

DIOTIMA, REVISTA CIENTÍFICA DE ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARIA



**Volumen 5 Número 14
junio - Septiembre 2020
ISSN 2448-5497**

Revista Científica de Estudios Transdisciplinaria

Publicación Electrónica Cuatrimestral de Asociación Mexicana de Investigación y Docencia
Transdisciplinaria A.C.

Volumen 5 Número 14

Junio - Septiembre 2020

ISSN 2448-5497

DIRECTORIO

Directora General de la Revista Diotima

Dra. Ma. Luisa Quintero Soto.

Comité Editorial

Dr. Oscar Osorio Pérez

Mtro. Diego Fernando Velasco Cañas

Diseñador Gráfico y Desarrollo

M. en I. Yaroslaf Aarón Albarrán Fernández

Diotima, Revista Científica de Estudios Transdisciplinaria, Año 3, Número 9, Septiembre-Diciembre 2018, es una publicación cuatrimestral, editada por la Asociación Mexicana de Investigación y Docencia Transdisciplinaria A.C. Calle 4. No. 99. Colonia Agrícola Pantitlán, CP 08100, México D.F. Teléfono (52) 5513312896. Correo electrónico/mail: diotima.revista@gmail.com, página web: <http://www.revista-diotima.org>. Editor Responsable: Dra. Ma. Luisa Quintero Soto. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-102113144400-203, ISSN 2448-5497, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsables de la última actualización de este número, Unidad de Edición, Mtro. Yaroslaf Aarón Albarrán Fernández, Calle 4. No. 99. Colonia Agrícola Pantitlán, CP 08100, México D.F., 30 de septiembre del 2018. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Asociación Mexicana de Investigación y Docencia Transdisciplinaria A.C.

CONTENIDO

EDITORIAL.....	2
-----------------------	----------

EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN MÉXICO

HYDROMETEOROLOGICAL EVENTS IN MEXICO.....	3
--	----------

Lourdes Loza-Hernández

ELABORACIÓN UN INVENTARIO PARA UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE AUTOBUSES DE AUTOTRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS CON BASE EN EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA DE REFACCIONES.....

ELABORATION OF AN INVENTORY FOR A PROGRAM OF MAINTENANCE OF URBAN BUSES FOR URBAN PASSENGERS BASED ON THE FORECAST OF THE DEMAND FOR SPARE PARTS

Mariana Vargas Sánchez

José Concepción López Rivera

PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN: ANÁLISIS DE LITERATURA Y ESTADO DE LA CUESTIÓN.....

AGGREGATE PRODUCTION PLANNING: LITERATURE ANALYSIS AND STATE OF THE ISSUE

Victor Manuel Medina López

René Muciño Castañeda

PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA PARA UNA EMPRESA DE PARTES AUTOMOTRICES: CASO DE ESTUDIO.....

DEMAND FORECASTING FOR AN AUTOMOTIVE PARTS COMPANY: CASE STUDY

Victor Sánchez

Javier García Gutiérrez

Araceli Osorio Jaramillo

PERCEPCIÓN DE LA SEGURIDAD DURANTE EL TRÁNSITO EN EL TRANSPORTE PÚBLICO

PERCEPTION OF SAFETY DURING TRANSIT IN PUBLIC TRANSPORT.....	37
---	-----------

Javier Romero Torres

María Luisa Quintero Soto

Javier García Gutiérrez

EDITORIAL

El no. 14 de la Revista Diotima, presenta artículos que se derivan del evento CII&CTTACA 2019: Segundo Coloquio de Investigación en Ingeniería y 11° Curso-Taller Temas Actuales en Ciencias del Agua, correspondiente a la mesa Transporte y Cadena de Suministro, evento llevado a cabo en la Facultad de Ingeniería-UAEM en noviembre de 2019, para lo cual se puede consultar el siguiente link: <https://easychair.org/cfp/CIICTTACA2019>.

En este número de la revista podremos leer artículos que nos muestran la importancia de los eventos hidrometeorológicos en el contexto Mexicano, a través de un enfoque cuantitativo (estadístico) realizado por investigadores, organismos nacionales e internacionales, que nos ayudan a comprender que es necesario desarrollar estrategias para prevenir y mitigar los desastres causados por eventos hidrometeorológicos en México, así como trabajar en conjunto con los sectores productivos y los diferentes niveles gubernamentales en beneficio de la población tanto urbana como rural. Igualmente en otras investigaciones veremos el diseño de un programa de inventario de refacciones que satisfaga la demanda del servicio de mantenimiento de autobuses, donde influyen los costos, lo que a su vez impacta en la inactividad de las unidades vehiculares, así como en las ganancias o pérdidas económicas.

En otros trabajos se muestra el papel que tiene la planeación agregada de la producción, y que toda propuesta debe buscar la reducción de costos, con base a cuánto producir y en qué momento; considerando para ello el inventario con el que cuenta la empresa.

Otra investigación se enfoca en revisar el tipo de demanda que presenta el mercado de repuesto de partes automotrices con el uso de los métodos estadísticos en la estimación de pronósticos y ver el grado de validez en las empresas.

Finalmente podemos revisar un artículo donde se investiga los factores relacionados con los niveles de seguridad y percepciones de crímenes que reportan estudiantes universitarios al utilizar el transporte público en diferentes fases del viaje para la zona oriente de la Ciudad de México.

Agradecemos especialmente al Mtro. Javier Romero Torres, por haber coordinado este número de la revista.

EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN MÉXICO

HYDROMETEOROLOGICAL EVENTS IN MEXICO

Lourdes Loza Hernández
Estancia Posdoctoral 2019-2 CONACyT, Facultad de Ingeniería,
Universidad Autónoma del Estado de México, 50100, Toluca, Estado de México, México.
E-mail: llozahe@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5107-7110>

RESUMEN

Los eventos hidrometeorológicos son una de las fuentes de interrupción de la cadena de suministro, es por ello que investigadores, expertos y practicantes en Cadena de Suministro y Logística Humanitaria están interesados en desarrollar metodologías que permitan evaluar el riesgo de estos eventos y atenuar sus efectos. Las metodologías desarrolladas consideran factores cualitativos, cuantitativos o ambos. Con base en lo anterior, este documento muestra la importancia de los eventos hidrometeorológicos el contexto Mexicano, a través de un enfoque cuantitativo (estadístico) realizado por investigadores, organismos nacionales e internacionales que presentan las pérdidas humanas y económicas en diferentes periodos de tiempo. Además, de mostrar los enfoques que en este campo de estudio se han desarrollado, con el fin de contribuir en la generación y transferencia del conocimiento, propiciando el incremento del nivel de seguridad de la población ante este tipo de eventos naturales y disminuir el impacto socioeconómico y del medio ambiente. El resultado del análisis estadístico realizado muestra que la tendencia de las pérdidas económicas y eventos ocurridos en los últimos años tiende a incrementar.

Palabras clave: Logística humanitaria, Eventos hidrometeorológicos, Desastres naturales, Pérdidas económicas.

ABSTRACT

Hydrometeorological events are one of the sources of disruption of the supply chain, which is why researchers, experts and practitioners in Supply Chain and Humanitarian Logistics are interested in developing methodologies to assess the risk of these events and mitigate their effects. The developed methodologies consider qualitative, quantitative or both factors. Based on the above, this document shows the importance of hydrometeorological events in the Mexican context, through a quantitative (statistical) approach carried out by researchers, local and international organizations that present human and economic losses in different periods of time. In addition, this work shows the approaches developed in this field, in order to contribute to the generation and transfer of knowledge, promoting the increase in the level of security of the population in the face of this type of natural events and reducing the socioeconomic impact and of the environment. The result of the statistical analysis carried out shows that the trend of economic losses and events in recent years tends to increase.

Keywords: Humanitarian logistics, Hydrometeorological events, Natural disasters, Economic losses.

Recibido: 1 de Septiembre de 2019

Aceptado: 8 de Noviembre de 2019

Publicado: 30 de Junio de 2020

INTRODUCCIÓN

Para facilitar la lectura del trabajo es importante mencionar algunos conceptos que se relacionan con el tema. *Desastre* es "una interrupción grave del funcionamiento de una sociedad, causando pérdidas humanas, materiales o ambientales generalizadas que superan la capacidad de la sociedad afectada para hacer frente a ellos utilizando solo sus propios recursos" (Melching, y Pilon, 2006). La preocupación de las personas por los desastres se relaciona con la muerte y el costo económico de sus resultados, que depende básicamente de la peligrosidad y el riesgo del evento. El *peligro* es "un evento amenazante, o la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino dentro de un período de tiempo y área determinados" (Navia y Ferreira, 2018), (Birkmann, 2006), (Birkmann et al., 2013). El *riesgo* se define como "las pérdidas esperadas (de vidas, heridos, daños materiales y actividad económica interrumpida) debido a un peligro particular para un área y un período de referencia dados" (Melching y Pilon 2006), (Smithy Petley. 2009); *vulnerabilidad* "es el grado de pérdida (de 0 a 100 por ciento) resultante de un fenómeno potencialmente dañino", (Melching y Pilon, 2006). (Jha et al., 2012), (Rashed y Weeks, 2003), (Dewan, A. 2013). Los desastres naturales son aquellos desastres originados por causas naturales tales como: eventos geológicos, meteorológicos, hidrológicos y biológicos. Un evento hidrometeorológico se define como "un fenómeno hidrológico y meteorológico que implica una transferencia de energía y agua

entre la tierra y la atmósfera inferior" (Chuan et al., 2018). Los eventos hidrometeorológicos son calificados como desastres, cuando sus efectos superan la capacidad de la población afectada para hacer frente a ellos a través de sus propios recursos. Los peligros naturales originados por eventos hidrometeorológicos "son el resultado de procesos naturales o fenómenos de naturaleza atmosférica, hidrológica u oceanográfica entre los que se encuentran inundaciones, ciclones tropicales, sequías y desertificación" (UNESCO, 2018). Por lo que se afirma que los desastres hidrometeorológicos incluyen inundaciones, tormentas tropicales y sequías, siendo sus principales causas el agua (abundancia o escases), el viento y el cambio climático (Jayawardena, 2013). En adición a lo anterior, las medidas importantes por definir en desastres naturales son: magnitud, intensidad y frecuencia de los eventos que los ocasionan (Van Westen et al., 2011). Por lo tanto, es sustancial precisar el impacto de un desastre, el cual puede medirse teniendo en cuenta los umbrales de efecto humano (muerte o lesión), la pérdida económica y el efecto ambiental; considerando que los efectos pueden ser directos o indirectos además de tangibles e intangibles. La vulnerabilidad de una región a un evento depende de las características propias del evento, la reacción de la población al evento (preparación y experiencia), la ubicación geográfica y demográfica de la región y la infraestructura de la región (urbana o rural), entre otros factores.

Otros conceptos relevantes son: *análisis de riesgo* que proporciona información sobre riesgos anteriores, actuales y futuros;

evaluación de riesgo que se ocupa de su percepción y evaluación; *reducción del riesgo* focalizado a definir las intervenciones con un potencial para disminuir el riesgo; y *gestión de riesgo* que es “el proceso sistemático de toma de decisiones administrativas, de organización, de habilidades operativas y de capacidades de infraestructura para implementar políticas, estrategias y acciones de mitigación del riesgo para disminuir el impacto de los desastres naturales, ambientales y tecnológicos relacionados” (UNISDR, 2009a). (UNISDR, 2009b). Para recopilar e informar sobre eventos hidrometeorológicos, los investigadores han dividido el período de un desastre en tres fases: Fase Previa al desastre: implica la previsión de eventos desastrosos. Fase Durante el desastre: período en el que el evento ocurre. Fase Posterior al desastre: la gestión del desastre (Chuan et al., 2018). (Day et al., 2012). (Zanuttigh y Quevauviller, 2015). La prevención, la ayuda operativa durante el desastre y la etapa de reconstrucción se detallan en componentes y actividades separadas debido a la variedad de acciones a realizar. Recientemente, la atención se concentra en la fase de prevención mediante el desarrollo de sistemas de alerta, mitigación del riesgo, programas gubernamentales de prevención y programas de contingencia ante desastres naturales.

METODOLOGÍAS DESARROLLADAS

Algunas investigaciones realizadas sobre la evaluación del riesgo, resiliencia y vulnerabilidad en relación al tema de Cadena de Suministro y Logística Humanitaria en

situaciones de desastre, las podemos encontrar en los trabajos realizados por (Christopher y Tatham, 2011), (Christopher, 2003), (Barnes y Oloruntoba, 2005), (McCormack, K. et al., 2008), quienes sostienen que las interrupciones en la cadena de suministro pueden ser causadas por algunos elementos dentro o fuera de ella, además de que consideran un enfoque de tres fases para el análisis de interrupciones en la cadena: i. Identificación del riesgo, ii. Evaluación de riesgo, y iii. Mitigación del riesgo. (Sheffi, 2005). Propone posibles modos de falla del sistema una vez que este es afectado por un evento disruptivo: Falla en el suministro, falla en la demanda, falla en el transporte, falla en las instalaciones, falla en las comunicaciones y violación de la carga.

Para (Kopczak y Thomas, 2005), Logística Humanitaria es la planificación, ejecución y control del flujo y almacenamiento eficiente y rentable de bienes materiales, así como información relacionada desde el punto de origen al punto de consumo, con el fin de aliviar el sufrimiento de las personas vulnerables. Mayores detalles en Logística Humanitaria, se encuentra en los trabajos desarrollados por (Christopher y Tatham, 2011), (Kovács y Spens, 2007). (Pettit, et al., 2011), (Thomas y Kopczak, 2005), (Van Wassenhove, 2006), (Altay y Green, 2006), (Pettit y Beresford, 2005), (Lee y Zbinden, 2003), (Thomas, 2003), (Cottrill, 2002), (Nisha de Silva, 2001), solo por mencionar algunos.

Para llevar a cabo las actividades en cada una de las etapas del periodo de duración de un desastre, los investigadores y profesionales se han apoyado de métodos y herramientas

que les permitan modelar las condiciones reales para mitigar su impacto. Actualmente se han desarrollado diferentes metodologías que permiten evaluar el riesgo en la cadena de suministro y específicamente para logística humanitaria, siendo éstas de carácter cualitativo, cuantitativo e híbridos.

Las técnicas cualitativas están basadas en el proceso de estimación y en las opiniones de expertos, son específicas de casos particulares y, por lo tanto, cualquier generalización es poco común. El análisis What-if y el análisis de tareas son algunas de las metodologías populares (Reniers et al., 2005). (Kontogiannis, 2003). Por otro lado, los enfoques cuantitativos utilizan funciones/expresiones matemáticas para estimar el riesgo, donde su evaluación cuantitativa en algunas ocasiones es determinada desde una matriz de decisión (Van der Voort et al., 2007), (Henselwood y Phillips 2006). Finalmente, las técnicas híbridas son inherentemente complejas ya que combinan elementos de diferente naturaleza. Algunos de los enfoques más populares son el análisis de árbol de fallas (Haines, 2009), y análisis de árbol de eventos (Beim y Hobbs 1997).

Los métodos cuantitativos, como se mencionó anteriormente, permiten determinar valores para evaluar el riesgo. Algunos de estos métodos son desarrollados por autores como: (Georgakakos, K. 1986). quien generalizó el pronóstico de inundaciones y tormentas repentinas a través de un modelo dinámico-estocástico para eventos hidrometeorológicos. (Dutta, D. et al., 2003). Proponen un modelo matemático para estimar

las pérdidas económicas en inundaciones, el cual es probado a través de simulaciones. (Madsen, y Jakobsen, 2004). Desarrollaron un modelo de pronósticos para determinar la intensidad de las tormentas causadas por ciclones con base en la presión del aire y la velocidad del viento, probando los resultados a través de simulaciones realizadas. (Greiving et al., 2006), formulan una metodología para la evaluación de riesgos integrando la peligrosidad de los eventos naturales. (Koutsoyiannis et al., 2007), muestran un enfoque estocástico para determinar la incertidumbre en futuras predicciones hidroclimáticas comparando escenarios probabilísticos (Jiang et al., 2009), aplicaron matemáticas difusas para evaluar el riesgo de inundaciones (Jonkman et al., 2008) utilizaron Sistemas de Información Geográfica (GIS) para estimar el daño económico causado por inundaciones en Holanda. (Jonkman et al., 2008), exponen un método que toma en cuenta la pérdida de vidas en inundaciones y las posibilidades de evacuación de la población en estos eventos (Papalexiou et al., 2011) como resultado de un análisis estocástico, generan un modelo que representa todos los eventos de lluvia bajo patrones similares realizaron un modelo cuantitativo para evaluar el riesgo de tifones que desencadenan fuertes lluvias en tierra.

El uso de Análisis Multicriterio utilizado por (Ball et al., 2012) para medir la vulnerabilidad, muestra la aplicación de nuevas metodologías (Gain y Hoque, 2013) usaron ArcGIS, para evaluar el riesgo de inundaciones (Huang et al., 2013) desarrollaron un modelo a través del Análisis Envolvente de Datos (DEA) para

clasificar la vulnerabilidad (Soneye, 2014) muestra una visión general la cadena de suministro para proporcionar ayuda humanitaria a víctimas de desastres continuos por inundaciones en Lagos, Nigeria. Al igual que (Pedrozo-Acuña et al., 2014) quienes diseñaron un modelo de simulación para medir el riesgo de inundaciones extremas en México (Jayawardena, 2015) expone un modelo cuantitativo para determinar las causas y efectos de eventos naturales y proponer medidas de mitigación del riesgo a través de pronósticos y lógica difusa (Manopiniwes y Irohara, 2016) proponen un modelo de programación lineal mixta con estocasticidad para apoyar a los tomadores de decisiones en las etapas de pre y post desastre de la cadena de suministro afectada por eventos naturales (Lee et al., 2017) estimaron el costo del daño causado por desastres naturales en Corea a través de un análisis de regresión Apel et al. (2006) presenta un modelo probabilístico para la evaluación del riesgo de inundaciones (Paul, y Sharif, 2018) analizaron el daño causado por desastres hidrometeorológicos en Texas, U.S.A, a través del uso de pronósticos con información estadística de 1960 a 2016 (De-León-Escobedo et al., 2018) propusieron un modelo probabilístico para mitigar el deslave de pendientes durante tormentas fuertes (Yves Hategekimana, et al., 2018) utilizaron análisis jerárquico multicriterio con lógica difusa (Liu et al., 2018) nos muestran una revisión de literatura sobre los avances realizados en la evaluación del riesgo de tormentas repentinas en China.

Desde una perspectiva generalizada y tomando como base la formulación de

(Giupponi et al., 2013), el riesgo es calculado en función de tres variables:

$$R = f(H, V, E) \quad (\text{Melching, C. y Pilon, P. 2006}).$$

Donde:

H: nivel de peligrosidad del evento (Hazardous: P/E – physical / ambiental)

V: nivel de vulnerabilidad del área que afecta (Vulnerability)

E: exposición del área afectada (Exposure)

R: representa el riesgo evaluado en función de las variables.

Lo anterior nos muestra la variedad de métodos utilizados para la evaluación y estimación del riesgo de eventos naturales, especialmente para eventos hidrometeorológicos. Considerando que el objetivo de este documento es mostrar el impacto que estos eventos tienen en México a través del uso del análisis estadístico, la siguiente sección muestra el análisis realizado con base en información oficial publicada por CENAPRED en su reporte socioeconómico de 2015.

EXPOSICIÓN

Un primer acercamiento al análisis cuantitativo del riesgo es el análisis estadístico de la información histórica de los eventos ocurridos en una región. En este apartado se describe un panorama económico de los eventos ocurridos en México durante los últimos años, centrandolo en la investigación en los

eventos hidrometeorológicos, lo que permite comentar la importancia de evaluar el riesgo de estos eventos con base en los resultados de las estadísticas reportadas

El Centro Nacional de Prevención de Desastres en México (CENAPRED) es el organismo gubernamental que tiene como misión “salvaguardar en todo momento la vida, los bienes e infraestructura de las y los mexicanos a través de la gestión continua de políticas públicas para la prevención y reducción de riesgos de desastres...” (CENAPRED, 2019) esta institución con el fin de analizar detalladamente los efectos de cada evento hidrometeorológico que ha ocasionado daños en nuestro país, ha tenido a bien clasificar estos eventos de la siguiente forma: lluvias e inundaciones, ciclones tropicales, temperaturas extremas, sequías y otros fenómenos hidrometeorológicos (tormentas severas y fuertes vientos). En el año 2005 México ocupó el séptimo lugar en la lista mundial de países afectados por desastres naturales, considerando los desastres hidrometeorológicos los de mayor incidencia (CENAPRED, 2014).

Los tipos de desastre con mayor afectación a la población en México en el periodo 2000-2011 fueron tormentas, inundaciones y sismos, habiendo generado un total de 7'373,904 personas afectadas (WHO, 2011). Estadísticas reportadas por WHO en colaboración con el CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) muestran que el número de personas fallecidas debido a inundaciones durante el periodo comprendido de 1900 a 2011 es de 3,586. (CENAPRED, 2019) en su informe

socioeconómico anual, muestra que el 96.2 por ciento de daños y pérdidas calculados corresponden en primera instancia, a fenómenos hidrometeorológicos (17,110 millones de pesos), seguido por los geológicos con 1.4 por ciento (246.9 millones de pesos), también con 1.4 por ciento (245.6 millones de pesos) los de origen químico. En lo que concierne a los fenómenos hidrometeorológicos 44 por ciento del impacto en términos de daños y pérdidas, corresponde a lluvias fuertes, mientras que 28.4 por ciento a ciclones tropicales. En el tercer sitio se situaron las inundaciones con 18.4 por ciento de afectaciones provocadas por este fenómeno.

Por otro lado, (Abeldaño y González, 2018) basados en información obtenida de la base de datos International Disaster Database (EM-DAT) que mantiene el Centre de Recherche sur l'Epidémiologie des Desastres de L'École de Santé Publique de l'Université Catholique de Lovaina, en Bélgica, muestran que de un total de 219 desastres registrados en la base de datos durante el periodo 1900 a 2016, 31.1 por ciento fue de origen tecnológico y el 68.9 por ciento es de tipo natural. Los desastres meteorológicos y los hidrológicos son los de mayores pérdidas económicas, registrando un total de 35,322 millones de dólares.

CENAPRED clasifica como eventos hidrometeorológicos los siguientes eventos:

- Bajas temperaturas
- Ciclón tropical
- Fuertes vientos
- Tormenta severa o granizada
- Tornado

- Inundación
- Lluvias
- Marea de tormenta
- Sequía
- Heladas
- Temperaturas extremas

La Tabla 1 muestra la suma de las pérdidas económicas por año en México del periodo (2000-2015). Pérdidas causadas por eventos hidrometeorológicos clasificados (CENAPRED, 2019).

Tabla 1: Pérdidas económicas por eventos Hidrometeorológicos en México (2000 -2015)

Año	No. de eventos por año	Pérdidas (Millones de DLS)
2000	34	157.27
2001	12	278.71
2002	133	1,123.96
2003	177	1,050.18
2004	180	62.78
2005	129	4,148.66
2006	166	401.20
2007	164	33.14
2008	221	1,234.03
2009	166	1041.35
2010	157	5,903.92
2011	225	3,189.72
2012	172	1,116.42
2013	153	4,422.13
2014	165	2,103.06
2015	165	1,060.18

Elaboración propia, fuente de datos CENAPRED (2019)

De los datos en la Tabla 1 se aprecia que el año con mayores pérdidas económicas fue el

año 2010, con aproximadamente 6,000 millones de dólares; el año en el que se presentó un mayor número de eventos es 2011 con 225 eventos, los datos fueron calculados de información publicada por (CENAPRED, 2019).

La Figura 1 indica la tendencia de las pérdidas económicas causadas por eventos hidrometeorológicos en México, durante el periodo de 2000 a 2015.

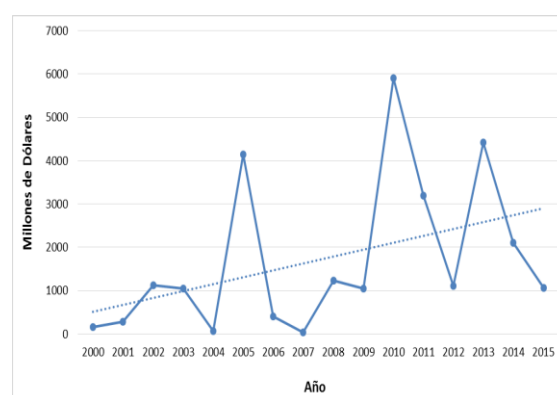


Figura 1: Análisis de tendencia de pérdidas económicas en México durante los años 2000 – 2015. Elaboración propia, fuente de datos CENAPRED (2019)

La Figura 1 muestra un incremento a lo largo de los años con un promedio anual aproximado de 2,300 millones.

La Figura 2 indica la tendencia de ocurrencia de eventos hidrometeorológicos en México, durante el periodo de 2000 a 2015.

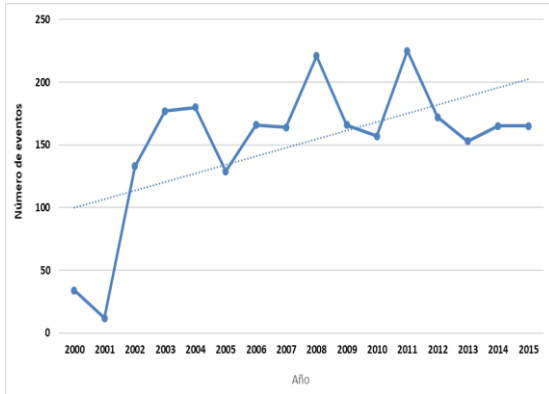


Figura 2: Análisis de tendencia del número de eventos hidrometeorológicos ocurridos en México durante los años 2000 – 2015. Elaboración propia, fuente de datos CENAPRED (2019)

La Figura 2 muestra un incremento a lo largo de los años, con un promedio anual aproximado de 201 eventos.

DISCUSIÓN

Las tendencias que se muestran tanto para el número de eventos como para las pérdidas económicas son crecientes, sin embargo, debido al número de datos que se tienen no es posible pronosticar un intervalo de tiempo con un nivel de confianza aceptable. Dado lo anterior, se calculó el coeficiente de correlación entre el número de eventos por año y las pérdidas obtenidas por año, para identificar el grado de dependencia de las variables, donde se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.21, el cual expresa que el sentido de variación del número de eventos por año hace que las pérdidas incrementen en un 0.21, con una relación directa. Si los eventos disminuyen, las pérdidas disminuyen. Es importante mencionar que la relación de crecimiento de las pérdidas es débil dado el pequeño valor del coeficiente de correlación obtenido.

Las estadísticas proporcionadas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2019) y (Abeldaño y González, 2018), sobre el impacto socioeconómico que los eventos naturales, sobre todo los hidrometeorológicos, tienen en el desarrollo del país, nos lleva a reflexionar sobre la relevancia de los efectos que este tipo de eventos causan en el bienestar de la población y en los sectores tanto económico como ambiental del país. Concluyendo, que las acciones realizadas al momento requieren de mayor fortalecimiento a través del diseño, desarrollo e implementación de nuevos enfoques que valoren el riesgo en Cadena de Suministro y Logística Humanitaria para este tipo de eventos.

CONCLUSIONES

Los desastres naturales son una causa importante en la disrupción de la cadena de suministro, debido a los efectos que estos tienen en los diferentes sectores de la región afectada.

La revisión de literatura realizada y el análisis de las estadísticas desarrollado sobre desastres naturales en México, muestran la magnitud y relevancia del tema, así como la preocupación que expertos, investigadores, entidades gubernamentales, organismos no gubernamentales y organismos internacionales tienen, por desarrollar metodologías que permitan evaluar el riesgo, así como proponer alternativas para disminuir los efectos de los eventos y acelerar la resiliencia en las áreas afectadas, ya que su efecto se ve reflejado directamente en el daño

humano, la economía del país y del medio ambiente. Del análisis realizado con información obtenida de CENAPRED, sobre las pérdidas económicas y los eventos ocurridos del periodo de 2000 a 2015, se observa que las tendencias en ambos casos son crecientes y que el coeficiente de correlación que tienen las pérdidas económicas con respecto a los eventos hidrometeorológicos es positivo (0.21).

Por lo anterior, es de vital importancia desarrollar estrategias para prevenir y mitigar los desastres causados por eventos hidrometeorológicos en México, así como trabajar en conjunto con los sectores productivos y los diferentes niveles gubernamentales en beneficio de la población tanto urbana como rural.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido apoyada por Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT), a través del Programa de Becas de Estancias Posdoctorales para Fortalecer la Calidad de los Posgrados Nacionales 2019(2), quién otorgó una beca a la Dra. Lourdes Loza Hernández para llevar a cabo su estancia en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Autónoma del Estado de México.

REFERENCIAS

Abeldaño, Z.R.A. y González, V.A.M. (2018). Desastres en México de 1990 a 2016: patrones de ocurrencia, población afectada y daños económicos. *Rev Panam Salud Pública.* ;42: e55. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.55>.
Altay, N. y Green, W. G. (2006). OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 175 (1), p. 475–

493.

Apel, H., Thieken, A.H., Merz, B., y Blöschl, G. (2006). A probabilistic modelling system for assessing flood risks. *Natural Hazards*, Springer 38: 79–100. Doi: 10.1007/s11069-005-8603-7.

Ball, T., Black, A., Ellis, R., Hemsley, L., Hollebrandse, F., Lardet, P., y Wicks, J. (2012). A new methodology to assess the benefits of flood warning. *The Chartered Institution of Water and Environmental Management Journal of Flood Risk Management*. DOI: 10.1111/j.1753-318X.2012.01141.x.

Barnes, P. y Oloruntoba, R. (2005). Assurance of Security in Maritime Supply Chains: Conceptual Issues of vulnerability and Crisis Management. *Journal of International Management* 11 (4).

Beim, G. K. y Hobbs B. F. (1997). Event tree analysis of lock closure risks. *Journal of Water Resources Planning and Management ASCE*, 123, 137:e198.

Birkmann, J. (2006). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: conceptual frameworks and definitions. *United Nations University-Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS)*, Tokyo, p 9–54. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6975.2010.01389.x>.

Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P., y Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Nat Hazards* 67: p.193–211. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>.
Accesada en: Enero de 2019.

CENAPRED, Centro Nacional de Prevención de Desastres (2014). *Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*. Secretaría de Gobernación. México. Versión electrónica.

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) (2019). *Impacto socioeconómico 2000 - 2015*. Secretaría de Gobernación. <https://datos.gob.mx/busca/organization/cenapred>.

- Accesada en: septiembre 11, 2019.
- Christopher, M. (2003). "Creating Resilient Supply Chains: a Practical Guide", Cranfield University School of Management. ISBN 1-861941-02-1 (<http://www.som.cranfield.ac.uk/> - September 2006)
- Christopher, M. y Tatham, P. (2011). Introduction. In M. Christopher & P. Tatham (Eds.), *Humanitarian logistics. Meeting the challenge of preparing for and responding to disasters* :p. 1–14. London: Kogan Page.
- Chuan, N. C., Thiruchelvam, S., Ghazali, A., Nasharuddin, K. M., Sabri, R. M., Jin, N. Y., Norkhairi, F. F., y Yahya, N. (2018). A review of key activities in hydro meteorological disaster management. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.35) (2018) 839-843.
- Cottrill, K. (2002). Preparing for the worst. *Traffic World*, 266 (40), p.15.
- Day, J. M., Melnyk, S. A., Larson, P. D., Davis, E. W., y Whybark, D. C. (2012). Humanitarian and disasters relief supply chains: a matter of life and death. *Journal of Supply Chain Management*, 48 (2).
- Dewan, A. M. (2013). *Floods in a megacity: geospatial techniques in assessing hazards, risk and vulnerability*. First edition. Springer Geography. ISBN 978-94-007-5874-2 ISBN 978-94-007-5875-9 (eBook).
- De-León-Escobedo, D., Delgado-Hernández, D. J., y Pérez, S. (2018). Optimal Mitigation of Slopes by Probabilistic Methods. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Geotechnical and Geological Engineering*. 12 (3).
- Dutta, D., Herath, S., y Musiaka, K. (2003). A mathematical model for flood loss estimation. Elsevier Science B.V. All rights reserved. *Journal of Hydrology* 277: p.24–49. Doi: 10.1016/S0022-1694(03)00084-2 *Journal*.
- Gain, A.K. y Hoque, M.M. (2013). Flood risk assessment and its application in the eastern part of Dhaka City, Bangladesh. *Journal Flood Risk Management* 6, p.219–228.
- Georgakakos, K. P. (1986). Generalized Stochastic Hydrometeorological Model for Flood and Flash-Flood Forecasting 1. Formulation. *Water Resources Research*, 22 (13). p.2083-2095.
- Giupponi, C., Mojtahed, V., Gain, A.K., y Balbi, E. (2013). Integrated Assessment of Natural Hazards and Climate Change Adaptation: I. The KULTURisk Methodological Framework. Department of Economics of the Ca' Foscari University of Venice. Electronic copy available at: <http://ssrn.com/abstract=2233310>.
- Greiving, S., Fleischhauer, M., y Lückenköter, J. (2006). A Methodology for an integrated risk assessment of spatially relevant hazards, *Journal of Environmental Planning and Management*, 49 (1), p.1-19, DOI: 10.1080/09640560500372800.
- Haimes, Y. Y. (2009). *Risk modeling, assessment, and management* (3rd Ed.). A John Wiley & Sons Inc. Publication, ISBN 978-0-470-28237-3.
- Henselwood, F. y Phillips, G. (2006). A matrix-based risk assessment approach for addressing linear hazards such as pipelines. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19 (5), p.433: e441.
- Huang, J., Liu, Y., Ma, L., y Su, F. (2013). Methodology for the assessment and classification of regional vulnerability to natural hazards in China: the application of a DEA model. Springer Science+Business Media B.V. 2012. *Nat Hazards* 65: p.115–134. DOI 10.1007/s11069-012-0348-5
- Jayawardena, A. W. (2013). Hydro-meteorological disasters: Causes, effects and mitigation measures with special reference to early warning with data driven approaches of forecasting. ScienceDirect, IUTAM Symposium on the Dynamics of Extreme Events Influenced by Climate Change. *Procedia IUTAM* 17 (2015). p.3-12. Available online at www.sciencedirect.com.
- Jayawardena, A.W. (2015). Hydro-meteorological

- disasters: Causes, effects and mitigation measures with special reference to early warning with data driven approaches of forecasting. *Procedia IUTAM* 17. p.3-12 Doi: 10.1016/j.piutam.2015.06.003.
- Jha, A. K., Bloch, R., y Lamond, J. (2012). *Cities and flooding: a guide to integrated urban flood risk management for the 21st century*. The World Bank, Washington, DC.
- Jiang, W., Deng, L., Chen, L., Wu, J., y Li, J. (2009). Risk assessment and validation of flood disaster based on fuzzy mathematics. *Science Direct. Progress in Natural Science* 19. p.1419–1425.
- Jonkman, S.N., Bočkarjova, M., Kok, M., y Bernardini, P. (2008). Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands. Elsevier B.V., *Ecological Economics*, 66 (7). p. 7-9. Doi:10.1016/j.ecolecon.2007.12.022.
- Kontogiannis, T. (2003). A petri net-based approach for ergonomic task analysis and modeling with emphasis on adaptation to system changes. *Safety Science*, 41 (10), p.803–835.
- Kopczak, L. R. y Thomas, A. S. (2005). *From Logistics to Supply Chain Management: The Path Forward in the Humanitarian Sector*. Fritz Institute, California.
- Koutsoyiannis, D., Efstratiadis, A., y Georgakakos, K. P. (2007). Uncertainty Assessment of Future Hydroclimatic Predictions: A Comparison of Probabilistic and Scenario-Based Approaches. *Journal of Hydrometeorology*, 8, p.261-281. DOI: 10.1175/JHM576.1.
- Kovács, G. y Spens, K. M. (2007). Humanitarian logistics in disaster relief operations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 37 (2), p.99–114.
- Lee, H. W. y Zbinden, M. (2003). Marrying logistics and technology for effective relief. *Forced Migration Review*, 18, p.34–35.
- Lee, M.; Hong, J. H., y Kim, K.Y. (2017). Estimating Damage Costs from Natural Disasters in Korea. *Natural Hazards Review*, 18 (4): 04017016.
- Liu, C., Guo1, L., Ye L., Zhang, S., Zhao, Y., y Song, T. (2018). A review of advances in China's flash flood early-warning system *Natural Hazards*, Springer, 92: p.619–634. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3173-7>.
- Madsen, H. y Jakobsen, F. (2004). Cyclone induced storm surge and flood forecasting in the northern Bay of Bengal. *Coastal Engineering*, 51: p.277–296.
- Manopiniwes, W. y Irohara, T. (2016). Stochastic optimization model for integrated decisions on relief supply chains: preparedness for disaster response. *International Journal of Production Research* <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2016.1211340>.
- McCormack, K., Wilkerson, T., Marrow, D., Davey, M., Shah, M., y Yee, D. (2008). *Managing Risk in Your Organization with the SCOR Methodology*. The Supply Chain Council Risk Research Team.
- Melching, C. S. y Pilon, P. J. (2006). *Comprehensive risk assessment for natural hazard*. World Meteorological Organization WMO/TD No. 955. United States of America.
- Navia, F. M. y Ferreira, T. M. (2018). A simplified approach for flood vulnerability assessment of historic sites. Springer Nature B.V. *Natural Hazards*, <https://doi.org/10.1007/s11069-018-03565-1>.
- Nisha de Silva, F. (2001). Providing special decision support for evacuation planning: A challenge in integrating technologies. *Disaster Prevention and Management*, 10 (1), p.11–20.
- Papalexioiu s., Koutsoyiannis, D., y Montanari, A. (2011). Can a simple stochastic model generate rich patterns of rainfall events? *Journal of Hydrology* 411: p.279–289. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.10.008.
- Paul, S.H. y Sharif, H.O.(2018). Analysis of Damage Caused by Hydrometeorological Disasters in Texas, 1960–2016. *Geosciences* , 8, p.384; Doi: 10.3390/geosciences8100384 www.mdpi.com/journal/geosciences.
- Pedrozo-Acuña, A., Mejía-Estrada, P.I., Rodríguez-Rincón, J.P., Domínguez Mora, R., y González-Villareal, F. (2014). Flood Risk from Extreme Events

in Mexico. Water Resource Management Commons. 11th International Conference on Hydroinformatics HIC, New York City, USA. City University of New York (CUNY), CUNY Academic Works.

http://academicworks.cuny.edu/cc_conf_hic.

Pettit, S., Beresford, A., Whiting, M., y Banomyong, R. (2011). The 2004 Thailand tsunami reviewed: Lesson learned. In M. Christopher & P. Tatham (Eds.) Humanitarian logistics. Meeting the challenge of preparing for and responding to disasters (p.103–119).

Pettit, S. J. y Beresford, A. K. C. (2005). Emergency relief logistics: An evaluation of military, non-military, and composite response models. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 8 (4), p.313–331.

Rashed, T. y Weeks, J. (2003). Exploring the spatial association between measures from satellite imagery and patterns of urban vulnerability to earthquake hazards. *Int. Arch Photogram Remote Sens Spat Inf. Sci.* XXXIV-7(W9): p.144–152.

Reniers, G., Dullaert, W., Ale, B., y Soudan, K. (2005). Developing an external domino accident prevention framework: Hazwim. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18 (3), p.127–138.

Sheffi, Y. (2005). *The Resilient Enterprise. Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage. Effects of Disruptions.* Massachusetts Institute of Technology, U.S.A.

Smith, K. y Petley, D. N. (2009). *Environmental hazards assessing risk and reducing disaster.* Fifth Edition, Ed. Routledge, Taylor and Francis Group, London and New York. ISBN 0-203-88480-9.

Soneye, A. (2014). "An overview of humanitarian relief supply chains for victims of perennial flood disasters in Lagos, Nigeria (2010-2012)". *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 4 (2) p. 179-197. Permanent link to this document:

<http://dx.doi.org/10.1108/JHLSCM-01-2014->

[0004](#).

Thomas, A. (2003). Why logistics? Forced Migration Review, 18, p.4.

Thomas, A. y Kopczak, L. (2005). From logistics to supply chain management: The path forward in the humanitarian sector, white paper, Fritz Institute, San Francisco, CA.

UNESCO (United Nations Education, Scientific, and Cultural Organization) (2018). *Hydrometeorological Hazards. Disaster Risk Reduction.* Natural Sciences. United Nations Education, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO). Available online:

<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/special-themes/disaster-risk-reduction/natural-hazards/hydro-meteorological-hazards/>. Accesada en: Octubre 31, 2019.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) (2009a). Terminology on disaster risk reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, Switzerland. http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) (2009b). *Second Global Platform on Disaster Risk Reduction, Geneva: Concluding Summary by the Platform Chair.* United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, Switzerland.

Van der Voort, M. M., Klein, A. J. J., De Maaijer, M., Van den Berg, A. C., Van Deursen, J. R., y Versloot, N. H. A. (2007). A quantitative risk assessment tool for the external safety of industrial plants with a dust explosion hazard. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20 (4), e6, 375e386.

Van Wassenhove, L. N. (2006). Blackett memorial lecture. Humanitarian aid logistics: Supply chain management in high gear. *Journal of the Operational Research Society*, 57 (5), p.475–489.

Van Westen D., Alkema, D., Damen, M.C.J., Kerle, N., y Kingma N.C. (2011). *Multi-hazard risk assessment.* Guide book. First edition. United

Nations University – ITC School on Disaster Geoinformation Management (UNU-ITC DGIM).
Wang, J.J. y Ling, H.I. (2011). Developing a risk assessment model for typhoon-triggered debris flows. Science Press and Institute of Mountain Hazards and Environment, J. Mt. Sci. 8: p.10–23.
DOI: 10.1007/s11629-011-2065-z.
WHO Collaborating Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) (2011). Yves Hategekimana, Y., Yu1, L., Nie, Y., Zhu, J., Liu, F., y Gu, F. (2018). Integration of multi-parametric fuzzy analytic hierarchy process and GIS along the UNESCO World Heritage: a flood

hazard index, Mombasa County, Kenya. Nat Hazards Springer Science+Business Media B.V., part of Springer Nature 92: p.1137–1153.
<https://doi.org/10.1007/s11069-018-3244-9>.

Zanuttigh, B. y Quevauviller, P. (2015). Features common to different hydrometeorological events and knowledge integration. Hydrometeorological hazards, interfacing science and policy. Department of Hydrology and Hydrological Engineering Brussels, Belgium. First edition. John Wiley & Sons, Ltd. Wiley Blackwell.

ELABORACIÓN UN INVENTARIO PARA UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE AUTOBUSES DE AUTOTRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS CON BASE EN EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA DE REFACCIONES

ELABORATION OF AN INVENTORY FOR A PROGRAM OF MAINTENANCE OF URBAN BUSES FOR URBAN PASSENGERS BASED ON THE FORECAST OF THE DEMAND FOR SPARE PARTS

Mariana Vargas Sánchez, José Concepción López Rivera
Departamento de posgrado, Facultad de ingeniería,
Universidad Autónoma del estado de México, 50100, Toluca, México.
mariana_v_sanchez@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0536-9109>

RESUMEN

La carencia de un adecuado programa de mantenimiento en una empresa de autotransporte ocasiona diversos inconvenientes, como incomodidad en la prestación del servicio, incumplimiento de horarios y vehículos inactivos y, de manera especial, la posibilidad de accidentes, todo lo cual repercute en una disminución de la rentabilidad, por los costos que ocasiona y las pérdidas económicas generadas por los viajes suspendidos.

En el presente trabajo, actualmente en desarrollo, se propone determinar las necesidades de mantenimiento para las unidades de autotransporte de una empresa del ramo; estas necesidades serán expresadas en una demanda de mantenimiento que indicará los puntos específicos a atender, los momentos en que la correspondiente tarea debe realizarse y las refacciones que deben proveerse.

Se trata de generar un programa de mantenimiento a partir de información sobre la demanda. Para efectos del presente trabajo, solamente se atenderá lo correspondiente al rubro de las necesidades de refacciones, es decir, el inventario.

Debido al amplio número de refacciones que contiene una unidad vehicular, el análisis se concentrará en un número limitado de ellas, de acuerdo con métodos como ABC y VED.

Para la determinación de la demanda de mantenimiento, se requiere del empleo de pronósticos de la misma, sustentados en la vida útil de las refacciones que se incluirán en el trabajo.

Esta propuesta tiene el propósito de reducir los costos en este apartado, incrementando la disponibilidad de las refacciones de los vehículos cuando sean requeridas, pero sin que se deban tener inventarios innecesariamente abundantes.

Palabras clave: Programa de mantenimiento; Demanda; Pronóstico; Inventario.

ABSTRACT

The lack of an adequate maintenance schedule in a transportation company might bring to many inconveniences, such as discomfort in the provision of the service, non-compliance of schedules and vehicle inactivity, and, specially, to the possibility of accidents, all of the aforementioned have an impact of decrease in the profitability, for the costs that it causes and the economic losses because of the not given services.

In the present work, that in this moment is still in process, it is proposed to determine the maintenance needs for the transportation units of a company of this kind, the needs are expressed in a maintenance demand that indicates the specific points that must be addressed, moments in which the corresponding task must be carried out and the spare parts that must be provided.

It is possible to generate a whole maintenance schedule based on demand information, for the purposes of this work, only what corresponds to the needs of spare parts will be met, that is, the inventory.

Due to the large number of spare parts that a vehicle unit contains, the analysis will focus on a limited number of them, according to methods such as ABC and VED.

For the determination of the maintenance demand, the use of forecasts is required, they should be based on the useful life of the parts that will be included in the work.

This proposal has the purpose of reducing costs in this area, increasing the availability of vehicle parts when required, but without unnecessarily abundant inventories.

Keywords: Maintenance schedule; Demand; Forecast; Inventory.

Recibido: 15 de Septiembre de 2019

Aceptado: 9 de Noviembre de 2019

Publicado: 30 de Junio de 2020

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con estadísticas de la SCT, en el año 2017 por el servicio de pasajeros se movilizaron 3,034,820 personas y por el servicio de autotransporte de carga se transportaron 546,588 toneladas; para el año 2018 aumentaron las cifras antes mencionadas a 3,093,860 pasajeros y 556,411 toneladas (SCT, 2018).

Debido a la gran cantidad de personas que atiende la industria del autotransporte de pasajeros, se deben tener empresas bien organizadas y administradas que proporcionen un servicio eficiente y, sobre todo, seguro.

Sin embargo, cuando se crearon estas empresas no se estructuraron desde su inicio con una organización sólida, eficiente y con lineamientos concebidos para una operación de calidad con seguridad y economía; por el contrario, en el trayecto o evolución de las mismas, se rompieron dichos lineamientos y se perdieron las pocas cualidades que poseían (Sánchez y Romero, 2010), dando como resultado que, en la actualidad, se presenten diferentes problemáticas que aquejan a las empresas de esta índole.

De manera general algunos de los problemas que se presentan son: falta de capacitación del personal táctico y operativo; falta de visualización a nivel estratégico para la mejora continua; el mantenimiento de las unidades no

tiene una programación adecuada o constante; no suele haber una estandarización de unidades vehiculares, lo que representa una mayor dificultad en cuanto a su mantenimiento e inventario de refacciones; existen unidades con una antigüedad mayor a 10 años que siguen circulando, de acuerdo con la SCT. (AMDA, 2006).

Uno de los aspectos más importantes para brindar un buen servicio de transporte es el relativo a las tareas de mantenimiento.

Se entiende por mantenimiento al “conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un bien en un estado específico o en la medida de asegurar un servicio determinado” de acuerdo con la definición de AFNOR, NF X 60-010, (Bouzoubaa et al., 2016).

El programa de mantenimiento, que se refiere a las actividades a realizar y al momento de su ejecución, es fundamental para elaborar el plan de mantenimiento que comprende, además, el equipo, el personal, las instalaciones y los recursos en general, que se necesitan para ello.

La carencia de un adecuado plan de mantenimiento ocasiona una serie de inconvenientes que repercuten finalmente en la rentabilidad de las empresas; es por ello necesario que éstas cuenten con un programa de mantenimiento que les permita realizar estas tareas de manera planeada y ordenada.

Requisito indispensable para un adecuado plan de mantenimiento, es el de que atienda las necesidades que surjan de manera oportuna, eficiente y con el menor costo posible, independientemente de que se opte por políticas de mantenimiento preventivo o correctivo.

Para lograr lo anterior, es necesario disponer de un pronóstico de la demanda que se apegue lo más posible a las futuras necesidades de mantenimiento que se presenten a lo largo del periodo u horizonte de planeación. La necesidad de proyecciones de la demanda es un requerimiento general a lo largo del proceso de planeación y control. (Ballou, 2004).

Para instrumentar un plan de mantenimiento, los requerimientos de personal, equipo, instalaciones, refacciones, entre otros, deben disponer de su propia programación, pero es evidente que el punto de partida es el programa de mantenimiento que señala qué hacer y cuándo hacerlo.

Por lo señalado, el propósito del presente trabajo es elaborar un programa de mantenimiento para una empresa de autotransporte urbano de pasajeros acorde al pronóstico de la demanda de refacciones.

Para ello se propone generar el pronóstico de la demanda de refacciones con base en la vida útil de las mismas, y a partir de él, desarrollar el programa de mantenimiento en función de esta demanda.

Hidalgo en su propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento para una flota vehicular, (Hidalgo, 2010) indica que para llevar a cabo una administración eficaz del mantenimiento se debe realizar su planeación, programación, establecimiento de prioridades y procedimientos y el diseño de formatos adecuados.

Como lo abordan (Van Der Auweraer y Boute 2019), pronosticar la demanda de piezas de repuestos vinculándolas a la política de mantenimiento del servicio, permite aumentar la disponibilidad de piezas y al mismo tiempo limitar la inversión en inventarios.

Para la calidad y exactitud de los datos del pronóstico se tienen que hacer varias pruebas y cambios (Fogarty et al., 2007).

Debido a que una porción considerable del mantenimiento requiere de la sustitución de las refacciones que han llegado al término de su funcionalidad, un procedimiento para conseguir un pronóstico, requiere como elemento principal inicial, del conocimiento de las vidas útiles de las refacciones que se consideren relevantes para el correcto funcionamiento de las unidades de autotransporte.

Hidalgo recomienda que para determinar la vida útil de las refacciones se deben estudiar las Curvas de Davies. (Hidalgo, 2010)

Para tener información acerca de la vida útil de las refacciones, se requeriría disponer de registros que den cuenta de ellas desde que son instaladas hasta que se presenta su falla, información que, por lo general, no está disponible.

Beltrán y Orozco, proponen una metodología que consta de 3 fases para la elaboración de un plan de mantenimiento para una flota de vehículos. La primera fase define las características del parque automotor; la segunda fase describe el contexto operacional y el histórico de fallas, donde también se podrá generar información complementaria basada en la experiencia del personal, para ajustar el plan de tal manera que las probabilidades de mejora aumenten y, por último, la tercera fase consiste en la metodología propia del mantenimiento. (Beltrán y Orozco, 2007)

La coordinación entre el mantenimiento de las unidades vehiculares y el inventario de las refacciones que requiere cada una para su mantenimiento, es fundamental.

En la revisión de la literatura, en lo que refiere a los inventarios de refacciones, Do Rego y De Mesquita, concluyen que son necesarios e importantes en una empresa para el mantenimiento y reparación de productos finales, vehículos, máquinas industriales y equipos; sin embargo, ocasionan una gran cantidad de costos de almacenamiento. (Do

Rego y De Mesquita, 2011)

La falta de control de inventario de refacciones de una empresa de autotransporte, ocasiona que se tenga exceso o escasez de refacciones; en ambos casos, representa una pérdida monetaria. Cabe mencionar que el control de inventario está ligado con la parte operativa, es decir, una unidad requiere estar siempre en condiciones óptimas para brindar su servicio y para ello es conveniente que se cuente con lo necesario al momento de efectuar el mantenimiento (Haaz, S. 2014).

METODOLOGÍA

Las actividades programadas para cumplir el objetivo de este proyecto comenzaron, con la definición de los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo en la empresa de interés y el análisis de las actividades de mantenimiento de las unidades vehiculares. Las refacciones vehiculares han sido clasificadas por grado de importancia (vitalidad, seguridad, frecuencia de uso y costo), seleccionando las que se consideraron relevantes para el estudio y elaborando formatos para la recolección de los datos históricos del comportamiento de falla de cada una de las refacciones.

Con esta información se ha procedido a modelar la falla, ajustando los datos a distribuciones de probabilidad apropiadas estadísticamente, que se han empleado para la simulación de la falla de las refacciones, generando pronósticos de la demanda.

A partir de esta demanda expresada en requerimientos sobre el tiempo, se procederá a elaborar un programa de mantenimiento de las unidades vehiculares, según las políticas establecidas.

En particular se hará énfasis en la administración del inventario, empleando para ello programación matemática o algún modelo de inventario. Con estos modelos se determinarán las adquisiciones necesarias para cubrir la demanda, considerando costos por exceso de inventario, por penalizaciones y demás, y los tiempos de entrega de las refacciones.

El trabajo incluirá comparaciones entre

diversas políticas de mantenimiento considerando criterios de costo, rapidez de respuesta y otros.

RESULTADOS

Hasta el momento se ha recopilado información de refacciones consideradas de gran importancia por los propietarios de la empresa de autotransporte de pasajeros y de las cuales se desea saber el momento aproximado de su falla; cabe mencionar que aún se está recolectando información de diferentes refacciones.

Las refacciones de las que actualmente se está recolectando información son: embragues, cámaras de suspensión y balatas.

El pronóstico de la demanda de refacciones se generó mediante simulación empleando para ello una distribución exponencial negativa; sin embargo, todavía está en discusión la distribución que será empleada.

En la tabla 1 se muestran los resultados de una simulación, de una refacción (embrague) de un vehículo con una vida estimada de 54 meses.

Tabla 1. de pronóstico de falla

No. de refacción	NA	Z1	N (vida útil en meses)	Mes de falla
1	0.30539733	0.93720595	60	60
2	0.49803635	-0.85887797	47	107
3	0.63786456	0.52128662	57	164
4	0.59226785	0.29388635	56	220
5	0.01107548	1.51101459	65	285
6	0.4248615	0.64704282	58	343

Elaboración propia.

Para el presente proyecto, se ha considerado un horizonte de tiempo donde se presentan 5 fallas de la refacción que tarda más tiempo en fallar, para este caso el embrague, con el fin de percibir el momento del suceso y cambio de las fallas.

La tabla indica que el primer embrague colocado tiene una vida útil de 60 meses; el segundo, que se instala debido a la falla del primero, tendrá una vida de 47 meses y se cambiará en el mes 107 (tiempo acumulado). La interpretación es la misma para los

siguientes cambios de embrague.

El acumulado de los resultados anteriores para la totalidad de los vehículos constituirá la demanda total de esta refacción durante el horizonte de análisis.

La gráfica a continuación muestra la cantidad de refacciones (embragues) requeridas durante cada uno de los meses del horizonte. En este caso se acumula la demanda de 4 vehículos para su representación visual.

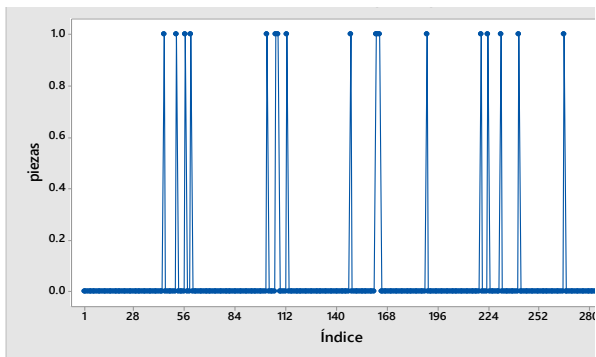


Figura 1. Gráfica que representa la demanda de refacciones mensual. Elaboración propia.

DISCUSIONES

El proyecto se enfoca en el diseño de un programa de inventario de refacciones que satisfaga la demanda del servicio de mantenimiento de autobuses. La demanda de refacciones se origina en las actividades de mantenimiento, y por lo tanto está relacionada con la cantidad de unidades que hacen uso de las refacciones, así como de la falla de las mismas y el plan de mantenimiento. (Van Der Auweraer y Boute, 2019)

Dado que el proceso de falla de las refacciones se considera un proceso de Poisson se ha considerado el empleo de diversas distribuciones de probabilidad tales como la exponencial negativa y la de Weibull.

Conocer la vida útil de las refacciones que se cambian por mantenimiento correctivo, es de gran importancia, para no caer en un exceso de inventario o, en el caso opuesto, que exista un desabasto, sobre todo en flotas grandes de autobuses donde cualquiera de las dos

situaciones involucra costos y pérdidas económicas de consideración.

CONCLUSIONES

Una empresa de autotransporte urbano de pasajeros se destaca por su cobertura y puntualidad; por ello es necesario que las unidades vehiculares siempre se encuentren en buenas condiciones de operación.

La empresa al realizar viajes continuos requiere de un correcto mantenimiento, para ofrecer sus servicios en tiempo y forma, conservando sus estándares de calidad e imagen.

Las acciones de mantenimiento deberán estar contempladas en un esquema o programa general de mantenimiento que especifique los tiempos en que debe proporcionarse y el personal y los recursos destinados a estos menesteres, todo ello a lo largo del periodo de planeación determinado.

Este trabajo sólo se está enfocando en el inventario de refacciones para el programa de mantenimiento de autobuses.

Debido a la gran cantidad de refacciones que contiene una unidad vehicular, el análisis se concentrará en un número limitado de ellas. De acuerdo con los métodos ABC y VED, se seleccionan las refacciones que pertenezcan a la intersección entre la clasificación A (alto valor) y V (Vital).

Determinar la vida útil de las refacciones que se encuentran en la intersección antes mencionada, generará la demanda con la cual se creará el programa de inventario para satisfacer los requerimientos de mantenimiento.

Al final de cuentas, la política de inventario que se escoja dependerá de los costos que impliquen al aplicarse; sin embargo, en ambos casos disminuye la posibilidad de inactividad de las unidades vehiculares y como consecuencia se reducen las pérdidas económicas.

REFERENCIAS

- AMDA,(2006). "Estructura del sector automotor en México," p. 32, .
- Ballou, R. H. (2004). "Logística: Administración de la cadena de suministro". Pearson Educación.
- Beltran J. y Orozco, O. (2014). "Propuesta de un plan de mantenimiento para aplicar a la flota de vehículos de la universidad autónoma del caribe." Caribe.
- Bouzoubaa, Z., Alami, J. E. L. y Soulhi, A. (2016). "Optimization of Maintenance Methods to Improve the Availability of the National Electrical Network,". 3 (1), p. 23–35.
- Do Rego J. R. y De Mesquita, M. A. (2011). "Spare parts inventory control: a literature review," p. 656–666.
- Fogarty, D. W., Blackstone, J. H. y Hoffmann, T. R. (2007). "Administración de la producción e inventarios," Segunda. México: Grupo editorial Patria, p. 92-135.
- Haaz, S. (2014). ÉNFASIS Logística, "Cadena Integral Administración de la supply chain,". 161, México, p. 28–34,
- Hidalgo Ochoa, I. T. (2010). "Propuesta de un modelo de gestión vehicular del consejo provincial de lojads,".
- Sánchez, Ó. y Romero, J. (2010). "Factores de calidad del servicio en el transporte público de pasajeros: estudio de caso de la ciudad de Toluca, México," Economía, Sociedad y Territorio, Toluca, p. 10, 49–80.
- SCT, "Estadística básica del autotransporte federal," (2018). [Online]. Available: http://www.sct.gob.mx/fileadmin/Direcciones/Grales/DGAF/EST_BASICA/EST_BASICA_2016/Estadística_Básica_del_Autotransporte_Federal_2017.pdf.
- Van Der Auweraer, S. y Boute, R. (2019). "Forecasting spare part demand using service maintenance information," Int.

PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN: ANÁLISIS DE LITERATURA Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

AGGREGATE PRODUCTION PLANNING: LITERATURE ANALYSIS AND STATE OF THE ISSUE

Victor Manuel Medina López, René Muciño Castañeda
Departamento de posgrado, Facultad de ingeniería UAEMex
Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria
Toluca, Estado de México, 50100, Mexico
vicc1203@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6429-5862>

RESUMEN

En el presente trabajo se revisa el estado de la cuestión de la planeación agregada de la producción, que se trata básicamente de establecer las tasas de producción y fuerza de trabajo necesarios por grupos de productos u otras categorías amplias de los mismos para satisfacer la demanda del cliente al menor costo, con el objetivo de analizar los cambios que se han dado a lo largo del tiempo en la forma de abordar este problema con base en las investigaciones publicadas acerca del tema, ya que se considera que este proceso de planeación es importante dentro de los procesos de producción al vincular los planes y objetivos estratégicos de las empresas con las actividades necesarias para cumplirlos, se analizan los trabajos de los diferentes investigadores que han publicado acerca del tema desde el tipo de aproximación que hacen, además de las variables y parámetros que consideran, ya que estos determinan la estrategia de planeación a la que se apega el modelo o método de solución propuesto para el problema de la planeación agregada de la producción aunque se mantiene la conciencia de que la frecuencia de un método, modelo o estrategia en la literatura no implica su importancia en el entorno productivo real. Este trabajo está enfocado principalmente en el estado de la cuestión de la planeación agregada de la producción en la última década, aunque como se mencionara con mayor detalle más adelante, es un tema que aparece en las revistas de divulgación científica alrededor de la década de los 50's.

Palabras clave: Planeación agregada; literatura; métodos; variables.

ABSTRACT

This paper reviews the state of the question of aggregate production planning, which basically deals with establishing the production rates and labor force required by product groups or other broad categories of products to satisfy customer demand at the lowest cost, in order to analyze the changes that have occurred over time in the way of addressing this problem based on published research on the subject, since it is considered that this planning process is important within the production processes by linking the strategic plans and objectives of the companies with the activities necessary to fulfill them, the work of the different researchers who have published on the subject is analyzed from the type of approach they make, in addition to the variables and parameters that they consider, since these determine the planning strategy to which the model or method of Proposed solution to the problem of aggregate production planning, although the awareness that the frequency of a method, model or strategy in the literature does not imply its importance in the real productive environment remains. This work is mainly focused on the state of the question of aggregate production planning in the last decade, although as it was mentioned in more detail later, it is a topic that appears in scientific magazines around the decade of the 50's.

Keywords: Aggregate planning; literature; methods; variables.

Recibido: 14 de Septiembre de 2019

Aceptado: 9 de Noviembre de 2019

Publicado: 30 de Junio de 2020

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es preparar el estado de la cuestión de la planeación agregada ya que este es un paso fundamental previo a la generación de nuevo conocimiento, por lo que se realiza la consulta de las publicaciones en revistas científicas de los años de 2010 a 2019 a fin de identificar tendencias avances y pendientes del tema. En principio de cuentas se aborda la problemática de la planeación agregada, se realiza un breve esbozo histórico analizando los principales puntos del tema, desde la ubicación de la planeación agregada dentro del área de estudio de la cadena de suministro a fin de determinar su importancia y aplicabilidad en diferentes situaciones.

Mediante la búsqueda de publicaciones en revistas de divulgación científica en motores de búsqueda como Google académico y otros, se procede a identificar los métodos que se han utilizado para abordar el problema de la planeación agregada, se considera importante identificar la forma en que se recopila la información, juega un papel central de este análisis la determinación de variables, los tipos de datos y su integración en los modelos aplicados.

Es pertinente aclarar que este trabajo no es concluyente y presenta solo algunas de las tendencias que se han detectado durante la recopilación de la información publicada referente al tema de la planeación agregada de la producción.

ANTECEDENTES

La planeación agregada de la producción que está enfocada en, establecer las tasas de producción, niveles de inventario y fuerza de trabajo necesarios por grupos de productos u otras categorías amplias de los mismos para satisfacer la demanda del cliente al menor costo, cuando dicha demanda está sujeta a condiciones de variabilidad por estacionalidad.

La planeación agregada ocurre en el nivel táctico y tiene efectos en el mediano plazo, múltiples autores sitúan este plazo entre los 3

y 18 meses, un periodo muy largo para la toma de decisiones de administración de la producción por unidad de control de inventario (*Stock keeping unit, SKU*) y muy corto para la toma de decisiones de la capacidad de instalaciones y maquinaria.

El proceso de planeación inicia en el lado de ventas, el plan de ventas generalmente se establece en unidades de grupos de productos agregados y, es conveniente que tome en consideración, programas de incentivos de ventas, promociones y otras actividades de mercadeo. El lado de operaciones desarrolla un plan de producción como una salida del proceso. Al centrarse en los volúmenes agregados de productos y ventas, las funciones de mercadeo y operaciones pueden desarrollar planes para la forma en que se satisfará la demanda, tarea particularmente difícil cuando hay que atender a cambios significativos en la misma a lo largo del tiempo como resultado de las tendencias del mercado u otros factores.

La agregación que básicamente consiste en agrupación con base en ciertos atributos, por el lado de la oferta se realiza por familias de productos, y por el lado de la demanda, por grupos de clientes. Los programas de producción de productos individuales y los pedidos de los clientes se pueden manejar más fácilmente como resultado del proceso de planificación de ventas y operaciones.

Normalmente, la planificación de ventas y operaciones se realiza en un ciclo mensual, esta vincula los planes estratégicos y el plan de negocios, planes a largo plazo, de una empresa con sus operaciones detalladas, planes a corto plazo, y procesos de suministro. Estos procesos detallados incluyen actividades de fabricación, logística y servicios.

Chopra define la planeación agregada como el proceso mediante el que una compañía puede determinar los niveles más adecuados de capacidad de producción, subcontratación, inventario, faltantes e incluso precios, durante un horizonte de tiempo específico (Chopra y

Meindl, 2013).

La tasa de producción es el número de unidades completadas por unidad de tiempo (por ejemplo, por hora o por día). El nivel de la fuerza laboral es el número de trabajadores necesarios para la producción (producción = tasa de producción × nivel de la fuerza laboral). El inventario disponible es el inventario de producto terminado o semiterminado (*Work In Process, WIP*) no utilizado que se ha transferido del período anterior.

La figura 1 contiene los factores más importantes a considerar en el proceso de planeación agregada, la mayor parte de estos son factores externos que se encuentran fuera del control de la empresa.

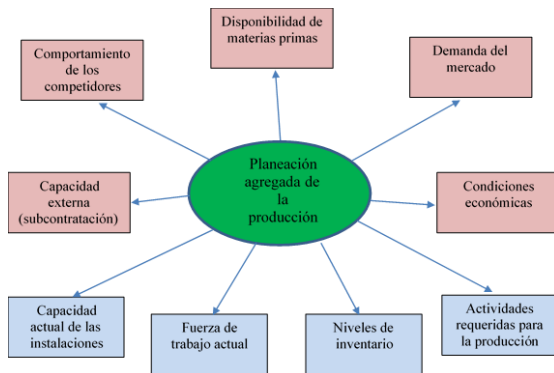


Figura 1 Factores que interfieren en la planeación agregada de la producción. (Jacobs. y Chase,2018).

Dado que el objetivo es la satisfacción del cliente al menor costo son parámetros requeridos para la planeación agregada los costos resultantes de los cambios en los niveles de producción de un periodo a otro, el principal costo relacionado con estos cambios es el de la variación del tamaño de la fuerza de trabajo, es importante que el impacto en la modificación del tamaño de la fuerza de trabajo puede ser negativo en la moral de los trabajadores y en la reputación de la empresa por lo que podría no ser viable al limitar a la larga la disponibilidad de mano de obra (Nahmias y Lennon, 2015), aun cuando la literatura menciona estrategias basadas justamente en la variación de la fuerza de

trabajo.

Los dos extremos en la planificación de la capacidad son el plan de inventario cero, también conocido como estrategia de persecución (*chase*), y el plan de fuerza laboral constante, también conocido como estrategia de nivel (*level*). Bajo el plan de inventario cero, la fuerza de trabajo se modifica cada mes para producir suficientes unidades para ajustarse al patrón de demanda. La capacidad se ajusta hacia arriba y hacia abajo (es decir, los trabajadores son contratados y despedidos) para lograr esta correspondencia. Según el plan de fuerza laboral constante, la capacidad se mantiene constante durante el período de planificación (es decir, no se contratan ni despiden trabajadores) y, en cambio, se mantiene el inventario entre períodos; la capacidad se establece al mínimo posible para garantizar que no haya escasez en ningún período.

La recopilación de artículos científicos publicados entre los años 2010 y 2019 se realizó en los motores de búsqueda usando “aggregate production planning” como palabras clave, encontrando publicaciones de revistas como *Computers & Industrial Engineering* e *International Journal of Production Research* entre otros, en la siguiente sección se presenta una breve muestra de lo encontrado en algunos de los artículos que abordan este tema.

EXPOSICIÓN

El problema de la planeación agregada de la producción aparece en revistas de divulgación científica a partir de la década de los 50's con trabajos como el de (Holt et al.,1955) que propone una regla de decisión para determinar la tasa de producción a un nivel agregado, así como le tamaño de la fuerza de trabajo necesaria para satisfacer la demanda del cliente y las fluctuaciones de dicha demanda al menor costo evaluando los costos de mantener inventario contra los costos de contratación y despidos necesarios para variar la fuerza de trabajo de acuerdo a lo requerido por la demanda en los periodos del horizonte de planeación, con el mismo

objetivo las publicaciones de Hoffman y Jacobs (Hoffman y Jacobs, 1954), así como Dantzig y Johnson (1955) presentan modelos que aplicaban programación lineal, específicamente modelos de transporte, para determinar la planeación de la producción que permitiera atender demandas conocidas, es justamente el supuesto de la demanda conocida la mayor debilidad de este tipo de modelos ya que no atienden a las variaciones inherentes a este factor en la realidad, de hecho Hoffman y Jacobs reconocen explícitamente que su modelo era un tanto ingenuo y poco aplicable a algunas industrias, pero que puede ser útil en otros casos.

Existen algunos autores que han criticado y cuestionado la utilidad de la planeación agregada como es el caso de Buxey (1990), que menciona el hecho de que para algunos tipos de industria existen factores operacionales o de costo que determinan de antemano la postura táctica de la empresa, por ejemplo tecnología demasiado costosa obliga a mantener una producción continua para mantener los costos fijos los más bajos que se pueda y al no haber flexibilidad de la producción la planeación de la producción toma formas específicas y es el rol del área de ventas y mercadeo el que se vuelve más proactivo dentro de la planeación de ventas y operaciones.

La incertidumbre suele ser un factor inherente a múltiples procesos dentro de las cadenas de suministro, específicamente en la planeación agregada se tienen publicaciones de investigaciones enfocadas en la respuesta a estas condiciones de incertidumbre que pueden poner en riesgo el desempeño de toda la cadena de suministro. En 2010 trabajos como los de (Kazemi et al., 2010) que presenta un modelo de programación estocástica el de (Sakally et al, 2010), que emplea un modelo, catalogado por ellos como probabilístico, que considera distribución triangular de los requerimientos de materia prima, abordan el problema de la planeación agregada y tomando en cuenta la incertidumbre introducida a este proceso por

las variaciones en la demanda y en los requerimientos de materias primas, considerando a la fuerza de trabajo constante dentro del horizonte de planeación.

Uno de los métodos empleados en algunas de las aproximaciones al problema de la planeación agregada a fin de enfrentar los problemas de la incertidumbre en sus componentes y la existencia de múltiples objetivos, que en ocasiones pueden estar en conflicto entre ellos, es el uso de la lógica difusa, la investigación de (Baykasoglu y Gocket, 2010) presenta un modelo multiobjetivo de programación difusa enfocado en maximizar la satisfacción de la demanda al tiempo que minimiza los costos de producción, en el que considera a los costos relativos a la fuerza de trabajo como la variable susceptible de cambios, mediante la determinación de la cantidad de horas de trabajo regular y extra así como la contratación y despidos necesarios, esta es una perspectiva similar a la mostrada en el modelo de (Liang et al., 2011) solo que este último cuenta con la inclusión de pendientes (*backorders*) además de subcontratación. El modelo presentado por (Sadeghi et al., 2013) aplica programación difusa con la aplicación números grises (números cuyo valor exacto se desconoce, pero se conoce el rango en el que se encuentra (Deng, 1982), con los objetivos de minimizar costos totales de producción, así como los asociados a los *backorders*, variaciones en el tamaño de la fuerza de trabajo.

En los últimos años se ha desarrollado una tendencia en la investigación que desde múltiples ángulos abordan aspectos ambientales en busca de medidas para mitigar los efectos de problemas como el calentamiento global y la contaminación, problemas que además incrementan los costos de producción, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero producidas durante la generación de energía, en el caso de la planeación agregada existen publicaciones como la de Mitra et al. (2012) que presenta un modelo que considera

detalles de los procesos de producción que representan costos de energía y los incluye en una función objetivo de minimizar los consumos de energía eléctrica y por lo tanto los costos de la misma. (Modarres y Izadpanahi ,2016) por su parte presentan un modelo de programación lineal con tres objetivos que son, minimizar costos de producción, minimizar costos de energía y minimizar la huella de carbono, en el trabajo de (Chaturvedi ,2017) se propone un método grafico para determinar el mejor plan de producción para satisfacer una demanda dada considerando múltiples instalaciones de producción disponibles, con el objetivo de minimizar el consumo energético y por lo tanto el costo de producción, es importante mencionar que en estas publicaciones no se consideran variaciones en la fuerza de trabajo.

El concepto de administración verde de la cadena de suministro se ha desarrollado en los últimos años (Markovits-Somogyi et al., 2009) para referirse a las que aplican principios ecologistas como el uso de materias primas ambientalmente amigables, uso de reciclados, reducción de consumo de combustibles fósiles, etc. Mirzapour Al-e-Hashem et al. (2013) así como Entezaminia et al. (2017) presentan modelos de planeación agregada de la producción para empresas verdes, el primero mediante programación estocástica, considerando múltiples productos y múltiples instalaciones de producción, el modelo tiene como objetivo la reducción de costos de producción, transporte, inventario y abastecimiento, considerando que los efectos negativos en el ambiente, ocasionados por estos procesos, son directamente proporcionales a estos costos, además se busca minimizar costos de escasez, al tiempo que maximiza las ganancias de la cadena. El segundo es un modelo de optimización robusta con consideraciones de recolección y reciclaje de productos que al igual que el primero mencionado tiene en cuenta las emisiones de gases de efecto invernadero que se incluyen asociadas a los costos de los procesos de la cadena de suministro

incluyendo los de la logística inversa dentro de una función objetivo de tipo minimizar que incluye un componente de beneficios de las ventas con un signo negativo ya que este componente se quiere maximizar.

Existe en la literatura encontrada una tendencia a la búsqueda de modelos que representen la realidad de los procesos de producción de manera más precisa mediante la inclusión de factores cuyo efecto pasa desapercibido o se considera despreciable en publicaciones anteriores, ejemplo de esto es el artículo de Chen y Sarker (2015) que presenta un modelo para evaluar los costos de variación del tamaño de la fuerza de trabajo frente a los de mantener inventario para satisfacer una demanda difusa, este modelo incluye las curvas de aprendizaje de la fuerza de trabajo y su impacto en la productividad de la empresa. El modelo de Erfanian y Pirayesh (2016) evalúa también los costos de la variación de fuerza de trabajo y de mantener inventario, teniendo en consideración los tiempos de mantenimiento y su impacto en la capacidad de la planta ya que en la realidad los equipos y maquinaria no están disponibles para trabajar todo el tiempo.

La investigación de Rasmi et al. (2019) muestra además de la tendencia ambiental un interés por cuestiones sociales y culturales que se integran en un modelo multi-objetivo de programación lineal entera mixta en el que se analizan además los impactos generales de la implementación de proyectos ambientales o culturales en la utilidad general de la empresa y evaluando las soluciones con mejor desempeño en cada objetivo, mostrando que pequeñas disminuciones en las ganancias monetarias pueden generar grandes mejoras en otros aspectos, que han ganado importancia en los últimos años como los sociales y ambientales.

La tabla 1 muestra lo encontrado en la etapa de revisión del estado del arte, se indica si la propuesta mediante la que abordan este problema fue aplicada o tiene su fuente de inspiración en un caso real, las siguientes

nueve columnas señalan si se toma en cuenta o no cada una de las siguientes variables:

- V1 Producción por periodo
- V2 Inventario
- V3 Faltantes
- V4 Contratación y despido
- V5 Subcontratación
- V6 Tiempo extra y regular
- V7 Adquisiciones
- V8 Distribución
- V9 Otros

Todas estas variables están relacionadas con las cuestiones de cuánto, cuándo y cómo producir para satisfacer la demanda de los clientes al menor costo o generando las mayores ganancias.

Tabla 1 Variables consideradas en las publicaciones.

Ejemplo	Variables										
	S	N	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5	V 6	V 7	V 8	V 9
X			X	X	X				X		
X			X	X	X	X	X	X		X	
X		X	X	X	X			X			
X		X	X						X		
X		X	X	X					X	X	
X		X	X	X	X	X	X			X	
X		X	X	X	X		X				
X		X	X	X							X
X		X	X	X	X						X
X		X	X	X							X
X		X	X	X	X						X
X		X	X	X	X					X	X
X		X	X	X	X		X		X	X	
X		X	X	X	X		X		X	X	
X		X	X	X						X	
X		X	X							X	
X		X	X	X	X	X					X

		X	X	X							X
		X	X	X	X	X	X	X			
X		X	X	X	X					X	X
		X	X	X						X	X
		X	X	X		X				X	X
		X	X	X		X					

Fuente: Elaboración propia.

De la literatura revisada hasta el momento se puede ver que el enfoque de la mayoría de propuestas para este problema es la reducción de costos, la decisión de cuanto producir y en qué momento hacerlo es crítica en la planeación agregada de la producción, esta obliga al tomador de decisión a determinar también cuanto inventario mantener en cada uno de los periodos del horizonte de planeación, la tabla muestra además que este problema puede incluir otras variables que intervienen en los costos y ganancias de la empresa, estas variables dependen del tipo de empresa al que está enfocado el modelo o de la tendencia a integrar procesos de manufactura con los de adquisiciones y distribución como los llamados sistemas avanzados de planeación (Pochet y Wolsey L., 2006).

CONCLUSIONES

El presente trabajo se encuentra en la etapa de revisión y análisis de la información recopilada, se pretende diferenciar las publicaciones por año, por la estrategia a la que se apegan más, si presentan un método o modelo para la solución del problema de la planeación agregada, el tipo de objetivo que persiguen, las variables que consideran y si presentan o no casos de aplicación a fin de visualizar la aportación de cada autor y con ello identificar la frontera de conocimiento de esta área y determinar posibles formas de empujar dicha frontera.

REFERENCIAS

Baykasoglu A. y Gocken T. (2010). "Multi-objective aggregate production planning with fuzzy parameters," *Adv. Eng. Softw.*, vol. 41, no. 9, pp. 1124–1131.

BUXEY G. "The myth of aggregate planning,"

- Prod. Plan. Control*, vol. 1, no. 4, pp. 222–234, 1990.
- Chaturvedi N. D. (2017). “Minimizing energy consumption via multiple installations aggregate production planning,” *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 19, no. 7, p. 1977–1984.
- Chen Z. y Sarker B. R. (2015). “Aggregate production planning with learning effect and uncertain demand: A case based study,” *J. Model. Manag.*, vol. 10, no. 3, p. 296–324.
- Chopra S. y Meindl P. (2013). *Administración de la cadena de suministro*, Quinta ed. México: Pearson.
- Dantzig G. B. y Johnson S. (1982). “A production smoothing problem,” *RM-1432 RAND Corp.*, 1955.
- Deng J. -L. “Control problems of grey systems,” *Sys. Contr. Lett.*, vol. 1, no. 5, p. 288–294.
- J.-L. Deng, (1982). “Control problems of grey systems,” *Sys. Contr. Lett.*, vol. 1, no. 5, p. 288–294.
- Entezaminia A., Heidari M. y Rahmani, D. (2017). “Robust aggregate production planning in a green supply chain under uncertainty considering reverse logistics: a case study,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 90, no. 5–8, p. 1507–1528.
- Erfanian M. y Pirayesh M. (2016). “Integration aggregate production planning and maintenance using mixed integer linear programming,” in *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, p. 927–930.
- Hoffman A. J. y Jacobs W. (1954). “Smooth patterns of production,” *Manage. Sci.*, vol. 1, no. 1, p. 86–91.
- Holt C. C. Modigliani F. y Simon H. A. (1955). “A linear decision rule for production and employment scheduling,” *Manage. Sci.*, vol. 2, no. 1, p. 1–30.
- Jacobs F. R. y Chase R. B. (2018). *Operations and supply chain management*, 15th ed. New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Kazemi Zanjani M., Noureifath M. y Ait-Kadi D. (2010). “A multi-stage stochastic programming approach for production planning with uncertainty in the quality of raw materials and demand,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 48, no. 16, p. 4701–4723.
- Liang T.-F. y Cheng H.-W. (2011). “Multi-objective aggregate production planning decisions using two-phase fuzzy goal programming method,” *J. Ind. Manag. Optim.*, vol. 7, no. 2, p. 365.
- Markovits-Somogyi R., Nagy Z. y Török A. (2009). “Greening supply chain management,” *Acta Tech. Jaurinensis*, vol. 2, no. 3, p. 367–374.
- Mirzapour Al-e-Hashem S. M. J., Baboli A. y Sazvar Z. (2013). “A stochastic aggregate production planning model in a green supply chain: Considering flexible lead times, nonlinear purchase and shortage cost functions,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 230, no. 1, p. 26–41.
- Mitra S., Grossmann I. E., Pinto J. M. y Arora N. (2012). “Optimal production planning under time-sensitive electricity prices for continuous power-intensive processes,” *Comput. Chem. Eng.*, vol. 38, p. 171–184.
- Modarres M. y Izadpanahi E. (2016). “Aggregate production planning by focusing on energy saving: A robust optimization approach,” *J. Clean. Prod.*, vol. 133, p. 1074–1085.
- Nahmias S. y Lennon Olsen T. (2015). *Production and operations analysis*, Septima ed. Long Grove, Illinois: Waveland Press Inc..
- Pochet Y. y Wolsey, L. A. (2006). *Production planning by mixed integer programming*. Springer Science & Business Media.
- Rasmi S. A. B., Kazan C. y Türkay M. (2019). “A multi-criteria decision analysis to include environmental, social, and cultural issues in the sustainable aggregate production plans,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 132, p. 348–360.
- Sadeghi M., Hajiagha S. H. R. y Hashemi S. S. (2013). “A fuzzy grey goal programming approach for aggregate production planning,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 64, no. 9–12, p. 1715–1727.

PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA PARA UNA EMPRESA DE PARTES AUTOMOTRICES: CASO DE ESTUDIO

DEMAND FORECASTING FOR AN AUTOMOTIVE PARTS COMPANY: CASE STUDY

Victor Sánchez-Guzmán, Javier García-Gutiérrez, Araceli Osorio-Jaramillo
Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México.
Cerro de Coatepec S/N Ciudad Universitaria C.P. 50100. Toluca, Estado de México.
Email: jgarciagtz@yahoo.com.mx; Torres: <https://orcid.org/0000-0001-9830-7630>

RESUMEN

La industria de repuesto de partes automotrices, se ve beneficiada por la precisión de poder pronosticar el futuro, por lo que hacer uso de mejores herramientas, y lograr mejores pronósticos, se traduce en la posibilidad de llevar a cabo una planeación que permita un mejor desempeño de la empresa, aumentando su nivel de servicio y reduciendo sus costos.

El presente artículo nos muestra una metodología general para calcular el pronóstico de la demanda en una empresa del ramo de partes de repuesto automotriz, para atacar la falta de consistencia en la manera de realizar el cálculo del pronóstico y al mismo tiempo, otorgar una solución mediante la búsqueda y prueba de una mejor técnica, esta técnica será comparada con las metodologías tradicionales para el cálculo de pronósticos.

El trabajo lo abordamos mediante una metodología basada en la técnica estadística Box-Jenkins de series de tiempo que ayuda a conocer la demanda, utilizando una herramienta más confiable que disminuya el error al momento de calcular el pronóstico y mejorar su eficiencia, para que resulten mejores tomas de decisiones a la hora de realizar pedidos y de esta forma, se optimicen recursos al disminuir gastos de inventarios innecesarios.

La investigación se enfoca en revisar el tipo de demanda que presenta el mercado de repuesto de partes automotrices. Por lo cual, la metodología que propondremos abarca todos aquellos artículos clasificados como A, dentro de una clasificación ABC, logrando con esto evaluar sólo aquellos productos de mayor peso en la organización, que contribuyan de manera importante a mejorar la precisión en el cálculo de su pronóstico.

Palabras clave: Demanda; Pronósticos; Series de Tiempo; Metodología Box-Jenkins.

ABSTRACT

The spare parts industry, is benefited by the precision of being able to forecast the future, so making use of better tools, and achieving better forecasts, is translates into the possibility of carrying out a planning that allows a better performance of the company, increasing its level of service and reducing its costs.

This article shows a general methodology to calculate the forecast of the demand in a company of the spare parts, to attack the lack of consistency in the way of calculating the forecast and at the same time, provided a solution through the search and proof of a better technique, the technique is compared with the traditional methodologies for calculating forecasts .

The work is approached through a methodology based on the Box-Jenkins statistical technique of time serial, which will help to know the demand, using a reliable tool to reduce the mistake in the forecast calculus and improves its efficiency, allowing that the decisions can be taken in the best way and the resources optimized, reducing inventory costs.

This investigation will focus exclusively to the demand existing in the aftermarket parts. Therefore, the methodology that we will propose encompasses all those articles classified as A, within an ABC classification, thus achieving to evaluate only those products of greater weight in the organization, which contribute significantly to improve the accuracy in the calculation of their forecast.

Keywords: Demand; Forecast; Time Serial; Box-Jenkins Methodology.

Recibido: 15 de Septiembre de 2019

Aceptado: 9 de Noviembre de 2019

Publicado: 30 de Junio de 2020

INTRODUCCIÓN

El proceso de pronosticar constituye la base o el fundamento para cualquier planeación de productos o servicios que se requieran fabricar, comprar o vender, es decir, en medida que las organizaciones cuenten con un pronóstico preciso contarán con un nivel de artículos disponibles, que invariablemente proporcionará a las compañías mayor precisión para el cumplimiento de pedidos, lo que incrementará el nivel de servicio y por consiguiente la satisfacción por parte del cliente.

En la actualidad los directivos descuidan el aspecto en la utilización de mejores técnicas estadísticas para realizar cálculos de pronósticos, provocando que las organizaciones no puedan reaccionar ante la demanda variable de los clientes al no predecir un pronóstico preciso, impactando en el costo de mantener inventarios y por faltantes, provocando por consiguiente niveles de servicio bajos y almacenes con demasiado producto (Ballou, 2004).

Con la tecnología que se cuenta en nuestros días, resulta difícil aceptar que las organizaciones sigan manteniendo sistemas de gestión de demanda basados sólo en la experiencia o en el uso de técnicas elementales.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación plantea una metodología que ayude y facilite a las organizaciones la utilización de técnicas más desarrolladas que permitan pronosticar con un mayor grado de precisión su demanda.

El problema abordado, es el pronóstico de la demanda de repuesto de partes automotrices para una empresa mexicana con mercado nacional. Pronosticar la demanda de partes de repuesto es notablemente difícil ya que la demanda es generalmente variable e inestable (Teunter et al., 2012).

Existen estudios relacionados con mejoras en la administración de la cadena de suministros de diferentes tipos de parte de repuesto, en algunos casos mediante la elaboración de pronósticos más acertados, en otros

proponiendo mejoras en la gestión directa de los inventarios. Para algunos de estos estudios, se han utilizado métodos de pronóstico diferentes a las series temporales para estimar las demandas de los próximos periodos, obteniendo pronósticos más precisos cuando los métodos son combinados (Do Rego y Mesquita, 2011). Las empresas que distribuyen partes de repuesto deben estudiar la información disponible acerca de las unidades vendidas por intervalos de tiempo, ciclos de vida de los productos, el *lead time* de las refacciones, inventarios en almacenes o centros de servicio, y analizando estos datos, estimar los requerimientos de refacciones para acoplar su logística con respecto a las conclusiones obtenidas (Dekker et al., 2013).

En este caso de estudio, se utilizan las series temporales como herramientas de modelado y pronóstico. Existen varios estudios que han utilizado esta herramienta de manera independiente, comparativa o combinada en busca de una mayor precisión. En publicaciones recientes, se puede observar la comparación de diferentes modelos para el pronóstico de series de tiempo, involucrando los modelos *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) y *Artificial Neural Network* (ANN). En la mayoría de los casos, los modelos ANN excedieron la calidad del pronóstico sobre los modelos ARIMA (Ansuji et al., 1996). Sin embargo, también hay casos en los que los modelos ARIMA funcionaron mejor (Koutroumanidis et al., 2009).

Otro caso de estudio para una empresa transnacional de partes de repuesto, donde se evalúan herramientas de modelado de series temporales aplicadas a la previsión mensual de la demanda en México (Vargas y Cortes, 2017). En este caso se comparan los métodos clásicos, ARIMA, ANN y los modelos híbrido ARIMA-ANN. En donde se observa un buen desempeño de los modelos ANN con mejor precisión que los ARIMA, sin embargo, no fueron tan estables como los modelos ARIMA cuando los periodos de planeación son más largos. El *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) se redujo de 57% que la empresa

tenía al inicio del estudio, a un 32,65% utilizando estos modelos combinatorios.

Como una alternativa a estos tipos de demanda, se han propuesto modelos combinatorios para mejorar la precisión del pronóstico, obteniendo un pronóstico más preciso que cuando son utilizados por separado (Koutroumanidis et al., 2009).

METODOLOGÍA

La metodología propuesta para el cálculo del pronóstico de la demanda para una empresa de repuesto de partes automotrices es la siguiente:

1. *Análisis de Pareto*: Se realizó un análisis 80-20% con la finalidad de trabajar con los productos que mayor demanda presentan en el mercado.

2. *Información*: Definir con que información se cuenta para seleccionar el tipo de método para el cálculo del pronóstico de la demanda.

3. *Demanda*: Estudiar el comportamiento de la demanda para seleccionar los métodos de pronóstico que se utilizaran.

4. *Selección del pronóstico*: Con base al estudio realizado con anterioridad.

5. *Evaluar la técnica seleccionada*.

6. *Selección del pronóstico más preciso*: Con base en la estimación del MAPE.

7. *Evaluación de las metodologías*: Comparación de los métodos utilizados para el cálculo de los pronósticos.

(Makridakis et al., 1997). Sugiere que para la obtención de una técnica de pronóstico debe considerarse un análisis de los datos antes de decidir el método de pronóstico a utilizar, si los datos presentan patrones que se repiten con el tiempo como tendencia o estacionalidad, o aquellos que no se repiten en un intervalo fijo de tiempo y que se pueden considerar cíclicos, como lo muestra la Figura 1.

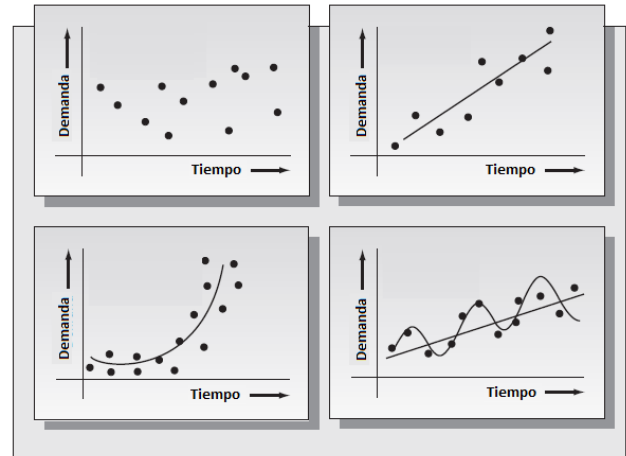


Figura 1. Patrones de series de tiempo. (Nahmias, S. y Lennon, O., 2015).

ANÁLISIS DE AUTOCORRELACIÓN

Un instrumento útil en el análisis de series de tiempo es la función de autocorrelación (ACF por sus siglas en ingles *Autocorrelation Funtion*), ver Figura 2.

La ACF de la serie de tiempo Y_1, Y_2, \dots, Y_n con retraso (*lag*) k está dada por:

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Se utilizan para medir el grado de asociación entre Y_t y Y_{t-1} cuando los efectos de otros tiempos (*lags*) $1, 2, 3, \dots, k - 1$ son removidos. Supongamos que hay una autocorrelación significativa Y_t y Y_{t-1} , entonces habrá una correlación significativa entre Y_{t-1} y Y_{t-2} ya que son unidades de tiempo aparte. Por lo tanto, habrá una correlación entre Y_t y Y_{t-2} porque ambos están relacionados con Y_{t-1} . Entonces, para medir la correlación real entre Y_t y Y_{t-2} se necesita sacar el valor intermedio Y_{t-1} . Esto es lo que hace la autocorrelación parcial (PACF *Partial Autocorrelation Function*), como lo muestra la Figura 3.

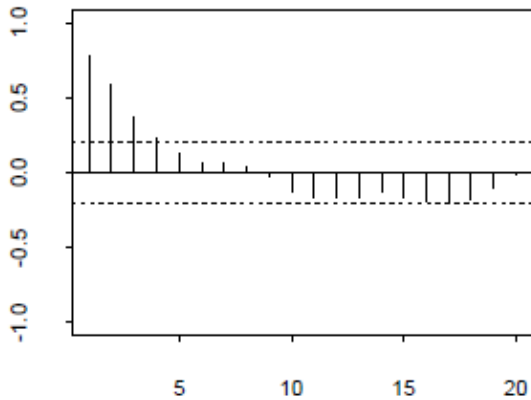


Figura 2. ACF para serie de tiempo AR (1).
(Makridakis et al., 1997).

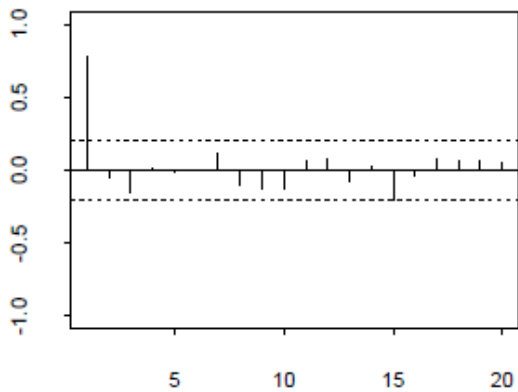


Figura 3. PACF para serie de tiempo AR (1).
(Makridakis et al., 1997).

La técnica utilizada es la metodología ARIMA, esta metodología contempla a todos los patrones de datos sin considerar sus componentes individuales, utiliza modelos de series de tiempo y el horizonte de planeación es de corto a mediano plazo, una desventaja radica en que para la utilización de esta técnica se requieren al menos de 36 datos [8], lo que es fácilmente superado por aquellas organizaciones que tienen más de 4 años de permanencia en el mercado.

Esta técnica se compara con las técnicas tradicionales de pronósticos de suavizamiento exponencial simple, suavizamiento exponencial doble y promedios móviles, con base en el menor MAPE se identificó al mejor modelo de pronóstico.

METODOLOGÍA BOX-JENKINS

La metodología Box-Jenkins define cuatro modelos para representar las series estacionarias:

AR(p) Autorregresivo de orden p.

MA(q) Promedio Móvil de orden q.

ARMA(p,q) Autorregresivo de orden p y promedio móvil de orden q.

ARIMA(p,d,q) Autorregresivo y promedio móvil diferencia d de Y_t .

Modelos de Media Móvil, MA (q):

$$Y_t = b_0 + b_1 e_{t-1} + \dots + b_q e_{t-q}$$

En los modelos de media móvil, el proceso se representa como una suma ponderada de errores actuales y anteriores. El número de rezagos del error considerados (q) determina el orden del modelo de media móvil.

Modelos Autorregresivos, AR (p):

$$Y_t = b_0 + b_1 Y_{t-1} + \dots + b_p Y_{t-p}$$

En los modelos autorregresivos, el proceso se representa como una suma ponderada de observaciones pasadas de la variable. El número de rezagos (p) determina el orden del modelo autorregresivo.

Modelos Mixtos Autorregresivos-Media Móvil, ARMA (p,q):

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \theta_0 + \theta_1 e_{t-1} + \dots + \theta_q e_{t-q}$$

En estos modelos, el proceso se representa en función de observaciones pasadas de la variable y de los valores actuales y rezagados del error. El número de rezagos de la variable de interés (p) y el número de rezagos del error (q) determinan el orden del modelo mixto.

Modelos Autorregresivos Integrados de Promedio Móvil, ARIMA (p,d,q):

Un tipo especial de series no estacionarias, son las no estacionarias homogéneas que se caracterizan porque, al ser diferenciadas una o más veces, se vuelven estacionarias.

Si después de haber diferenciado la serie Y_t se consigue una serie estacionaria W_t , y dicha serie obedece a un proceso ARMA(p,q), se dice que Y_t responde a un proceso ARIMA(p,d,q):

$$W_t = \phi_0 + \phi_1 W_{t-1} + \dots + \phi_p W_{t-p} + \theta_0 + \theta_1 e_{t-1} + \dots + \theta_q e_{t-q}$$

Definida la técnica a utilizar, se procederá a evaluar de entre diferentes arreglos de los métodos autorregresivos (AR) la diferenciación (I) y los modelos de promedio móvil (MA), aquél que presente el menor error del pronóstico apoyándonos con el MAPE.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra la serie de tiempo con 48 datos de demanda para el producto K8432, el objetivo es determinar el modelo con el mejor ajuste para pronosticar la demanda de los siguientes periodos, el mismo procedimiento se realizó para todos los productos A del Análisis de Pareto, realizado en la primera etapa de la metodología.

Tabla 1. Demandas producto K8432.

Mes	Demanda K8432			
	2015	2016	2017	2018
Ene.	184	114	184	173
Feb.	186	283	118	236
Mar.	471	250	158	393
Abr.	137	163	108	221
May.	127	312	279	180
Jun.	224	122	177	136
Jul.	317	130	189	104
Ago.	267	220	188	119
Sep.	238	235	115	132
Oct.	199	176	214	186

Nov.	133	190	219	151
Dic.	371	172	135	251

Elaboración propia

En la Figura 4, se presenta grafica de serie de tiempo para el producto K8432, se observa una demanda variable, además de no presentar estacionalidad y ningún tipo de tendencia (un poco de tendencia negativa), que podría suponerse que la serie de tiempo es estacionaria.

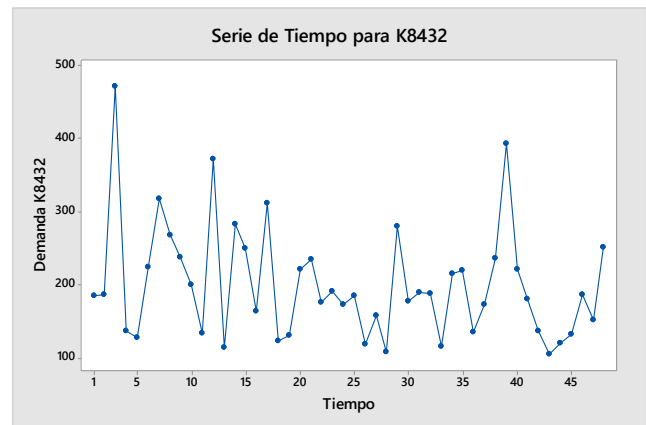
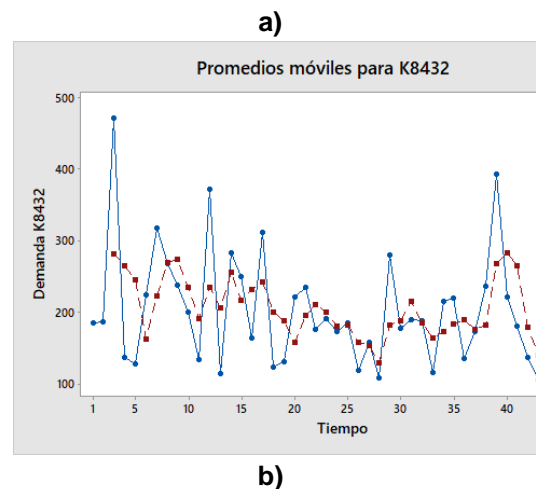
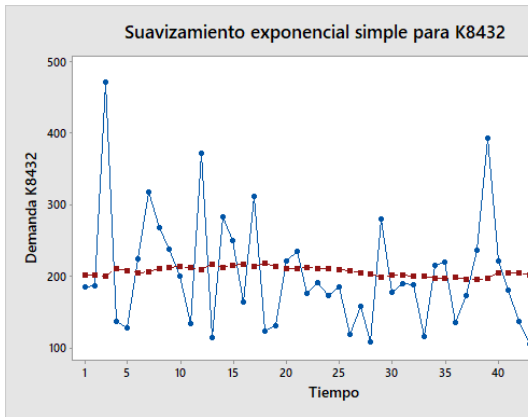


Figura 4. Serie de tiempo para K8432.
Elaboración propia.

La Figura 5, muestra las graficas y el ajuste para las diferentes tecnicas tradicionales de pronosticos utilizadas en el caso de estudio.





c)

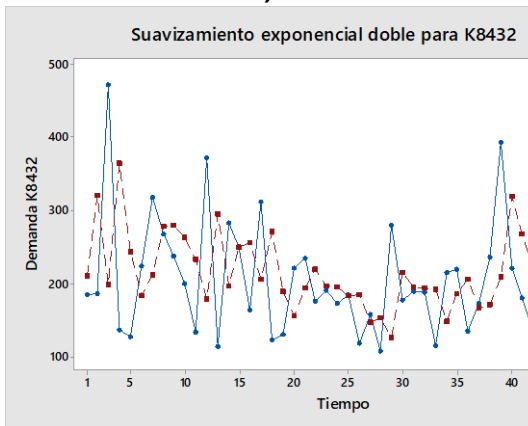
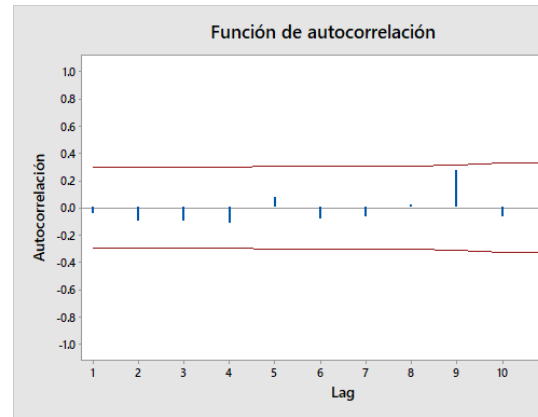


Figura 5. Modelos de pronósticos: a) Promedios móviles, b) Suavizamiento exponencial y c) Suavizamiento exponencial doble. Elaboración propia.

En la Figura 6, se presentan las funciones de autocorrelacion y autocorrelacion parcial del producto K8432, las cuales sirven como base para proponer los mejores modelos ARIMA que podrian ajustarse a la serie de tiempo. Los modelos ARIMA propuestos fueron ARIMA (1,1,0), ARIMA (0,1,1) y ARIMA (1,1,1). ARIMA (1,1,1) es el modelo que mejor se ajusta de los tres modelos propuestos, este modelo es seleccionado, por presentar el menor MAPE de los tres modelos propuestos.

a)



b)

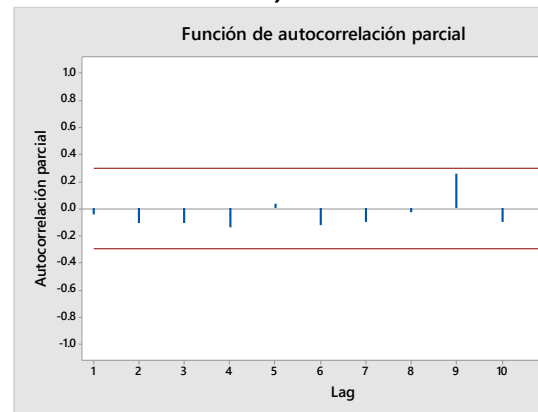


Figura 6. Funciones de autocorrelación (a) y autocorrelación parcial (b). Elaboración propia.

DISCUSIONES

La tabla 2, muestra las medidas de desempeño para los modelos propuestos. Se observa el modelo ARIMA (1, 1, 1) es modelo que se ajusta mejor por presentar el MAPE más bajo en comparación con los modelos tradicionales. Se observa también que de los modelos tradicionales el de mejor ajuste es promedios móviles.

El modelo ARIMA (1, 1, 1) en comparación con promedios móviles de los métodos tradicionales es muy cerrado y más cuando a la serie de tiempo se le realiza una transformación logarítmica para reducir las variaciones de la media como lo indica (Vargas y Cortes, 2017).

Se observaron ciertas ventajas con el modelo ARIMA que a partir de la función de

autocorrelación se proponen modelos que pueden ajustarse y seleccionar al mejor modelo en comparación con los modelos tradicionales que debemos establecer valores de α y β (suavizamiento exponencial simple y doble) que en algunas ocasiones puede ser no conveniente y por lo tanto los modelos no se ajustan como se esperaría.

Durante la revisión bibliografía se encontró que algunos pronósticos para piezas de repuestos tienden a ser muy variables al utilizar estas técnicas tradicionales (Teunter et al., 2012), debido a la demanda variable que presentan las piezas de repuesto, pero es mejor tener una aproximación a las demandas futuras, por lo que vale la pena mantener los esfuerzos para mejorar nuestra comprensión de estas técnicas.

Tabla 2. Medidas de desempeño de los modelos propuestos antes y después de realizar transformación logarítmica a la serie de tiempo.

Modelo	Sin transformación		Con transformación	
	MS	MAPE	MS	MAPE
Promedios móviles	5471	29.15	0.121	5.25
Suavizamiento exponencial simple	6134	33.16	0.128	5.46
Suavizamiento exponencial doble	9283	39.92	0.193	6.81
ARIMA (1,1,1)	4316	26.89	0.086	4.67

Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- Se concluye que el modelo autorregresivo integrado de medias móviles (ARIMA) (1, 1, 1) propuesto, es el apropiado en el cálculo del pronóstico de la demanda para el artículo K8432 de la empresa en estudio, y este resulta de gran utilidad en la toma de decisiones al

proporcionarnos los pronósticos precisos.

- En relación con los resultados obtenidos y a los registrados, se concluye que el uso de los métodos estadísticos en la estimación de pronósticos, son útiles en la toma de decisiones para la selección del mejor modelo de pronóstico, debido a sus resultados en pronósticos precisos.
- Los modelos clásicos son los más fáciles y rápidos para trabajar, y proporcionan buenos resultados cuando se enfrentan a un comportamiento de la demanda poca variable. Los modelos ARIMA son muy prometedores y con un buen ajuste, para demandas variable, pero cuando la demanda es muy errática no se recomiendan (Teunter et al., 2012).
- Es importante mencionar que hasta el momento el modelo no ha sido validado, pero la siguiente fase del modelo es su validación en la empresa del caso de estudio.

REFERENCIAS

- Ansuj, A., Camargo, M., Radharamanan, R. y Petry, D., (1996). «Sales Forecasting using time series and neural networks,» *Computer & Industrial Engineering*, vol. 31, p. 421-424.
- Ballou, R. H. (2004) *Logística Administración de la Cadena de Suministro*, México: PEARSON Educación.
- Dekker, R., Pince, C., Zuidwijk, R. y Naiman, M., (2013). «On the use of installed base information for spare parts logistics: A review of ideas and industry practice,» *Int. J. Production Economics*, vol. 143, p. 536-545.
- Do Rego, J. y Mesquita, M. (2011). Spare Parts Inventory Control: A Literature Review,» *Production*, vol. 21, n° 4, p. 645-

666.

Koutroumanidis, T., Ioannou, K. y Arabatzis, G. (2009). «Predicting fuelwood prices in Greece with the use ARIMA models, artificial neural networks and a hybrid ARIMA-ANN model,» *Energy Policy*, vol. 37, p. 3627-3634.

Makridakis, S., Wheelwright, S. y Hyndman, R. (1997) *Forecasting Methods and Applications*, Wiley.

Nahmias, S. y Lennon, O. T. (2015). *Production and Operations Analysis*, Long

Grove, IL: Waveland Press, Inc.

Teunter, R., Jaarsveld, W. y Romeijnders, W. (2012). A two-step method for forecasting spare parts demand using information on component repairs, *European Journal of Operational Research*, vol. 220, p. 386-393.

Vargas, C. G. y Cortés, M. E. (2017) «Automobile spare-parts forecasting: A comparative study of time series methods,» *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, vol. 14, p. 3898-3912.

PERCEPCIÓN DE LA SEGURIDAD DURANTE EL TRÁNSITO EN EL TRANSPORTE PÚBLICO

PERCEPTION OF SAFETY DURING TRANSIT IN PUBLIC TRANSPORT

Javier Romero-Torres¹, María Luisa Quintero Soto¹, Javier García Gutiérrez²

¹Centro Universitario UAEM Nezahualcóyotl, Universidad Autónoma del Estado de México.

Email: jromero@uaemex.mx; <https://orcid.org/0000-0001-9830-7630>

²Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro de Coatepec S/N
Ciudad Universitaria C.P. 50100. Toluca, Estado de México

RESUMEN

El 90% de los usuarios de transporte público (TP) reportan sentir inseguros al utilizarlo, el 44% de ellos han sufrido algún tipo de crimen, y el 67% de las mujeres han sufrido algún tipo de agresión sexual. Para entender las percepciones de seguridad en el transporte público es prescindible considerar las etapas del viaje y los modos utilizados, este estudio investiga los factores relacionados con los niveles de seguridad y percepciones de crímenes que reportan estudiantes universitarios al utilizar el TP en diferentes estadios del viaje para la zona oriente de la Ciudad de México. Los resultados sugieren que los modos de transporte que ostentan mayores estándares de control, operacional y de infraestructura, -metro-, son percibidos como lugares públicos más seguros. Mientras en un transporte con menos control, como el autobús, los niveles de inseguridad son más altos, pero a diferencia del metro, esta inseguridad es constante en los diferentes lugares del sistema: acceso, parada o a bordo del autobús. Respecto a las agresiones de tipo sexual, las tendencias de sufrirlas son similares para hombres y mujeres, y son independientes tanto del modo de transporte como del lugar donde se perpetran. Además, efectos de interacción son evaluados en relación con la frecuencia y tiempo de viaje, denunciar el delito sufrido y el tipo de crimen.

Palabras clave: Percepción de seguridad; Transporte público; Estudiantes universitarios

ABSTRACT

90% of public transport users (TP) reports feeling insecure when using it, 44% of them have suffered some type of crime, and 67% of women have suffered some type of sexual assault. To understand the perceptions of security in public transport it is necessary to consider the stages of the trip and the modes used, this study investigates the factors related to the levels of security and perceptions of crimes that university students report when using the TP at different stages of the trip for the eastern part of Mexico City. The results suggest that the modes of transport that have the highest standards of control, operational and infrastructure, metro, are perceived as safer public places. While in a transport with less control, such as the bus, the levels of insecurity are higher, but unlike the subway, this insecurity is constant in the different places of the system: access, stop or on board the bus. Regarding sexual assaults, the tendencies of suffering them are similar for men and women and are independent of both the mode of transport and the place where they are perpetrated. In addition, interaction effects are evaluated in relation to the frequency and time of travel, report the crime suffered and the type of crime.

Keywords: transit safety; public transport; college student.

Recibido: 30 de Agosto de 2019

Aceptado: 15 de Noviembre de 2019

Publicado: 30 de Junio de 2020

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre seguridad Pública (ENVIPE, 2018), el 43.4% de los entrevistados indicaron haber sufrido robos y asaltos durante el uso del TP en la zona metropolitana de la Ciudad de México, muy por arriba de otros crímenes como fraude (12.9%) o robo a casa (3.0%). En tanto, el 90.7% de los entrevistados se sienten inseguros en el tránsito durante el TP. Por lo anterior, los usuarios de TP han modificado los patrones de movilidad como cambiar el modo de transporte o incluso dejar de utilizar el TP (ENVIPE, 2018; ENVIPE, 2017), lo que conlleva a que los patrones de movilidad se modifiquen no únicamente por los cambios económicos, sociales, de trabajo, o de residencia de los usuarios, sino además por los niveles de criminalidad, específicamente concentrados en dos maneras: agresiones sexuales y robos (asaltos).

A pesar de que el TP se considera como un espacio público “dominado” para hombres, éstos también son blanco de agresiones sexuales y otros crímenes, por lo que los resultados acerca de estudios de percepción de la seguridad en TP debe considerar ambas perspectivas en la planeación de la seguridad urbana (Dymen y Ceccato, 2012). Adicionalmente la diferencia entre estudiantes y no estudiantes cruzado con el género, indican visiones diferentes, aunque las proporciones de ser víctima de agresiones sexuales son similares (Işık, I. y Kulakaç, 2015), las percepciones en ocasiones son

contradictorias referentes al momento de la agresión como en la etapa posterior, por ejemplo, decidir denunciar o no (Spohn et al., 2017).

En ese documento se examina la percepción de seguridad durante el tránsito en TP desde la perspectiva de estudiante universitario, se plantea la diferenciación del modo de transporte, autobús y sistema de transporte colectivo (metro), bajo el supuesto de que este último al ostentar mejores características, los niveles de seguridad percibidos son más altas en relación al autobús; adicionalmente los resultados se distinguen por las siguientes variables: hora del viaje (día y noche), tipo de agresión sexual, lugar del sistema de transporte (acceso, espera, abordaje).

METODOLOGÍA

Caracterización de la zona de estudio

El campus de estudio, CU Nezahualcóyotl, pertenece a la Universidad Autónoma del Estado de México que alberga a 1,195 estudiantes. La mayoría de los estudiantes tienen como residencia municipios circundantes en la parte oriente de la Ciudad de México como Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Valle de Chalco, y algunas alcaldías de la Ciudad de México como Iztapalapa. El promedio del tiempo de viaje de los estudiantes para llegar al campus Nezahualcóyotl es de 45 minutos con una erogación de pago de tarifa de 16 MXN (0.8 USD); una tercera parte de los estudiantes completa su viaje en más de una hora de viaje, y la mitad de los estudiantes utilizan más de dos modos de TP, lo que implica el realizar

trasbordos en el trayecto desde su origen. El 19% de los estudiantes utilizan la bicicleta, motocicleta, auto o caminan para arribar al campus Nezahualc6yotl, mientras el 81% utilizan el transporte p6blico (TP). Mientras los estudiantes que s6lo utilizan un 6nico modo para arribar al campus representan el 36.2%, aquellos que utilizan dos modos corresponden a un 41.2%, el 19% completa su viaje en cuatro modos, y el 3.6% lo hace con m6s de cuatro modos; a mayor n6mero transbordos implica mayor tiempo de viaje, de hecho el tiempo de viaje para cuatro o m6s tramos-viaje representa 2.5 veces m6s en comparaci6n a los viajes realizados en un 6nico modo (Romero, 2014).

CARACTERIZACI6N DEL MODO DE TRANSPORTE

Los modos de TP a los que tiene acceso el estudiante en alguna de las etapas de su viaje comprenden aquellos con altos est6ndares como el metro y el sistema BRT (Bus Rapid Transit) y aquellos con pobres caracter6sticas del servicio como el microb6s, van o minib6s, cuyos detalles de esas tipolog6as pueden ser consultados en Vuchic (2007) o Cervero (2000). Para resultados presentados en este documento se consideraron dos modos de TP utilizados por los estudiantes: metro y autob6s. Para el primero, las caracter6sticas del servicio son altas en relaci6n a la frecuencia, horarios y confiabilidad. El segundo correspondi6 a un parque vehicular mixto: minibuses, microbuses, van, y autobuses de 30 asientos; con la finalidad de homologar lo anterior se utiliz6 la etiqueta "autob6s".

ENCUESTA PERCEPCI6N DE LA

SEGURIDAD

La encuesta de percepci6n de seguridad estuvo integrada por tres secciones: a) referente a las caracter6sticas del viaje como duraci6n y viajes semanales; b) percepciones de los estudiantes acerca de la seguridad y agresiones de tipo sexual de diversos modos de transporte: autob6s, metro, taxi normal y de aplicaci6n, cabe mencionar que para los dos primeros modos las percepciones fueron cuestionadas para tres estadios del viaje: acceso, esperando y a bordo del veh6culo, y hora del viaje (d6a y noche); c) referente al perfil del usuario: edad, grupo 6tnico y g6nero.

Las respuestas acerca de la seguridad fueron obtenidas utilizando una escala de cinco niveles: (1) siempre seguro, (2) frecuentemente seguro, (3) algunas veces seguro, (4) rara vez seguro y (5) nunca seguro.

OBTENCI6N DE LA INFORMACI6N

La aplicaci6n de la encuesta fue de abril a junio de 2018, inicialmente el dise1o considero una encuesta online pero la tasa de respuesta apenas alcanz6 el 4%, por lo que el resto de las encuestas fueron aplicadas cara a cara. Se obtuvieron 383 encuestas, proporcionalmente equivale a un 32% en relaci6n con el campus Nezahualc6yotl, lo que es m6s que representativo si se considera que para estimar tendencias globales en encuestas origen-destino para una poblaci6n de 1,000 entidades ($\approx 1,195$ estudiantes) una muestra de 4.3% garantizar6 un error m6ximo del 25% con un nivel de confianza al 90% (Ort6zar, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Victimización y características del usuario

En la tabla 1 se presenta las características socioeconómicas, trazas de movilidad, y victimización de las estudiantes. En ese tenor, las mayores proporciones de sufrir una agresión para hombre (H) y mujer (M) aumentan con la duración del viaje; mientras en un viaje de 15 a 30 minutos para las mujeres tienen doble la probabilidad de no sufrir una agresión si su viaje lo hace en autobús en comparación al hombre, pero disminuye en 2/3 si utilizan el metro. Se caracteriza por una muestra joven, el 98.1% aceptó una edad de menos de 29 años. Las mujeres en 50 % menos han sufrido una agresión en el autobús que en el metro y casi un tercio menos para los hombres; en promedio existe un 6% más de que ambos sufran una agresión en el metro en relación al autobús. Resalta que las mujeres que indicaron ser blancas aceptaron, a la mitad, haber sufrido alguna agresión en el metro. En promedio el 10% de los entrevistados se identificaron como LGBTQI, las mujeres

identificadas como LGBTQI son más violentadas en el metro que en el autobús; en tanto, las mujeres no-LGBTQI son más violentadas, en un 2% más, al utilizar el autobús.

El uso diario (5 a 7 viajes) y moderado (3 y 4 viajes) del autobús ostenta las mayores proporciones, contrariamente al 4.8% del uso nulo del autobús; por el contrario, el metro es un modo poco utilizado por los estudiantes, el 27.7% de ellos lo utilizada hasta dos veces a la semana; esta disociación es explicada podría ser explicada porque el autobús es el modo que permite al estudiante realizar su viaje de puerta a puerta, mientras el metro es utilizado en ocasiones muy puntuales, como que el estudiante se le hizo tarde o más hacinamiento en el sistema de TP de acuerdo a conglomeraciones más altas en lunes o viernes. Las proporciones de haber sufrido una agresión son mayores para aquellos estudiantes que más días de la semana utilizan el autobús.

Tabla 1. Victimización y características del usuario. Fuente: Elaboración propia

Características	Género		¿Ha sido víctima de alguna agresión?							
	M	H	Autobús				Metro			
			M		H		M		H	
			No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí
Tiempo de viaje, min (en %)										
>120	4.2	3.2	0.0	4.5	4.6	2.4	4.3	4.2	6.1	1.6
60-120	25.3	23.3	26.7	25.0	23.1	23.6	39.1	23.2	18.2	26.2
30-60	35.8	42.3	26.7	36.9	36.9	44.7	21.7	38.1	34.8	45.9
15 -30	25.3	21.7	46.7	23.3	23.1	21.1	30.4	24.4	27.3	18.9
<15	9.5	9.5	0.0	10.2	12.3	8.1	4.3	10.1	13.6	7.4
Eda (en % dentro del grupo)										
18-29	99.0	97.3	100.0	98.9	98.5	96.7	100.0	98.8	100.0	95.9
30-39	0.5	2.1	0.0	0.6	1.5	2.4	0.0	0.6	0.0	3.3
40-49	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8
No contestó	0.5	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
Grupo étnico (en %)										
Mestizo	69.1	75.0	93.3	67.0	80.0	72.4	60.9	70.2	69.7	77.9
Indígena	5.8	3.2	0.0	6.3	1.5	4.1	4.3	6.0	1.5	4.1
Blanco	11.0	12.2	6.7	11.4	6.2	15.4%	13.0%	10.7%	13.6%	11.5%
Afrodescendiente	1.6	2.1	0.0	1.7	4.6	0.8	0.0	1.8	3.0	1.6
No contestó	12.6	7.4	0.0	13.6	7.7	7.3	21.7	11.3	12.1	4.9
¿Pertenece al grupo LGBTQI? (en%)										
No	88.5	91.5	60.0	90.9	87.7	93.5	87.0	88.7	87.9	93.4
Sí	11.5	8.5	40.0	9.1	12.3	6.5	13.0	11.3	12.1	6.6
Uso del autobús(% viajes/semana)										
7	21.9	17.0	15.6	24.9	12.3	18.6				
5-7	43.9	29.1	31.1	42.7	24.6	31.8				
3-4	20.5	34.4	26.7	19.9	40.0	31.7				
1-2	5.3	7.4	13.3	4.5	7.7	7.3				
<1	4.2	6.9	6.7	4.0	6.2	7.3				
Nunca	4.2	5.3	6.7	4.0	9.2	3.3				
Uso del metro (% viajes/semana)										
7	3.2	3.7			0.0	3.7	0.0	5.8		
5-7	6.5	6.4			4.3	6.7	4.6	7.4		
3-4	3.8	10.7			4.3	3.7	10.8	10.7		
1-2	16.1	17.1			13.0	16.5	18.5	16.5		
<1	39.8	26.7			34.8	40.9	30.8	24.8		
Nunca	30.6	35.3			43.5	28.7	35.4	34.7		

AGRESIONES, ESTADIO DEL VIAJE Y MODO DE TRANSPORTE

En la tabla 2 muestra la desagregación por tipo de agresión sexual. En relación con el estadio de esperar el autobús, los piropos y

silbidos son las agresiones sexuales con mayor frecuencia, 63.2 y 60.5% respectivamente, que las mujeres han sufrido, seguido de los gestos y enviar besos; mientras los agravios hacia los hombres corresponden

a silbidos y el acoso (alguien me sigue), con el 22.3% y 17%, respectivamente. Mientras que, a bordo del autobús, los gestos (63.3%) hacia las mujeres y el lenguaje obsceno (31.4%) hacia los hombres son las agresiones más frecuentes. Las agresiones sexuales físicas en ambos modos de TP aumentan directamente con el grado de confinamiento durante el viaje. En relación al metro, el preguntar para tener sexo es el agravio más sufrido por las mujeres (57.1%) y hombres (42.9%) en la etapa de acceso; el enviar besos a las mujeres (34%) y el acoso (17.6%) hacia los hombres son las agresiones más comunes mientras esperan, y los gestos hacia ellas y un lenguaje obsceno hacia ellos persisten mientras permanecen dentro del vagón; durante el uso del metro las agresiones sufridas se mantienen en los tres estadios,

explicado posiblemente por la homogeneidad en las instalaciones de este modo de transporte, mientras que en autobús persiste la diferenciación, las condiciones de las paradas e interior del autobús son diferentes. Lo que sugiere que los agresores varían o fijan su actuar hacia su víctima según el modo de transporte. En general los hombres son blanco de agresiones en menor medida que las mujeres; sin embargo, es interesante señalar que únicamente en el modo autobús, el mostrar pornografía, ellos lo sufren de un 47% a 57% más que las mujeres mientras esperan o están dentro del autobús, respectivamente, y en una relación de 2.3 y 1.6 más, ellos sufren respectivamente, manoseos (en espera) y pedirles tener sexo (abordo).

Tabla 2. Agresiones en relación con el género y modo (en %). Fuente: Elaboración propia

Agresión tipo sexual	tipo	Autobús				Metro					
		Espera		Abordo		Acceso		Espera		Abordo	
		M	H	M	H	M	H	M	H	M	H
No verbal	Seguir (acoso)	35.1	17.0	28.8	14.9	14.7	12.2	26.7	17.6	25.1	16.5
	Gestos	36.6	10.6	61.3	13.8	22.0	4.8	33.5	8.5	52.4	8.5
	Pornografía (mostrar)	4.7	6.9	5.8	9.0	4.7	1.6	5.2	4.8	7.3	3.2
	Exhibicionismo	8.9	9.0	18.8	16.5	4.7	4.8	7.3	6.9	19.4	9.0
	Masturbación	12.0	4.3	12.6	9.6	4.2	2.1	8.4	2.7	16.8	8.0
	Enviar besos	36.1	7.4	27.2	7.4	20.9	14.9	34.0	17.0	37.2	17.6
Verbal	Tener sexo con desconocido	7.3	3.2	4.7	8.0	57.1	42.9	7.9	3.7	9.4	6.9
	Comentarios sexuales (aspecto físico)	33.0	6.4	38.2	8.5	13.6	2.7	22.0	6.4	23.0	6.4
	Comentario provocación	22.0	5.3	20.9	9.6	9.9	4.3	16.8	6.9	18.3	9.6

	lenguaje obsceno	29.8	14.4	38.2	31.4	16.2	12.2	23.6	13.8	34.0	22.3
	Piropos	62.8	11.7	43.5	16.5	17.8	5.9	25.1	5.3	31.9	9.6
	Aspectos personales	8.9	4.3	8.9	6.4	7.3	1.6	13.1	4.8	12.0	6.4
	Silbidos	60.7	22.3	36.1	23.4	9.9	3.2	12.6	6.4	20.4	10.6
Física	Manoseos	3.1	7.4	32.5	14.9	11.5	6.9	9.4	4.3	32.5	14.4
	Besos indeseados	6.8	6.9	6.3	7.4	5.8	1.1	8.4	4.8	11.5	6.4
	Jalar, tocar pelo	7.9	5.9	18.3	8.5	5.2	2.7	6.3	4.8	8.4	6.9

PERCEPCIÓN DE LA SEGURIDAD

En las figuras 1 y 2 se presenta la percepción de los estudiantes acerca de la seguridad durante el uso del autobús y metro en relación con la hora en que realiza el viaje. Respecto al autobús (figura 1), el 36% de los estudiantes indicaron que algunas veces se sienten seguros esperando y a bordo del autobús durante el día. El 47.6% de ellas indicaron niveles esporádicos (raramente y nunca) de seguridad en la parada, mientras el 38% de los hombres aceptaron esos mismos niveles de frecuencia; esas proporciones disminuyen a 42.1% y 32.3% cuando los estudiantes están a bordo del autobús. Mientras para los niveles siempre y frecuentemente para los hombres cambia de 26.2% (espera) a 28% (abordo), pero para las mujeres la proporción de una frecuencia positiva disminuye de 16.4% a 12.2%; esto indica que los estudiantes no perciben una etapa más segura durante el uso del sistema de autobús, sino que atribuido a la trayectoria del viaje. Cuando el viaje es realizado en la noche, la frecuencia acerca de la seguridad se manifiesta en los dos niveles más negativos: raramente y nunca. Para las mujeres la frecuencia de sentirse menos

segura (raramente y nunca) mientras esperan el autobús aumenta 29% por la noche, mientras a bordo del autobús la proporción aumenta un 37.3%. Eso es indicativo que a bordo de autobús ellas sufren agravios en cantidad o intensidad que no están presentes en la parada, como anteriormente ya se mencionó, las ofensas sexuales son aumente a bordo del autobús; adicionalmente se presentan otros tipos de crímenes como los robos. Con respecto a los hombres, la proporción de ellos aumenta ligeramente en sentirse seguros (durante el día) a bordo del autobús en relación con la espera en niveles como frecuentemente o nunca. Con respecto a viajes durante la noche, ellos también se sienten seguros con menor frecuencia, disminuyendo la percepción de la seguridad en 28.1% a bordo del autobús durante la noche con respecto al día. El aumento de la frecuencia de sentirse inseguro para los hombres se deba principalmente a que esa inseguridad es explicada principalmente por crímenes como robo o asaltos, y en menor grado explicado por agravios de tipos sexual.

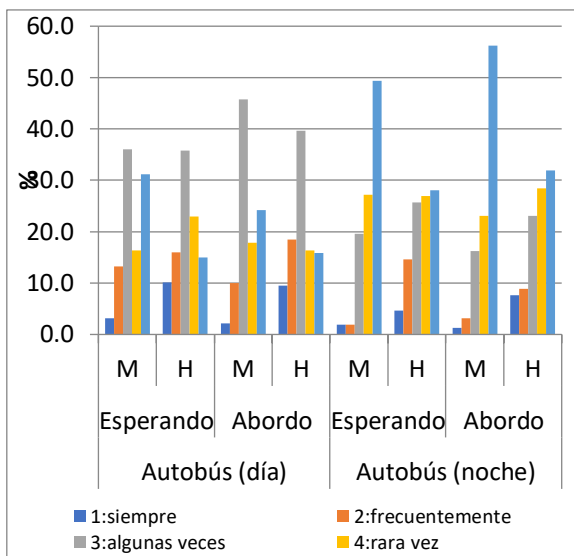


Figura 1. Percepción de la seguridad: Autobús. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se presentan el nivel de frecuencia de seguridad al utilizar el metro. Para todos los estudiantes se observa que mientras esperan, durante un viaje en el día, los niveles de seguridad (siempre y frecuentemente) ostentan las proporciones más altas, y éstas se presentan para los niveles raramente y nunca para los viajes durante la noche. De acuerdo con la etapa del viaje, las mujeres disminuyen en un 14% la frecuencia de seguridad a bordo de metro en relación a esperar (durante el día), contrario al aumento del 2.7% que se identifica para los hombres, es decir, existen crímenes o agresiones que se intensifican hacia las mujeres a bordo del vagón. Para viajes en la noche la disminución de esperar a abordó disminuye en un 19.7% y 11.5% para las mujeres y hombres, respectivamente. Al

considerar el modo y estadio del viaje, se identifica que la disminución de seguridad disminuye hasta un 34.9% para las mujeres mientras esperan y para los hombres disminuye un 31.3% cuando están dentro del vagón.

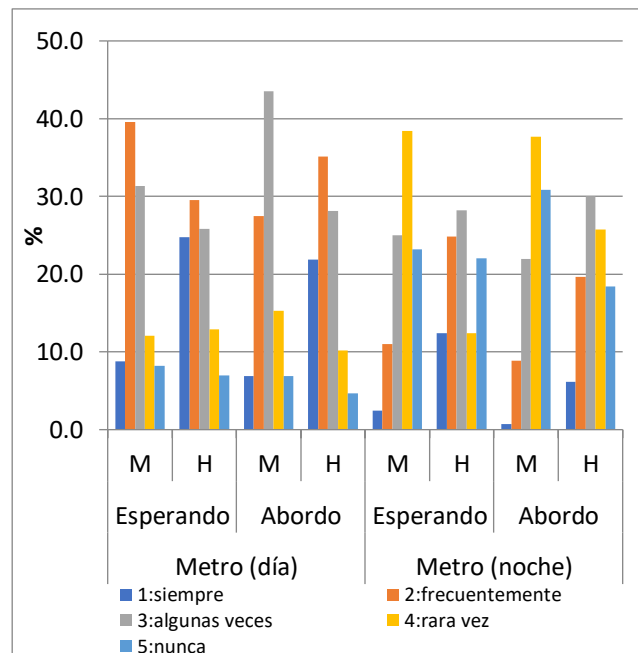


Figura 2. Percepción de la seguridad: Metro. Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

En este estudio se investigó la percepción declarada de estudiantes universitarios acerca de la seguridad durante el tránsito en TP de estudiantes universitarios. Los resultados se presentaron por separado para mujer y hombre, y en relación con dos modos de transporte: autobús (niveles bajos de servicio) y metro (características estandarizadas). Los resultados presentados corresponden a estudiantes de nivel superior por lo que las conclusiones se deben tomar

con cuidado, limitando la extrapolación a otros estratos de usuarios de TP.

Con respecto al grupo LGBTQI, las mujeres que aceptaron pertenecer a este estrato presentan mayor frecuencia de sufrir agresiones sexuales, reforzándose durante el uso del metro, sin embargo, al mismo tiempo ellas presentan un nivel de indiferencia ante el agravio, lo anterior posiblemente sustentado en el hecho de que en la cultura mexicana existen obstáculos de aceptación para estos grupos de la población.

El grado de movilidad del usuario depende de los niveles de hacinamiento, por lo que es necesario incorporar esta variable en estudios posteriores, bajo el supuesto que a mayor hacinamiento las percepciones acerca de la seguridad y la probabilidad de que un usuario sea víctima (Ball y Wesson, 2017). Adicionalmente, en este estudio se encontró que la frecuencia de que el estudiante se sienta seguro en TP no depende directamente del lugar del sistema donde se encuentre (parada, andén, o abordaje), es decir la inseguridad no depende propiamente del sistema de TP o infraestructura sino que los estudiantes se sienten inseguros por los niveles de actos ilícitos, por lo que es necesario que en estudios posteriores exclusivamente de TP se obtenga información

que no esté correlacionada con percepciones de inseguridad originados no solamente por agresiones sexuales sino por otros delitos como los robos, hurtos o asesinatos.

REFERENCIAS

- Ball, K. y Wesson, C. (2017). Perceptions of unwanted sexual behavior on public transport: exploring transport density and behavior severity. *Crime Prev Community Saf.* 19, 199-210.
- Cervero, R. (2000). *Informal Transport in the Developing World*. United Nations Commission on Human Settlements, Nairobi, Kenya.
- Dymen, C, y Ceccato, V. (2012). Chapter 13: An international perspective of the gender dimension in planning for urban safety. In: V. Ceccato, *The Urban Fabric of Crime and Fear*. Springer Science + Business Media B.V.
- ENVIPE (2017). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (2018). México.
- ENVIPE (2018). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública. México
- Işık, I. y Kulakaç, Ö. (2015) Verbal sexual harassment: A hidden problem for Turkish adolescent girls. *Asian Journal of Women's Studies*, 214:4, 431-449.
- Ortúzar, J. (2000). *Modelos de demanda de transporte*. Alfaomega-Ediciones Universidad Católica de Chile: México.
- Romero, J. (2014). Definición de la ruta de transporte escolar de la UAP Nezahualcóyotl. Informe técnico, UAEM.
- Spohn, R., Bjornsen, A. y Wrigth, E. (2017). Factors associated with reporting of sexual assault among college and non-college women. *Journal of Aggression, Conflict and Peace Research*, 9 (4), 279-289.
- Vuchic, V. (2007). *Urban transit systems and technology*. John Wiley & Sons: New Jersey, EU.