alimento que junto con la incapacidad de eructar. La dilatación provoca torsión del estómago sobre su eje mayor (generalmente 270-360°) en la dirección de las agujas del reloj (desplazamiento del píloro dorsalmente y hacia la izquierda) pudiendo estar presente una torsión esplénica. Este complejo produce una inestabilidad hemodinámica constituyéndose en una emergencia médico-quirúrgica. Las razas grandes y gigantes (Doberman, Labrador, Rottweiler, Danés y Mastín) son los más afectados pero se puede presentar en razas como el Caniche, Pincher, Pekines y en gatos en menor proporción¹. El carácter ansioso, después de situaciones de excitación como lo sería el paseo en coche, alimentación con una sola clase de comida y alimentación en un recipiente alto vienen a predisponer su presentación².

Palabras clave: Distensión abdominal, vólculo, torsión gástrica, torsión esplénica.

Se presenta a consulta una perra de raza Labrador retriever de 7 años de edad con depresión, dolor abdominal y aumento del tamaño de su abdomen



RESEÑA:

Nombre.- Blacky
Especie.- Perro Doméstico
Raza.- Labrador Retriever
Sexo.- Hembra
Edad.- 7 años

ANAMNESIS:

El dueño reporta que Blacky está debidamente vacunada y desparasitada, que su alimentación es a base de croquetas pero que de vez en cuando le dan caldo, sopa y restos de comida.

El día de la consulta fue alimentada con su ración normal y le dieron caldo de res y la sacaron a caminar al parque durante una hora aproximadamente. Al regresar tomó mucha agua. Alrededor de las 2 o 3 horas empezó a vomitar comida sin digerir y en ese momento es llevada al Veterinario.

EXAMEN FÍSICO:

Al examen físico, Blacky se mostró con marcado dolor a la palpación abdominal sin evidencia de cuerpo extraño, escuchándose un sonido timpánico a la percusión.

Su actitud general es con depresión pero alerta, mostrando un buen estado general. Temperatura rectal: 38.4°C y un frecuencia cardiaca de 120/min pero presenta dificultad para respirar.

LISTA DE PROBLEMAS

- 1.- Dolor abdominal
- 2.- Distensión abdominal
- 3.- Depresión

POSIBILIDADES DIAGNÓSTICAS Y SUS HALLAZGOS EN DIFERENTES DETERMINACIONES

Piometra.

Vólvulo gástrico

Torsión del bazo.

Hallazgos que podemos encontrar en las diferentes determinaciones clínicas.

Piometra.

Hemograma:

Las alteraciones más comunes en el incluyen la presencia de Anemia de marginal a moderada probable leucocitosis con neutrofilia y monocitosis

Trombocitopenia.

Perfil bioquímico: Podemos encontrar hiperazoemia prerenal o renal, elevación de FAS.

General de orina

Presencia de isostenuria y piuria.

Vólvulo gástrico o dilatación gástrica.

Hemograma:

Presencia de una policitemia relativa con proteínas totales normales o elevadas.

Probable leucocitosis con neutrofilia con o sin desviación a la izquierda, linfopenia.

Perfil bioquímico: Podemos encontrar una hiperazotemia de origen prerenal. Acidosis metabólica, hipopotasemia.

General de orina

Sin cambios relevantes.

Torsión del bazo.

Hemograma:

Puede estar presente una anemia marginal, dianocitos, leucocitosis, trombocitopenia.

Leucocitosis con neutrofilia, eosinofilia. Puede estar presente una hipoproteinemia.

Perfil bioquímico: Sin cambios relevantes, probable hiperazotemia prerenal, hiperbilirrubinemia (debido a una posible hemólisis).

General de orina

Hemoglobinuria

Se procede a tomar diferentes muestras para enviar al laboratorio de Patología Clínica Veterinaria.

Pruebas solicitadas; Hemograma, Bioquímica completa, general de orina.

Por la urgencia que representa el caso, se procede a tomar Rx en proyección simple de abdomen.

HEMOGRAMA

ANALITO	RESULTADOS DIA 1	RESULTADOS DIA 60	VALORES DE REFERENCIA	UNIDADES
HEMATÓCRITO	0.5	0.40	0.37-0.55	L/L
HEMOGLOBINA	166	150	120-180	g/L
ERITROCITOS	7.1	6.5	5.5-8.5	X10 ¹² /L
VGM	68	64	60-77	fL
CGMH	345	366	320-360	g/L
RETICULOCITOS	35	45	<60	X10 ⁹ /L
PLAQUETAS	155	60	200-900	X10 ⁹ /L
PROTEÍNAS T.	75	70	60-75	g/L
LEUCOCITOS	14.5	16	6.0-17.0	X10 ⁹ /L
NEUTRÓFILOS	12.3	14.5	3.0-11.5	X10 ⁹ /L
BANDAS	0	0	0-0.3	X10 ⁹ /L
LINFOCITOS	1.2	0.5	1.0-4.8	X10 ⁹ /L
MONOCITOS	0.5	1	0.1-1.4	X10 ⁹ /L
EOSINOFILOS	0.5	0	0.0-0.9	X10 ⁹ /L

Cuadro 1.- Hemograma del día 1 y del día 60.

INTERPRETACIÓN: Día 1. Presencia de una leucocitosis / neutrofilia y trombocitopenia.

PERFIL BIOQUÍMICO

ANALITO	RESULTADOS DIA 1	RESULTADOS DIA 60	REFERENCIAS	UNIDADES
GLUCOSA	4.8	7.2	3.38-6.88	mmol/L
UREA	8.2	32	2.09-7.91	mmol/L
CREATININA	115	265	60-126	mmol/L
COLESTEROL	6.8	6.6	2.85-7.76	mmol/L
BILIRRUBINA TOTAL	4.2	130	<5.16	mmol/L
ALT	60	160	4.0-70	U/L
AST	80	155	12.0-55	U/L
FOSFATASA ALCALINA	115	2020	6-189	U/L
CK	125	138	<213	U/L
PROTEÍNAS TOTALES	72	74	56.6-74.8	g/L
ALBÚMINA	34	38	29.1-39.7	g/L
GLOBULINAS	38	36	23.5-39.1	g/L
CALCIO	2.5	2.4	2.27-2.91	mmol/L
FÓSFORO	1.1	5.1	0.75-1.70	mmol/L
POTASIO	4.7	4.3	3.82-5.34	mmol/L
SODIO	148	140	141-153	mmol/L
CLORO	112	90	108-117	mmol/L
HCO ₃	22	20	16-25	mEq/L
GAP	18.7	34.3	15-25	mEq/L
AMILASA	*	1520	400-1200	UI/L
LIPASA	*	2180	120-258	UI/L

Cuadro 2.- Bioquímica del día 1 y del día 60.

INTERPRETACIÓN: Día 1

Ligera elevación de AST

EXAMEN GENERAL DE ORINA:

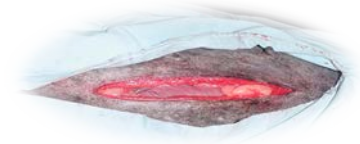
Interpretación: Sin cambios significativos en el día 1.

En el día 60, solo se encontró alterada la gravedad específica de la orina con un valor de 1.010.

Rayos X de proyección simple de abdomen:

Por la gravedad de la situación y los resultados de los análisis hasta cierto punto favorables, se procedió a realizar la intervención quirúrgica para corregir en su caso la torsión o bien la gastropexia.

Se estabilizó a la paciente mediante la administración de fluidos intravenosos (solución salina fisiológica al 0.09%).

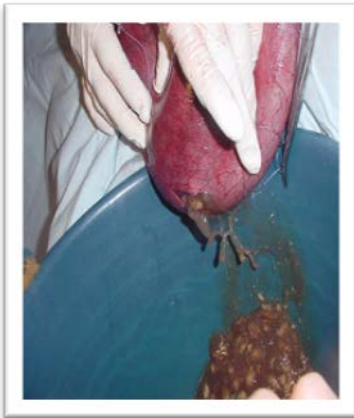




Blacky salió de la cirugía y se le manejó la siguiente medicación: Cefalotina (22 mg/kg cada 12 horas más enrofloxacin (5 mg/kg cada 12 horas).

Se le administró un bolo de lidocaina a razón de 1 mg/kg de peso para prevenir arritmias ventriculares.

Meloxicam 0.2mg/kg como dosis inicial y luego 0.1mg/kg de peso cada 24 horas. Si el dolor es severo, se agregará el tramadol a razón de 3 mg/kg peso cada 8 horas.



La evolución de Blacky fue favorable por lo que se va a casa a los dos días con las siguientes indicaciones: Ofrecerle su comida en pequeñas porciones, evitar el estrés y restringir la actividad física antes y después de sus comidas. Y con la recomendación de que al primer signo de agrandamiento abdominal llevarlo al veterinario.



A los 60 días de la cirugía, Blacky con depresión, letargia, vómito y análisis de rutina (Hemograma, Bioquímica y general de orina).

se presenta a consulta nuevamente anorexia. Se procede a realizar los

Interpretación del hemograma Día 60 (cuadro 1).

- Presencia de una neutrofilia madura y una linfopenia, atribuidas a una respuesta a corticosteroides/estrés.
- Trombocitopenia que nos obliga a estar pendientes de una coagulación intravascular diseminada (CID).

Interpretación de la Bioquímica clínica (cuadro 2).

- Presencia de una marcada hiperazotemia e hiperfosfatemia sugerentes de una disminución de la filtración glomerular que en combinación con la densidad urinaria de 1.010 nos indica que la hiperazotemia es de origen renal.
- Los valores tan altos de FAS nos sugieren la presencia de colestasis y la elevación de ALT y AST nos muestran un daño hepatocelular.
- La hiperbilirrubinemia en ausencia de ictericia puede estar presente por la colestasis.
- El GAP aumentado nos muestra una acidosis metabólica hipocloremica.
- La elevación de la lipasa y amilasa nos sugieren la presencia de una pancreatitis.
- Se le diagnóstica una pancreatitis con daño hepático secundario

Discusión y conclusiones.

La edad y la raza del paciente son útiles para el diagnóstico de ciertos trastornos gástricos. Es más probable que perros jóvenes ingieran cuerpos extraños o sufran obstrucción de la salida *Pythium insidiosum*, mientras que el cáncer gástrico se encuentra habitualmente en los perros viejos. La dilatación gástrica y los vólvulos aparecen habitualmente en razas gigantes o perros de pecho profundo. La dilatación gástrica con vólvulos se caracteriza por una distensión notable del estómago con aire. En caso de los vólvulos, el estómago gira su eje, moviéndose dorsalmente y a la izquierda del fondo produciendo la obstrucción de la cava caudal e impiden el retorno venoso al corazón. Esto produce un shock hipovolémico que puede exacerbarse por la desvitalización de la pared gástrica, torsión o avulsión esplénica, congestión de vísceras abdominales, shock endotóxico y CID.³

Los principales signos que podemos encontrar son el malestar abdominal, distensión abdominal (craneal), timpanismo, arcadas e intentos de vomitar improductivos, debilidad y colapso, secundariamente podemos tener disnea, membranas mucosas pálidas y taquicardia, siendo las secuelas posibles ruptura gástrica y peritonitis séptica, choque, taquicardia ventricular, CID y muerte. Su aparición es súbita y a veces precedida de una situación de excitación/viaje en coche.

Los hallazgos de laboratorio más frecuentes son, hemoconcentración, leucocitosis / neutrofilia, hiperazotemia prerrenal y acidosis metabólica. Las radiografías simples suelen ser diagnósticas, sin embargo, el diagnóstico puede exigir la realización de radiografías repetidas o con medio de contraste. El vólvulo crónico rara vez es diagnosticado con endoscopia, siendo posible en raras ocasiones, provocar un vólvulo gástrico temporal al manipular el gastroscopio en un estómago distendido por aire, por lo que el MVZ debe diferenciar el vólvulo gástrico espontáneo del iatrogénico.⁴

En el caso de Blacky, podemos decir que la historia de vómito, diarrea, la probable dieta grasa, la administración prolongada del carprofeno, la elevación de la lipasa y la amilasa son sugerentes de una pancreatitis en la cual, la fuga de enzimas afecta órganos, como el riñón al disminuir el filtrado glomerular (hiperazotemia e hiperfosfatemia), y el hígado produciendo una elevación de AST, ALT y FAS evidenciando el daño hepatocelular.

Referencias

- 1.- Gómez N, Feijoó S, Wolberg A. Síndromes clínicos en caninos y felinos: Algoritmos. Buenos Aires; Ed Inter-Médica; 2014, 262pp.
- 2.- Hall EJ., Murphy KF., Darke PGG. Notas de medicina interna canina. España; Ed Acribia; 2003; 353pp.
- 3.- Ettinger SJ, Feldman EC. Tratado de Medicina interna veterinaria enfermedades del perro y del gato. España, Sexta ed. España; Elsevier Saunders; 2007, vol 2, 1310-1313pp.
- 4.- Nelson RW, Couto CG., Medicina interna de pequeños animales, Barcelona, Elsevier, 2010, 433-435 pp.
- 5.- Bojrab M., Fisiopatología y clínica quirúrgica en animales pequeños. Buenos Aires, Inter-Médica; 1996.