



Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

Instituto Tecnológico Superior de Misantla
Año 2018, Número 1

ISSN: 2395-9649



Información Legal

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías, Año IV, Número I, noviembre 2018, es una publicación anual editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, Teléfono 01 232 323 1545, correo: cinterdisciplinario@itsm.edu.mx; página web: www.itsm.edu.mx, página web <http://pmii.itsm.edu.mx>, <http://pmii.itsm.edu.mx/documentos/memoriaci2018.pdf>. Editor responsable: Dr. David Reyes González. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-102716093000-203 otorgada por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Coordinación de la Maestría en Ingeniería Industrial ITSM, Dr. David Reyes González, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, fecha de última modificación, 30 de noviembre de 2018.

Se autoriza cualquier reproducción parcial de los contenidos o imágenes de la publicación siempre y cuando sea sin fines de lucro y para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente dando los créditos a los autores del artículo.

El contenido de los artículos publicados es responsabilidad de los autores y no representa el punto de vista del editor de la revista electrónica del Congreso Interdisciplinario de Ingenierías 2018.

CONGRESO INTERDISCIPLINARIO DE INGENIERÍAS

Año 2018 | No. I

Subsecretaria de Educación Superior

**Dirección General de Educación Superior
Tecnológica**

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

CII 2018

Directorio

Director General ITSM, México

Dr. José Alberto Gaytán García

Subdirectora Académica ITSM, México

M.S.I. Ana Lilia Sosa y Durán

Director de Planeación y Vinculación

M.A. José Edgar Soto Meneses

Director de Servicios Administrativos ITSM, México

Mtro. Reyes Pérez y Cano

Subdirector de Posgrado ITSM, México

MSC. Galdino Martínez Flores

Coordinador de la Maestría en Ingeniería Industrial ITSM, México

Dr. David Reyes González

Cuerpo Editorial

Editor General

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Editor

Dr. David Reyes González

Comité Revisor

Dr. Luis Mejía Macario, ITSM, México

Dr. Gustavo Martínez Castellanos, ITSM, México

Dr. Saúl Santiago Cruz, ITSM, México

Dr. Isidro Rodríguez Montoro, ITSM, México

Dr. David Reyes González, ITSM, México

Dr. Rajesh Roshan Biswal, ITSM, México

Dr. David Lara Alabazares, ITSM, México

Dr. Eddy Sánchez de la Cruz, ITSM, México

Corrección de Estilo

Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas ITSM, México

MGyDS. Gricelda Pérez Hernández UTEG, México

Distribución

Publicación electrónica disponible en: <http://pmii.itsm.edu.mx/documentos/MEMORIA%20CII%202018.pdf>

Correo electrónico: cinterdisciplinario@itsm.edu.mx

Introducción

El Congreso Interdisciplinario de Ingenierías es un espacio multidisciplinario anual del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, cuyo objetivo principal es compartir resultados de investigaciones científicas realizadas por estudiantes y académicos investigadores de los programas de ingeniería perteneciente al Tecnológico Nacional de México, Centros de Investigación e Instituciones de Educación Superior del país.

Las áreas de interés de esta primera edición están principalmente relacionadas con el mejoramiento de las PYMES y Decisiones Gerenciales. Así mismo, todos los trabajos están dirigidos a especialistas en las distintas áreas de interés. Los trabajos aceptados provienen de investigación experimental, descriptiva, análisis o inferencias, estudios de casos analizados mediante técnicas cuantitativas, cualitativas o una combinación de ambas. También se integran al documento trabajos basados en investigación bibliográfica que permiten un avance en el estudio del tema.

Esta publicación está dirigida al público en general con interés en las temáticas expuestas, y se espera sirvan de referencias para nuevos trabajos de ingeniería.

Contenido

Análisis de la cadena productiva de piedra pómez. Caso de Estudio: En Planta Pómez Jiménez	.....	8-15
<i>Ing. Ind. Jorge Orlando Córdova Canales¹, Ing. Ind. Félix Galindo Zárate², Ing. Ind. José Luis Hernández de Lázaro³, Ing. Ind. Alma Luz Alarcón Hernández⁴, Dr. Saúl Santiago Cruz⁵</i>		
Análisis del galvanizado en caliente de varillas de acero en Metalyzinc, S.A de C.V a través de un modelo de simulación con Arena para determinar la efectividad del proceso	.....	16-27
<i>José Valente Díaz Fernández, Ing.¹, Ing. Alicia de Jesús Fernández Maldonado², Ing. Jessica Leticia Morales Ontiveros³, Dr. Isidro Rodríguez Montoro⁴, Ing. Pedro Ávalos Méndez⁵.</i>		
Análisis Multicriterio para el adecuado Control de los Productos en un Centro de Distribución de Veracruz	.....	28-39
<i>Ing. Jorge Roberto de Jesús Maravilla Tiburcio¹, Dr. Isidro Rodríguez Montoro², Ing. Miguel Ángel Hernández Díaz³.</i>		
Aplicación De Ingeniería Industrial Para La Optimización De Recursos De La Empresa Alimentaria ‘Pepi Grill’	.....	40-46
<i>José Antonio Hernández Fernández, alumno¹, Vannia Naomi González Fernández, alumno², Dra. Elsa Elena Corona Mayoral, catedrático³, M.C. Delia del Carmen Gamboa Olivares, catedrático⁴, M.A.N. Mónica Lizzeth Hernández Lagunes, catedrático⁵.</i>		
Control Estadístico de la Calidad para el Mejoramiento en el Proceso de Hule Granulado 20 HEM	.....	47-52
<i>Dr. Sergio Sáenz Hervert¹, M.A. Juan Carlos Barajas Chávez², René Zalazar García³, Ing. Ind. Francisco Cruz Hervert⁴</i>		
Diseño de un Modelo de Simulación Discreta para proponer mejoras en el Área de Urgencias de un Hospital General en Veracruz	.....	53-64
<i>Miguel Ángel Hernández Díaz, Ing.¹, Ing. Jorge Roberto de Jesús Maravilla Tiburcio², Ing. Ariadna Nayeli García Ramírez³, Ing. José Miguel Téllez Zepeda⁴, Dr. Isidro Rodríguez Montoro⁵.</i>		
El tamaño de los grupos y su efecto en la calidad de la enseñanza y en el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Veracruz	.....	65-69
<i>Rodolfo Alberto Román Montano M.G.C.¹, M.C. Delia del Carmen Gamboa Olivares², Ing. Josué Iza Lendecky³, Ing. Adalberto Torreblanca Zorrilla⁴, C. Kevin Jared Fernández Sánchez⁵</i>		
Enfoque metodológico para la zonificación de regiones acuícolas basado en sistemas de información geográfica	.....	70-80
<i>Fabiola Guadalupe Lobato Rosales, Ing.¹, Ing. Anett Yeli Martell Tamanis², MII. Gabriel Grosskelwing Núñez³, Ing. Mauricio Grosskelwing Núñez⁴.</i>		

Estudio de las características sensoriales del Hot Cake elaborado con mezcla de leguminosas	.....	81-84
<i>Mtra. Elizondo Nolasco Bertha Yadira¹, Docente de Ingenierías, Mtra. Torres Morales Susana del Carmen²; Docente Económico Administrativas, Trejo Cabrera Martha Berenice³, Estudiante, Saucedo Benites Alejandra Elizabeth⁴, Estudiante</i>		
Evaluación del Potencial Eólico de la Región de Perote, Veracruz, A Diferentes Alturas.	.....	85-91
<i>David Rodolfo García Moreno, Ing.¹, Dr. David Reyes González²</i>		
Metodología de Análisis del flujo vehicular a través de Simulación Discreta para reducir congestiones viales a través de rutas alternas en Misantla Veracruz	.....	92-103
<i>Ing. Ind. Magaly López Lagunes¹, I.G.E. César Alberto Hernández Sánchez², Dr. David Reyes González³, Dr. Saúl Santiago Cruz⁴, M.I.I. José Aparicio Urbano⁵</i>		
Propuesta de un sistema de eficiencia energética en el alumbrado público del Municipio de Misantla Veracruz	.....	104-109
<i>Rodolfo Alberto Román Montano M.G.C.¹, C. Oscar Ruiz Acosta², Dr. Iván Valencia Salazar³, MC Jorge Arturo Mendoza Sosa⁴, Dr. Felipe Rodríguez Valdés⁵</i>		
Proyección de costos de producción del dulce artesanal “jamoncillo” a través de regresión lineal múltiple.	.....	110-116
<i>¹Lic. Martín Claudio García Moreno, ²Ing. Manuel Leonardo Luna Olarte, ³Administradora del Hospital General de Perote, Veracruz María Alejandra Fernández Carreón, ⁴Dr. Saúl, Santiago Cruz.</i>		

Análisis de la cadena productiva de piedra pómez. Caso de Estudio: En Planta Pómez Jiménez

Ing. Ind. Jorge Orlando Córdova Canales¹, Ing. Ind. Félix Galindo Zárate², Ing. Ind. José Luis Hernández de Lázaro³, Ing. Ind. Alma Luz Alarcón Hernández⁴, Dr. Saúl Santiago Cruz⁵

¹ El Ing. Jorge Orlando Córdova Canales, es alumno del programa de postgrado del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. Mail: ing_jocc@hotmail.com

² El Ing. Félix Galindo Zárate, es alumno del programa de postgrado del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. Mail: 172t0853@itsm.edu.mx

³ El Ing. José Luis Hernández de Lázaro, Personal administrativo del área de planeación y vinculación en el Instituto Tecnológico Superior de Perote, Perote, Veracruz. Mail: luis_hernandez85@hotmail.com

⁴ La Ing. Alma Luz Alarcón Hernández, Personal administrativo del área de planeación y vinculación en el Instituto Tecnológico Superior de Perote, Perote, Veracruz. Mail: alyto_8@hotmail.com

⁵ El Dr. Saúl Santiago Cruz, docente del programa de postgrado del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. Mail: ssantiagoc@itsm.edu.mx

Resumen— En el siguiente artículo se caracteriza la piedra pómez y se describen los aspectos importantes de la cadena productiva de este mineral, así como sus limitantes y sus oportunidades en la comercialización de este producto. Se recopiló información en campo mediante la observación y una lluvia de ideas con los mineros productores de la región de Perote, posteriormente se analizó la información a través de un diagrama causal y con base a las variables que tienen mayor influencia en esta cadena productiva, se elaboró un análisis FODA donde se despliegan los riesgos (Debilidades y Amenazas) que enfrentan las empresas mineras de Perote. Por último se plantearon acciones para poder mitigar los riesgos detectados.

Palabra(s) clave— Análisis FODA, cadena productiva, diagrama causal, piedra pómez.

Abstract— In The next article the pumice stone is characterized and the main aspects of the productive chain of this mineral are described, as well as its limitations and its opportunities in the commercialization of this product. Information was collected in the field through observation and a brainstorming with the producer miners of the Perote region, subsequently the information was analyzed through a causal diagram and based on the variables that have the greatest influence in this productive chain, a SWOT analysis was developed where the risks are deployed (Weaknesses and threats) faced by Perote mining companies. Finally, actions were proposed to mitigate the risks detected.

Key words – Causal diagram, productive chain, pumice Stone, SWOT analysis.

1. Introducción

En 2015 el estado de Veracruz se ubicó en tercer lugar a nivel nacional por su densidad de población, contando con 8, 112,505 habitantes, de los cuales viven 113 personas por kilómetro cuadrado. Se denota que en los años 2000, 2010 y 2015 había 6.9, 7.6 y 8.1 millones de habitantes respectivamente (INEGI, 2015). Esto indica claramente un crecimiento poblacional que cada día demanda más viviendas y edificaciones, hechas en su mayoría de bloques de hormigón. La demanda futura de las edificaciones que utilizan materiales de construcción como los bloques de hormigón, se calcula con base a los metros cuadrados construidos y estos a su vez dependen de variables socioeconómicas como hogares, tasa de formación de hogares, población, créditos aprobados, PIB per cápita, desempleo, censo de obras y licencias de construcción (Ríos Ocampo, Olaya Morales, & Rivera León, 2016).

La piedra pómez es un cristal volcánico vesicular o fragmento y de acuerdo a su porosidad, en algunas piedras las vesículas se interconectan haciendo que los fragmentos sean permeables y altamente absorbentes, pero en otros casos las vesículas se aíslan formando un material altamente poroso pero muy impermeable. Tiene

una dureza de 6.0 Mohs, su color comúnmente es gris claro a blanco, habiendo otros como el marrón y rosa que no son tan comunes. Su densidad es de aproximadamente de 2.5 g/cm³ (156 lbs/tr) y una de sus propiedades cualitativas es que se observa una diferencia entre su peso volumétrico suelto (540 kg/m³) y su peso al estar compactado en el yacimiento (600 kg/m³) (Hoffer, 1991).

Composición química de la piedra pómez

Compuestos	Nomenclatura	(%) de peso
SiO ₂	Dióxido de silicio	65.24
TiO ₂	Dióxido de titanio	0.65
Al ₂ O ₃	Trióxido de	15.22
	dialuminio	
MnO	Monóxido de	0.07
	manganeso	
MgO	Monóxido de	1.21
	magnesio	
Fe ₂ O ₃	Trióxido de dihierro	3.49
CaO	Monóxido de calcio	3.12
Na ₂ O	Monóxido de	4.70
	disodio	
K ₂ O	Monóxido de	3.37
FeO	dipotásio	0.39
	Monóxido de hierro	
LOI	Pérdida de ignición	2.52
	(loss of ignition)	

Tabla 1: Composición química de la piedra pómez determinada por fluorescencia de rayos X.

Fuente: YADESA. 2016.

Este mineral cuenta con propiedades que le permiten ser muy versátil y por lo tanto muy demandado, éstas son su bajo peso, capacidad de abrasión, capacidad de absorción y como aislante acústico. Al ser un material pétreo ligero, generalmente se emplea como componente de bloques de hormigón que son usados en la industria de la construcción de edificaciones y viviendas. Con respecto a su capacidad de abrasión, es utilizado en la fabricación de productos como, detergentes, pastas de dientes, cosméticos y como un elemento para el deslavado de la mezclilla. Otros usos que se le da son como componente de fertilizantes, como filtros, como ingrediente del cemento Portland, etc. Las empresas mineras son competitivas de acorde al grado en el que están organizadas, así como la capacidad que tienen para ajustar sus utilidades entre el precio de venta del producto y los costos de producción que se requieren para fabricarlo (Sánchez-Albavera & Lardé, 2006).

En la región de Perote Veracruz existen empresas mineras dedicadas a la explotación de la piedra pómez y éstas cubren con una gran parte de la demanda nacional. Los productos que principalmente comercializan son: el material a granel, que es utilizado para la elaboración de bloques de hormigón y el material seleccionado, que es vendido en costales a empresas dedicadas al deslavado de la mezclilla (Stone washing). Estos productos siguen una cadena productiva que envuelve todas las actividades que se relacionan con la explotación (eslabón inicial), la producción y la comercialización (eslabón final que corresponde al consumidor) (Coordinación general de minería, 2011).

Para cumplir con los requerimientos de los clientes, estas empresas han adoptado a lo largo de los años ciertos métodos de producción. Estos métodos hace unos años eran realizados de forma manual con varios grupos de personas, quienes extraían el mineral con palas y picos para que posteriormente llenaran vehículos de carga (trailers o camiones de volteo) con palas, haciendo que este proceso les tomara mucho tiempo. Además, otro método de producción era la selección granulométrica del material, el cual era llevado a cabo con arneros rudimentarios hechos de madera, para que después se almacenara el producto cribado en costales para su venta. Actualmente las empresas mineras optan por el uso de maquinaria pesada que les permite realizar desplazamientos de tierra y piedra pómez de una manera más rápida y económica, de igual forma, para cumplir

con los requerimientos de los clientes, las empresas han evolucionado y han emprendido en la utilización de cribas vibratorias para maximizar su producción.

2. Desarrollo

Con la observación a los diferentes sectores de la cadena productiva de la piedra pómez y mediante una lluvia de ideas que se realizó con productores mineros de Perote, se logró obtener información de los factores que tienen impacto en la cadena productiva, posteriormente, esta información se clasificó y englobó en variables que fueron usadas para la elaboración de un diagrama causal que muestra mediante flechas y signos la asociación directa o indirecta y las posibles rutas entre las causas y efectos de estas mismas variables (Sánchez-Niubò, Forero, & Benavides, 2016). Después de la realización del diagrama causal, se procedió a utilizar la herramienta FODA para llevar a cabo una lista de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas con base a las relaciones e influencias que se obtuvieron entre las variables del diagrama causal. A través del análisis de estas características cualitativas, se pretende realizar estrategias que puedan mitigar las Debilidades y Amenazas, con la ayuda de las Fortalezas y Oportunidades (Llorca, 2005).

2.1 Diagnóstico

Perote es un municipio del estado de Veracruz, el cual se localiza a $19^{\circ} 22'$ y $19^{\circ} 39'$ de latitud norte, en los meridianos $97^{\circ} 06'$ y $97^{\circ} 26'$ de longitud oeste; Colinda al norte con el estado de Puebla, y con los municipios de Altotonga, Jalacingo y Las Vigas de Ramírez; al este con Coatepec, Acajete, Xico, Ayahualulco y también con Las Vigas de Ramírez; al sur con Ayahualulco y con el estado de Puebla; y al oeste de igual manera con el estado de Puebla (CEIEG, 2017). Perote se divide en 22 localidades, entre las que destacan: San Antonio Limón Totalco, La Gloria, Francisco I. Madero, Justo Sierra, Tenextepec, Guadalupe Victoria, San José Los Molinos, Sierra de Agua, Zalayeta y El Frijol Colorado. Los depósitos más grandes de piedra pómez se localizan en el valle de Perote, El Tepeyac, El Rincón, Loma Larga, Orilla del Monte y en zonas aledañas a la comunidad del Frijol Colorado con alturas de hasta 30 o 35 metros. Cabe mencionar que existen otros lugares, los cuales son Sierra de Agua y Los Molinos donde se encontraban otros grandes depósitos de este mineral (con alturas de hasta 10 metros), pero por consecuencia de la sobre explotación de estos yacimientos, se encuentran casi agotados.

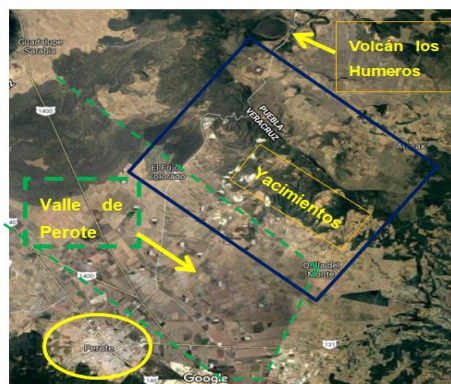


Ilustración 1: Yacimientos de piedra pómez en el valle de Perote.

Fuente: Google Maps.

En estos lugares existen muchas empresas que se dedican a la explotación de piedra pómez, estas empresas en su mayoría son de personas de la región y las demás de otras partes de la república. El principal uso de este mineral cuando se extrae, es para la producción de bloques de hormigón. Los bloques son creados con cemento, agua y piedra pómez a granel, mezclando los componentes y sometiendo dicha mezcla a un proceso de vibración y compactación. En las localidades de Sierra de Agua y Los Molinos se encuentran un gran número de microempresas (Bloqueras) dedicadas a la producción de estos bloques de hormigón, siendo estas empresas los principales consumidores de piedra pómez, por lo tanto, las minas de piedra pómez de la región tienen un amplio mercado en esta zona.



Ilustración 2: Yacimientos y empresas mineras en el valle de Perote.

Fuente: Google Maps.

2.2 Planteamiento del problema

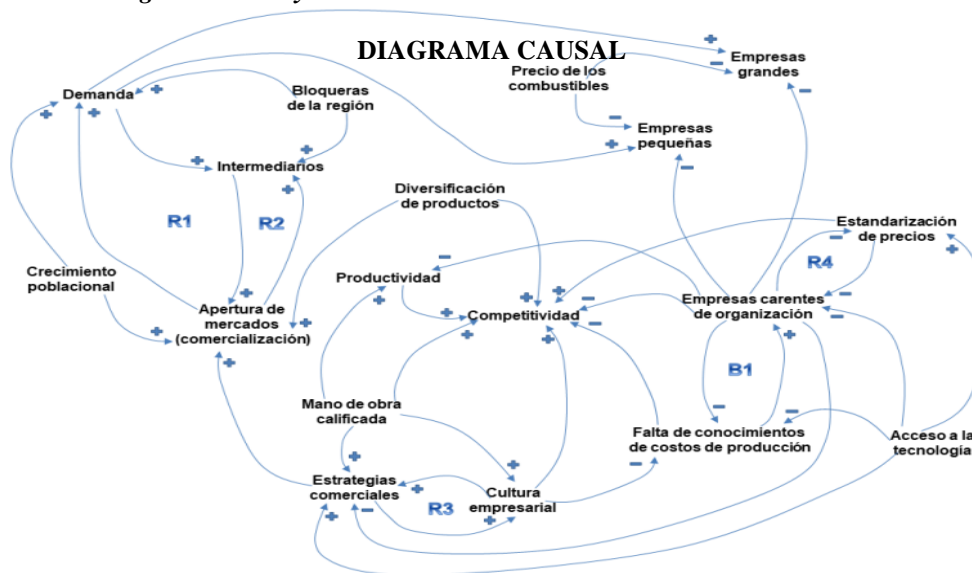
Gran parte de las empresas mineras de la región toman una postura arbitraria al ofrecer sus productos más baratos a los clientes, con la idea errónea de venderlos de una manera más fácil y poder así ser más competitivas, no obstante, no quiere decir que esa sea la mejor idea, ya que muchos productores desconocen sus costos reales de producción, entonces, al conocer sólo una parte de ellos, muchas veces perjudican sus márgenes de utilidades. La falta de capacitación del personal y falta de regulación de los intermediarios son otros factores que limitan la competitividad de estas empresas.

El presente artículo tiene como objetivo la realización de un análisis que permita enlistar los principales riesgos que enfrentará la empresa “Pómez Jiménez” en su cadena productiva. Este análisis pretende mostrar de una manera cualitativa las causas que limitan la producción y comercialización de los productos de piedra pómez.

2.3 Formulación de objetivo

El objetivo principal de esta investigación es la realización de un análisis FODA donde se enlisten las Debilidades y Amenazas de la cadena productiva de piedra pómez que aquejan a la empresa “Pómez Jiménez” en un marco regional y proponer acciones mediante las Fortalezas y Oportunidades que mitiguen dichas limitantes.

2.4 Elaboración del diagrama causal y análisis FODA



Análisis FODA

Fortalezas

- Contar con unos de los más grandes yacimientos de piedra pómez del país en la región de Perote.
- No tener mayores complicaciones de explotación y extracción de este mineral, debido a que casi todos los yacimientos se encuentran en un valle.
- Tener al alcance intermediarios que facilitan la venta del producto, así como la comercialización y transporte de éste a diferentes destinos.
- Tener yacimientos localizados cercanamente a carreteras que permiten la distribución del material hacia las grandes ciudades.
- Tendencia de crecimiento constante en la demanda, debido a que el crecimiento poblacional, necesita cada día más insumos de materiales de construcción.
- Ser un producto no perecedero y muy resistente, por lo tanto, puede ser manipulado y transportado sin mayores complicaciones.
- Precio del material pétreo con un aumento mínimo a lo largo del tiempo, pero nunca descendente, debido a su demanda creciente.
- Tener potencialmente instituciones educativas y universidades que tengan la capacidad de capacitar y dar formación al capital humano.

Debilidades

- Ser empresas pequeñas y precarias, susceptibles ante diversas situaciones como: aumentos en los costos de los insumos, intermediarios que piden créditos, fijación de precios por empresas más grandes, regulaciones gubernamentales, entre otras.
- Mantener procesos de producción elementales y empíricos, por causa de una falta de convicción de tener mano de obra calificada, además de no contar con una cultura empresarial, que cause problemas organizacionales y de administración, repercutiendo directamente en la competitividad y subsistencia de estas empresas en el mercado.
- Falta de conocimiento técnico y de control de calidad en el rubro, que limiten la entrada hacia otros mercados.
- Tener administraciones carentes de una organización y de control técnico de su producción, que haga que se desconozcan sus costos reales de producción e insumos, limitándolas competitivamente.
- Carencia de planes de mantenimiento (preventivo y predictivo) y falta de recursos para afrontar desperfectos de los equipos, que causen paros repentinos en la línea de producción.
- Falta de estrategias comerciales que permitan el ingreso a nuevos mercados.
- Incumplimiento de pedidos por falta de vehículos para poder transportar el producto hacia los destinos que son demandados.
- Falta de publicidad y difusión del producto que lo limite sólo a la venta en el mismo lugar.

Oportunidades

- La piedra pómez es un elemento esencial para la creación de losas ligeras y para la creación de bloques de hormigón, por lo tanto es altamente demandable para las obras civiles.
- Acceso a la tecnología y la capacitación del personal que contribuya a que las empresas mineras sean más productivas y a su vez, puedan obtener mejores utilidades.
- Cercanía de Grandes ciudades como Puebla, Veracruz, México y Tlaxcala que cuenten con una alta demanda de materiales de construcción.
- Factibilidad de creación de diferentes productos con base en la piedra pómez (bloques, tabicones, material pulverizado para fertilizantes, seleccionado para lavanderías, etc.) para darle un valor agregado y así poder acceder hacia otros mercados más lucrativos.
- En cuanto al mercado extranjero no imponen aranceles a este producto.
- Realización de alianzas estratégicas con la competencia para el cumplimiento de pedidos.
- Existen más de 200 fábricas de bloques en la región. Éstas son clientes estables que demandan este producto constantemente.

- La publicidad y la comercialización de este material pétreo por internet no ha sido adoptada por la mayoría de las empresas mineras, haciéndolo un mercado potencial.

Amenazas

- Carecer de permisos de explotación, haciendo que las empresas mineras sean propensas a sanciones por parte del gobierno.
- Falta de estandarización de precios del producto entre las empresas pequeñas y grandes, propiciando que haya una guerra de precios muy variables.
- Intermediarios que contribuyan con la guerra de los precios, al regatear éstos, haciendo que se vean afectadas las utilidades de las empresas.
- Problemas con la ley a causa del incumplimiento de normas ambientales y de seguridad laboral, ocasionando infracciones o clausura de las empresas.
- Aumentos en el combustible (diesel), lubricantes, gasolinas e insumos que incrementen los costos de producción, haciendo que afecte principalmente a las empresas pequeñas que no tengan suficiente liquidez, repercutiendo en su competitividad.
- Falta de transporte público para el personal que labora en estas empresas.
- Accidentes labores de explotación por falta de conocimiento técnico y de normas de seguridad.
- Nuevas regulaciones de producción, mercado o legales.
- Robos de insumos, refacciones, equipos, etc. por parte de terceros, debido a la falta de personal de vigilancia.

2.5 Análisis de la información recabada

Mediante el uso de la herramienta de análisis FODA se detectaron diferentes riesgos para la creación o para la supervivencia de empresas mineras de piedra pómez en Perote, estos riesgos son enlistados en las Debilidades y Amenazas, las cuales limitan a la competitividad y el crecimiento, por lo tanto, es menester realizar acciones estratégicas para convertirlas en fortalezas y oportunidades. Cabe mencionar que esto dependerá de sus conocimientos, recursos, capacidades y capital humano de cada empresa.

De igual manera, es importante prestar atención a las Fortalezas y Oportunidades, ya que son factores que al ser aprovechados de una manera eficiente, pueden ser capaces de contrarrestar las Debilidades y Amenazas (Martínez Ques, Hueso Montoro, & Gálvez González, 2010).

Acciones para combatir los riesgos

- Fomentar la idea de capacitación del personal sobre aspectos productivos y administrativos, con el fin de fortalecer aspectos organizacionales y técnicos.
- Romper paradigmas y malas costumbres que coarten la búsqueda de alternativas de métodos producción o explotación, para poder así tener un enfoque diferente e innovador que permita ser más productivo.
- Elaborar y dar seguimiento a indicadores de productividad y de insumos que permitan la identificación de faltantes y de fallas en el control de calidad. Con esta acción se mitigará los paros de producción, rechazo de material defectuoso y se podrá tener un inventario adecuado.
- Hacer que las empresas mineras se capaciten y traten de apegarse en las normativas mineras del país, así como regulaciones ambientales, laborales y de seguridad para los trabajadores.
- Invitar o facilitar el acceso de estudiantes de universidad para la realización de prácticas de mejora de los procesos productivos y administrativos, con el fin de que ayuden a la elaboración de manuales de procedimientos o capacitación del personal de las empresas mineras. Con estas prácticas se podrá ir mejorando paulatinamente las áreas operativas y administrativas.
- Visualizar y tratar de incurrir en diferentes canales de comercialización, como lo es la venta del producto por internet, o la implementación de marcas en los envases del producto, para poder acceder a otros mercados.
- Realizar asambleas con los diferentes productores mineros para poder llegar a acuerdos sobre el precio del producto.

- Formalizar tratos directos con los consumidores de este mineral, tratando de evitar los intermediarios, para que no afecten las utilidades de las empresas.

3. Conclusiones

El diagrama causal permitió visualizar de una manera esquemática la interacción entre las diferentes variables que se ven involucradas en la cadena productiva de la piedra pómez. Estas interacciones que están representadas por signos y flechas, remarcan que hay ciertas variables que tienen mayor influencia en las demás, como lo es la demanda, la competitividad, las empresas carentes de organización, la apertura de mercados, las estrategias comerciales y la falta de conocimientos de los costos de producción.

El análisis FODA se realizó con base a la interacción de las variables del diagrama causal, y mediante la información que fue recabada de los productores mineros.

Los yacimientos que se encuentran en la región de Perote son de fácil acceso, asimismo, el mineral que se extrae de ahí tiene una gran demanda que actualmente se encuentra en constante crecimiento, debido al incremento en la población que consume materiales de construcción para la elaboración de sus viviendas y obras públicas.

Existen rubros en los que se debe de hacer hincapié para promover una cultura empresarial que permita que las empresas puedan ser más competitivas y que puedan mantenerse en el mercado. La capacitación de los empleados, la creación de una organización administrativa y la elaboración de indicadores de producción, son unos de esos rubros.

Los riesgos a los que se enfrentan las empresas que pretenden incurrir o que desean mantenerse en la explotación de la piedra pómez son expuestos en las debilidades y amenazas del análisis FODA. Estos riesgos muestran que es necesaria la capacitación del personal que labora en estas empresas, de lo contrario habrá pérdidas en cuanto las utilidades, debido a la falta de conocimiento de métodos y controles de producción, paros de producción por la falta de planificación del mantenimiento a los equipos, variación en la calidad del producto y pérdida en la rentabilidad de la empresa al no estudiar y gestionar la apertura a otros mercados.

Además, otros riesgos a los que se enfrentan estas empresas son la falta de permisos de explotación y el apego hacia las normas ambientales y de seguridad laboral, las cuales generan una presión por parte del gobierno para que se realicen labores de explotación de acuerdo a la ley, con el propósito de no generar un desequilibrio ecológico y que los trabajadores tengan condiciones laborales seguras. Si lo anterior se incumple, se efectuarán acciones legales que pueden hacer que las empresas sean acreedoras a multas o en último caso la clausura de las labores de explotación (Dirección General de Minas, 2014).

Por último, otro riesgo es la guerra de precios, que es originada por las empresas grandes y por los intermediarios, quienes hacen que sea muy fluctuante el precio de la piedra pómez. Al no establecer un precio fijo en la región, se perjudican principalmente las empresas más pequeñas, las cuales no siempre tienen solvencia económica o sus márgenes de utilidades no son lo suficientemente robustos como para afrontar una reducción en el precio de venta del producto.

4. Referencias

- CEIEG. (03 de Octubre de 2017). *CEIEG 2018*. Obtenido de <http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2017/05/Perote.pdf>
- Coordinación general de minería. (2011). *Cadenas productivas del sector minero*. Distrito Federal, México.
- Dirección General de Minas. (2014). *Secretaría de Economía*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2018, de http://www.siam.economia.gob.mx/work/models/siam/Resource/Avisos/pag_prin.pdf
- Hoffer, J. M. (1991). *Pumice and pumicite in Arizona*. El Paso, Texas.
- INEGI. (2015). *INEGI*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2018, de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/poblacion/>
- Llorca, F. (2005). Análisis FODA del compromiso de gestión de la CCSS y su reglamento. *SciELO*, 25-32.
- Martínez Ques, Á. A., Hueso Montoro, C., & Gálvez González, M. (2010). Fortalezas y amenazas entorno a la seguridad del paciente según la opinión de los profesionales de enfermería. *SciELO*, 42-49.
- Ríos Ocampo, J. P., Olaya Morales, Y., & Rivera León, G. J. (2016). Proyección de la demanda de materiales de construcción en Colombia por medio de análisis de flujos de materiales y dinámica de sistemas. *SciELO*, 75-95.

Sánchez-Albavera, F., & Lardé, J. (2006). *Minería y competitividad internacional en américa latina*. Santiago de Chile: Naciones unidas.

Sánchez-Niubò, A., Forero, C. G., & Benavides, F. G. (2016). Utilidad de los diagramas causales para conceptualizar mecanismos en epidemiología laboral. *Scielo*, 103-106.

5. Notas Biográficas

El **Ing. Jorge Orlando Córdova Canales**, es estudiante del programa de postgrado de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, México. Mail: ing_jocc@hotmail.com

El **Ing. Félix Galindo Zárate**, es estudiante del programa de postgrado de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, México. Mail: 172t0853@itsm.edu.mx

El **Ing. José Luis Hernández de Lázaro**, es integrante del personal administrativo del área de planeación y vinculación del Instituto Tecnológico Superior de Perote, Perote, Veracruz, México. Mail: luis_hernandez85@hotmail.com

La **Ing. Alma Luz Alarcón Hernández**, es integrante del personal administrativo del área de planeación y vinculación del Instituto Tecnológico Superior de Perote, Perote, Veracruz, México. Mail: alyto_8@hotmail.com

El **Dr. Saúl Santiago Cruz**, docente del programa de postgrado del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. Mail: ssantiagoc@itsm.edu.mx

Análisis del galvanizado en caliente de varillas de acero en Metalyzinc, S.A de C.V a través de un modelo de simulación con Arena para determinar la efectividad del proceso

José Valente Díaz Fernández, Ing.¹, Ing. Alicia de Jesús Fernández Maldonado², Ing. Jessica Leticia Morales Ontiveros³, Dr. Isidro Rodríguez Montoro⁴, Ing. Pedro Ávalos Méndez⁵.

¹El Ing. José Valente Díaz Fernández es alumno de Posgrado de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz; e-mail: iicp.jvdf@gmail.com

²La Ing. Alicia de Jesús Fernández Maldonado es alumna de Posgrado de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz; e-mail: afernandezm.17@gmail.com

³La Ing. Jessica Leticia Morales Ontiveros es alumna de Posgrado de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz; e-mail: jlmo@live.com.mx

⁴El Dr. Isidro Rodríguez Montoro es profesor Investigador del área de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz; e-mail: irodriguez@itsm.edu.mx

⁵El Ing. Pedro Ávalos Méndez es Supervisor de Producción de la línea de Galvanizado por inmersión caliente en la empresa de servicios anticorrosivos Metalyzinc, S.A. de C.V, Veracruz, Veracruz; e-mail: metalyzinc@grupocobos.com.mx

Resumen— El presente artículo describe la investigación llevada a cabo para el desarrollo de un modelo para la simulación del proceso de galvanizado por inmersión en caliente de varillas de acero en la empresa Metalyzinc, S.A. de C.V., utilizando Arena® Simulation Software. Analizando el sistema bajo estudio con base en los principios de simulación de eventos discretos, a través de la creación de un modelo que incluye relaciones lógicas, probabilísticas y estadísticas del proceso industrial del galvanizado por inmersión en caliente, se simula una producción de 8000 toneladas de varilla de acero; siendo la primera vez que la empresa debe procesar tal volumen de este material. A través de la simulación se prueba que las condiciones presentes no son las ideales para realizar efectivamente el trabajo, debido a la presencia de un cuello de botella en un punto crítico del proceso. Mediante la aplicación de cambios en algunos de los recursos de la simulación del modelo inicial, se genera un modelo alternativo, derivando propuestas tales como una modificación del procedimiento de trabajo y la fabricación de una tina de limpieza de arreglos sustentadas en las herramientas de animación propias del software, mostrando así que el procesamiento del material se hace de manera más eficiente, ayudando de esta forma a la gerencia en la toma de decisiones.

Palabra(s) clave— Simulación, evento discreto, galvanizado en caliente, proceso industrial, toma de decisiones.

Abstract – This paper describes the research carried out for the development of a model to simulate the process of hot dip galvanization of steel rods in the company Metalyzinc, S.A. de C.V., using the Arena® Simulation Software. Analyzing the system under study based on the principles of discrete events simulation, through the creation of a model that includes logical, probabilistic and statistical relationships of the industrial process of hot dip galvanizing, a production of 8,000 steel rods tons is simulated; being the first time that the company must process such volume of this material. Through the simulation, it is demonstrated that the current conditions are not ideal to perform the work effectively, due to the presence of a bottleneck at a critical point in the process. Through the application of changes in some of the resources of the initial simulation model, an alternative model is generated, deriving proposals such as a modification of the work procedure and the manufacture of a cleaning vat of arrangements, supported by the software animation tools, showing that the processing of the material is done more efficiently, thus helping management in the decision making.

Key words – Simulation, discrete event, hot dip galvanizing, industrial process, decision making.

1. Introducción

La simulación de procesos industriales se usa para desarrollar y validar el diseño de plantas industriales, admitiendo la comparación de diferentes escenarios de tal manera que se pueda predecir el comportamiento de

cada uno de ellos. La simulación se comenzó a utilizar metódicamente por grandes compañías para formar modelos, con el fin de analizar y optimizar procesos productivos de cierta complejidad, entre estas empresas figuran Boeing, Lockheed-Martin, Daimler-Chrysler y Toyota (Villanueva, 2008). Uno de los principales problemas que presentan muchas de las líneas de producción es la diferencia de tiempos de ciclo entre máquinas o equipos y la dificultad de planificar sus horas de funcionamiento. Con la simulación y la creación de modelos se consigue detectar con claridad los cuellos de botella y tener una perspectiva dinámica del balanceo de la línea de producción. Los modelos de simulación pueden diferenciarse entre modelos de simulación continua y modelos de simulación discreta, en función del tipo de variables de tiempo que aparezcan en el problema. (Hillier y Lieberman, 2010). Acentuando por las características propias del proceso que se investiga en este artículo el concepto de simulación de eventos discretos, éste se puede definir como el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio, cuando se presenta un evento determinado. El objetivo del modelo de simulación consiste, precisamente, en comprender, analizar y mejorar las condiciones de operación relevantes del sistema (García et al., 2013). La simulación de un sistema discreto tiene una perspectiva doble: el reto metodológico que plantea la comprensión de un fenómeno a través del proceso de elaboración de un modelo de simulación por computadora, lo que representa el grado de conocimiento que se tiene del sistema en el momento de la construcción del modelo y la de la técnica que permite la correspondencia entre el sistema real y el modelo de simulación que lo representa, técnica que permite que el modelo esté construido a la medida del sistema simulado (Barceló, 1996).

Por todo lo anteriormente mencionado, se justifica la utilización de técnicas de simulación discreta como herramienta de ayuda para la toma de decisiones empresariales, pues además permite: predecir el resultado de las decisiones que se tomen sobre un problema, identificar áreas problemáticas antes de la implantación de la decisión tomada, evaluar ideas y su viabilidad, identificar ineficiencias, optimizar procesos, etc. “En cualquier caso, es importante tener claro que la simulación no resuelve los problemas por sí misma, sino que ayuda a identificar los problemas relevantes y evaluar cuantitativamente las soluciones alternativas”. (Puche, J.C. et al., 2016).

La empresa veracruzana de servicios anticorrosivos Metalyzinc S.A. de C.V., fue fundada en 1989 y se dedica entre otros procesos, al galvanizado por inmersión en caliente que empezó a ofrecer a los clientes nacionales desde el año 2000. Metalyzinc S.A. de C.V. enfrenta un proyecto del galvanizado de 8000 toneladas de varilla corrugada de acero para el segundo semestre del presente año, para un cliente que construirá un edificio (recinto) en la zona portuaria de Veracruz, Ver.; considerando que su mayor trabajo de este tipo de material ha sido un lote de 60 toneladas los cuales se mezclaban con la producción habitual de otro tipo de materiales, este proyecto resulta muy importante para la empresa. Por la relevancia del proyecto, como primer análisis se realizó un Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF), del cual se obtuvo una visión sobre aspectos críticos del proceso. Con motivo de esto, se decidió profundizar en el estudio del proceso del galvanizado por inmersión en caliente para las 8000 toneladas de varilla, por lo cual se eligió realizar un modelo de simulación discreta, por ser una herramienta moderna, poderosa e intuitiva, siendo que permite vislumbrar el comportamiento del proceso, así como la creación de escenarios distintos que ayuden a la gerencia de Metalyzinc S.A. de C.V. a tomar una mejor decisión en la planificación del proyecto.

2. Desarrollo

Problema de la Investigación

La organización se ve en la necesidad de analizar su proceso de galvanizado por inmersión en caliente para asegurar su efectividad en el proyecto de procesamiento de 8000 toneladas de varilla de acero. La planta cuenta con 4 arreglos para galvanizar varilla; cada arreglo puede contener un número determinado de cada calibre de varilla. La gerencia de la línea de galvanizado propone a la gerencia general fabricar 8 arreglos más para tener mayor capacidad de procesamiento en la línea y contemplan como un índice de producción adecuado para cumplir con el proyecto galvanizar al menos 55 racks de varilla en una semana de trabajo. La finalidad de este artículo es analizar a través del modelo de simulación si la organización, con su proceso en las condiciones actuales, contando con 12 arreglos, podrá procesar más de 55 racks de varilla semanalmente en un turno de 8 horas diarias; evaluando alternativas de mejoramiento del proceso en caso de ser necesario para obtener una mejor utilización de los recursos disponibles.

Material y métodos

De acuerdo con Grajales (2000) el trabajo desarrollado en este artículo es una investigación aplicada, pues se caracteriza justamente por la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos.

Al aplicar una herramienta de Ingeniería Industrial como la simulación discreta se genera conocimiento técnico y la información que deriva del mismo es delimitada al proceso de galvanizado por inmersión en caliente. La metodología general llevada a cabo del proceso para el desarrollo del modelo se esquematiza en la Figura 1.

El escenario de simulación empleado para el desarrollo del artículo es el Área de galvanizado de la empresa de servicios anticorrosivos Metalyzinc S.A. de C.V. ubicada en la Ciudad Industrial Bruno Pagliai en Veracruz, Ver. El Área de Galvanizado por inmersión en caliente está constituida por 13 etapas generales, las cuales en orden de proceso son: recepción de materiales, acondicionamiento, colgado, desengrase, enjuague alcalino, decapado, fluxado, secado, galvanizado, temple o enfriamiento, pasivado, inspección de calidad y acabado de galvanizado; las etapas que cursa un material depende de sus características específicas, puesto que hay materiales que requieren procesarse más de una vez en alguna de las etapas referidas u obviarlas en su totalidad en otras. Cabe señalar que el desarrollo del modelo de simulación comenzará a partir de la etapa de Colgado de Materiales.

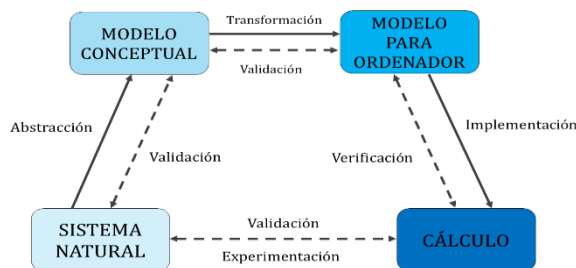


Figura 1. Proceso de modelización. Fuente: Barceló (1996).

Galvanizado por inmersión en caliente

Para la construcción del modelo de simulación como etapa inicial es fundamental la comprensión del sistema que se va a replicar, por lo que es objeto de estudio los fundamentos y las etapas del proceso de galvanizado por inmersión en caliente. El acero al ser expuesto al medio ambiente sufre un proceso natural y espontáneo conocido como corrosión que varía en función del tiempo de exposición y de las condiciones del medio al que se expone (ver Figura 2). De acuerdo con Salazar-Jiménez, los autores Revie y Uhlig (2008) precisan que la corrosión es un término que se utiliza para describir el proceso de deterioro de materiales metálicos (incluyendo puros, como aleaciones), mediante reacciones químicas y electroquímicas (Salazar-Jiménez, 2015).



Figura 2. Varilla corrugada de acero con presencia de corrosión. Fuente: <http://www.mndelgolfo.com>

La historia registrada del galvanizado comienza en 1742, cuando P. J. Malouin, un químico francés, describió un método para revestir hierro al sumergirlo en zinc fundido en una presentación a la Real Academia Francesa. Treinta años después, Luigi Galvani, de aquí el nombre del galvanizado, descubrió más sobre el proceso electromecánico que se produce entre metales. La investigación de Galvani se extendió en 1829 cuando

Michael Faraday descubrió la acción sacrificial del zinc, y en 1836, el ingeniero Sorel obtuvo una patente para el proceso de galvanizado inicial. Para 1850, la industria de galvanizado británica ya empleaba 10,000 toneladas de zinc al año para la protección del acero, y en 1870 se abrió la primera planta de galvanizado en Estados Unidos. En el presente, el galvanizado puede hallarse en casi toda aplicación e industrias importantes donde se use hierro o acero. (American Galvanizers Association, 2015). El galvanizado por inmersión en caliente es un proceso metalúrgico a través del cual se produce un revestimiento de zinc al sumergir el producto del acero en un baño de zinc fundido a 450°C (American Galvanizers Association, 2015). El galvanizado por inmersión en caliente brinda máxima protección anticorrosiva para los productos fabricados en acero, y es utilizado tanto en obras industriales, civiles, comerciales y urbanas. El costo/beneficio del acero galvanizado es atractivo para la industria de la construcción por su duración y bajo mantenimiento; en la Tabla 1 se muestran las resistencias a la corrosión de los recubrimientos galvanizados (Metelmex, 2017).

Espesor del recubrimiento		Número de años en promedio de duración hasta que aparece una oxidación de 5% sobre la superficie del acero.			
Milésimas de pulgada	gr/m ²	Rural	Marina	Urbana	Industrial
1.5 a 3.0	269 a 557	17-35	12-20	10-15	4-8
3.1 a 4.7	558 a 884	35-50	20-35	15-25	8-12
4.8 a 7.8	885 a 1400	50-57	35-50	25-40	12-25

Tabla 1. Resistencia a la corrosión de los recubrimientos galvanizados (Metelmex, 2017).

Fuente: www.metelmex.com/wp-content/uploads

El proceso industrial del galvanizado por inmersión en caliente se encuentra regido por diversas normas y estándares, estos son: ASTM A-123 (Especificación estándar para recubrimientos de zinc en productos de hierro y acero), NMX-H-004 (Norma mexicana para recubrimientos de zinc en productos de hierro y acero), NMX-H-074 (Norma mexicana para la industria siderúrgica – recubrimientos de zinc –por inmersión en caliente- para productos de hierro y acero, especificaciones y métodos de prueba), ISO 1461 (Estándar Internacional para recubrimientos de galvanizado por inmersión en caliente en productos de hierro y acero, N-CMT-2-03-004/06 (Acero de refuerzo galvanizado para concreto hidráulico), ASTM A385 (Práctica estándar para proveer capas de zinc con alta calidad) y ASTM A780 (Práctica estándar para la reparación de las zonas dañadas y sin recubrimiento de capas de galvanizado por inmersión en caliente) (Metelmex, 2017).

Descripción de las etapas del galvanizado por inmersión en caliente

Recepción de materiales

La varilla en acero negro es enviada por el cliente, una vez ingresada a la planta en primera instancia pasa para su pesaje a la báscula con capacidad de 650 kilogramos ubicada en el exterior de la nave industrial.

Extendido y Acondicionamiento

Una vez realizada la recepción y el pesaje de la varilla, ésta es ingresada a la nave industrial donde se procede a su descarga, se realiza una inspección de rutina para posteriormente ser ubicada en el almacén de materiales en acero negro en espera de entrar al proceso.

Colgado

En Colgado de materiales se inicia el proceso propiamente dicho. En esta área la varilla es colocada en arreglos o contenedores especiales, estos arreglos a su vez se cuelgan en una parte móvil de un rack para poder ser desplazados en toda la línea de galvanizado para su procesamiento. Los racks son levantados por una grúa viajera monopunte de capacidad nominal 2 x 3200 kg., en toda la línea cuentan con 4 grúas viajeras (ver Figura 3a y 3b).



(3a) Colgado de pernos y espárragos.

(3b) Transporte de materiales colgados.

Figura 3. Área de Colgado de materiales. Tomado de archivos internos de Metalyzinc S.A. de C.V*Desengrase*

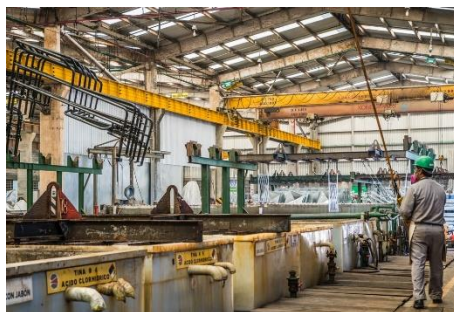
Consiste en introducir el material en una tina con hidróxido de sodio (NaOH) conocida comercialmente como sosa cáustica a una temperatura de 40 a 60°C para remover la suciedad superficial (ver Figura 4). Cabe mencionar que la varilla de acero es un material que generalmente presenta una limpieza superficial adecuada (está libre de aceites y grasas), de tal forma que generalmente se prescinde de esta etapa del proceso.

**Figura 4. Tina de desengrase. Tomado de archivos internos de Metalyzinc S.A. de C.V.}***Enjuague alcalino*

El material se introduce en una tina de agua (H₂O) a temperatura ambiente para eliminar restos de grasa, aceite y sosa cáustica evitando el arrastre de las mismas a la siguiente etapa del proceso.

Decapado

En esta etapa la varilla es sumergida en una solución de ácido clorhídrico (HCl) a temperatura ambiente, con la finalidad de eliminar el óxido para obtener una superficie químicamente limpia; el óxido de hierro necesita ser removido antes de la aplicación del recubrimiento de zinc. El tiempo de permanencia en la tina de ácido varía en función del grado de oxidación del material (ver Figura 5).

**Figura 5. Tinajas de decapado para remoción de óxido en los materiales. Tomado de archivos internos de Metalyzinc S.A. de C.V.**

Enjuague ácido

El material se introduce en una tina de agua (H_2O) a temperatura ambiente para eliminar restos de ácido clorhídrico, evitando el arrastre del mismo a la siguiente etapa.

Fluxado

Los materiales se sumergen en una solución especial conocida como tratamiento con sales que consiste en una mezcla de cloruro de zinc y cloruro de amonio. En esta etapa para el caso de la varilla se deben realizar dos inmersiones debido a que la longitud de las varillas excede los 7 metros de longitud del crisol de galvanizado.

Secado

La etapa de secado consiste en introducir el material en un foso de secado a temperatura aproximada de $200^{\circ}C$. Esta etapa del proceso cuenta con dos fosos para el secado de los materiales.

Galvanizado

Es la instancia que propiamente da el nombre al proceso; durante esta etapa las varillas son sumergidas en un crisol o paila que contiene un baño de zinc fundido de $445^{\circ}C$ a $450^{\circ}C$ (ver Figura 6). Mientras está sumergido el material el zinc reacciona con el hierro del acero formando una serie de capas intermetálicas de aleación zinc/hierro.



**Figura 6. Varilla de acero de refuerzo saliendo de la paila de galvanizado.
Tomado de archivos internos de Metalyzinc S.A. de C.V.**

Temple o enfriamiento

Una vez que las varillas dejan la etapa del galvanizado, estas se dejan enfriar a temperatura ambiente, sin embargo, para acelerar el proceso de enfriamiento también se pueden sumergir en una tina de agua.

Pasivado.

Esta etapa consiste en sumergir las varillas en una tina con una solución de cromatos con la finalidad de reducir el tiempo de reacción del recubrimiento de zinc con el ambiente, evitando la aparición de óxidos y carbonatos de zinc, de esta manera se aumenta la duración del brillo del producto terminado.

Inspección de calidad

El inspector de Calidad realiza la inspección del producto terminado para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la normatividad (espesor, apariencia y consistencia del recubrimiento).

Acabado de galvanizado

La última etapa consiste en descargar la varilla galvanizada del arreglo y darle un acabado final. De ser necesario se aplica un compuesto rico en zinc para cubrir zonas sin galvanizado de acuerdo a normativa. En el caso de la varilla de acero, es un material que prácticamente no requiere acabado.

Consideraciones para el modelado del sistema

El programa utilizado para la elaboración del modelo que representa el proceso de galvanizado por inmersión en caliente fue elaborado con el software ARENA versión 14.50.00002, modo de licencia Student perteneciente a Rockwell Automation Technologies Inc.; como hardware se empleó una laptop HP Mod. 15-BW014LA con un procesador AMD-A9-9420, RAM 4 Gigas, sistema operativo 64 bits y tarjeta gráfica RADEON R5. El proceso del galvanizado por inmersión en caliente es un sistema de producción lineal. Sin embargo, tiene muchos aspectos a considerar para la realización del modelo de simulación del procesamiento

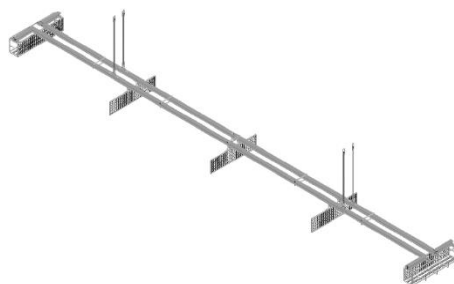
de varilla. Aspectos claves para realizar el modelo de simulación del procesado de varilla para galvanizar son los siguientes:

- El área de Colgado cuenta con una cuadrilla de 6 personas, esta será tomada como una unidad de trabajo. En el caso de la etapa de Descarga de varilla, cuenta con una cuadrilla de 3 personas, las cuales serán tomadas como una unidad de trabajo.
- La varilla de acero, salvo casos especiales, no necesita desengrase.
- Por las medidas de la paila de galvanizado (7 m de longitud, 1.5 m de ancho y 2.5 m de profundidad) y la longitud de la varilla (12 metros), esta última no puede ser galvanizada en su totalidad en una sola inmersión, por lo que son necesarias dos inmersiones en la paila.
- La condición anterior también deriva que antes de que el material sea inmerso en la paila de galvanizar por segunda ocasión, debe pasar nuevamente por el proceso de fluxado y secado.
- Los arreglos que se han utilizado para galvanizar una carga de varilla en su totalidad deben decaparse para remover la capa de zinc que se adhiere en esa etapa, ya que la presencia de esta capa de galvanizado para una nueva carga de varilla arrastra impurezas durante el proceso y provoca que la nueva carga de varilla presente manchas al momento del galvanizado.

Condiciones iniciales para el modelo de simulación

Entidad

En la Figura 7 se muestra un dibujo del arreglo que se utiliza para ingresar al proceso de galvanizado las varillas de acero:



**Figura 7. Vista del dibujo del arreglo para galvanizar varilla.
Tomado de archivos internos de Metalyzinc S.A. de C.V**

Asimismo, de acuerdo con el diámetro y peso de las varillas existe un número determinado de piezas que se pueden colocar en los arreglos. Esta información se muestra en la Tabla 2:

CAPACIDAD DEL ARREGLO DE VARILLA			
TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD MÁXIMA (PIEZAS)	PESO UNITARIO (KG)	PESO TOTAL (KG)
Varilla 3/8"	430	6.720	2,889.600
Varilla de 1/2"	245	11.928	2,922.360
Varilla 5/8"	156	18.624	2,905.344
Varilla 3/4"	110	26.820	2,950.200
Varilla de 1"	60	47.676	2,860.560

**Tabla 2. Cantidades y pesos por tipo de varilla que puede contener un arreglo.
Elaboración propia, basada en tabla de peso de varillas proporcionada por Metalyzinc S.A. de C.V.**

A la par, la cantidad por tipo de varilla a galvanizar en el proyecto se muestra a continuación en la Tabla 3:

CANTIDAD Y ARREGLOS DE VARILLA A GALVANIZAR EN EL PROYECTO			
TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD TOTAL (KG)	CANTIDAD POR ARREGLO (KG)	NUMERO DE CARGAS
Varilla 3/8"	2,198,985.60	2,889.600	761
Varilla de 1/2"	736,434.70	2,922.360	252
Varilla 5/8"	1,522,400.20	2,905.344	524
Varilla 3/4"	241,916.40	2,950.200	82
Varilla de 1"	3,286,783.40	2,860.560	1149
		Total	2768

Tabla 3. Cantidad de cargas de varilla a galvanizar en el proyecto.
Elaboración propia, basada en datos proporcionados por Metalyzinc S.A. de C.V

Con toda esta información, a pesar de las discrepancias en los diámetros y pesos de las varillas, existe unificación de los materiales al momento de cargarse en los arreglos por el peso que pueden recibir. Al mismo tiempo, un rack como se dijo anteriormente, es la estructura que traslada el arreglo en todo el proceso y es en última instancia la forma de medir la producción del galvanizado; por lo cual, se toma al rack como la entidad que representará los flujos de entrada al sistema.

Tiempo de simulación

El objetivo planteado por la gerencia de la línea de galvanizado es procesar al menos 55 racks en una semana de trabajo de 6 días, cada uno de ellos de 8 horas con las condiciones actuales, por lo cual el periodo de ejecución elegido para el modelo de simulación es 48 horas (6 días de 8 horas cada uno).

Periodo de calentamiento

Tomando en cuenta que existe un estado transitorio en el inicio de la producción del galvanizado de varilla debido a que en ese momento el sistema no tendrá entidades en los últimos procesos del mismo, por lo cual la utilización promedio de esas localizaciones se ve alterada estadísticamente, se establece un periodo de 3 horas de calentamiento (warm up) que permita alcanzar el estado estable del sistema.

Número de corridas

Para determinar el número de corridas usaremos el intervalo de confianza derivado del tiempo promedio de permanencia de la entidad en el sistema junto con la Ecuación 1 (basada en Torres, 2012), según lo cual podemos considerar arbitrariamente 30 muestras preliminares; al ejecutar estas 30 réplicas en el modelo obtenemos un half-width de 0.12 horas. Se realiza una iteración para calcular el número de réplicas del experimento, con un error esperado de 0.10 horas:

$$n = n' \left(\frac{h_0}{e} \right)^2 \quad (1)$$

$$n = 30 \left(\frac{0.12}{.10} \right)^2 = 43.243 \approx 43 \text{ réplicas}$$

Para confirmar si con el dato obtenido se cumple la condición de precisión esperada (e = 0.10 horas) para el intervalo, se ejecuta el modelo con 43 réplicas; los resultados se muestran en la Figura 8:

GALVANIZADO DE 8000 TONELADAS DE VARILLA EN METALYZINC						
Replications: 43		Time Units: Hours				
User Specified						
Tally						
Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
CALCULO INTERVALO	3.9125	0.10	3.2961	4.4640	2.4169	7.9605

Figura 8. Reporte “Especificado por Usuario” (intervalo de tiempo con n=43). Tomado de Arena.

Finalmente, buscando intervalos más precisos se determina una simulación de 50 réplicas.

Recolección de los datos

La obtención de datos es necesaria para sustentar la parte estadística del modelo; inicialmente se busca realizar una toma de tiempos de todas las etapas del proceso del galvanizado de varilla, sin embargo, al no contar con producción de ese tipo de material en el momento del estudio se tomaron datos históricos de los registros que se llevan a cabo en los documentos de control del proceso (F-MZ-186-A, F-MZ-173-A, F-MZ-33, F-MZ-35, F-MZ-29G), asimismo existen tiempos que por requisito se establecen en el Procedimiento de galvanizado por inmersión en caliente. Se recaban 120 observaciones utilizando los datos históricos disponibles del procesamiento de varilla en el período comprendido entre el 09 de enero al 19 de diciembre de 2017. Con estos datos se establecen distribuciones de probabilidad que representan los intervalos de tiempo asociado con un proceso aleatorio para cada una de las etapas del galvanizado en caliente, utilizando el módulo Input Analyzer de Arena. Como ejemplo de la imagen que genera Arena para las distribuciones de probabilidad se tiene la Figura 9:

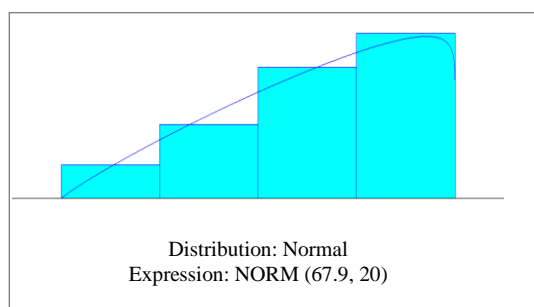


Figura 9. Distribución de probabilidad del tiempo de extendido de varilla. Usando Input Analyzer de Arena.

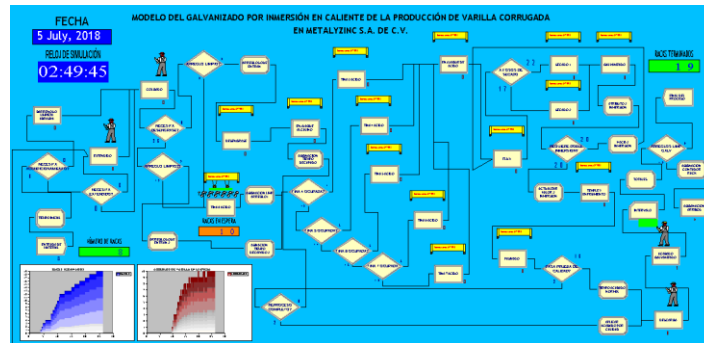
A continuación, se enlistan en la Tabla 4 todas las distribuciones de probabilidad de las etapas del proceso obtenidas a través del analizador de datos de Arena y de datos establecidos por procedimiento del proceso de galvanizado:

Etapa/localización	Distribución/tiempo
Entrada de material	TRIA(42.5, 50, 52.5)
Extendido de varilla	$26.5 + 4 * \text{BETA}(1.9, 1.07)$
Colgado	$23.5 + 7 * \text{BETA}(2.57, 1.16)$
Desengrase	$21.5 + 17 * \text{BETA}(0.351, 0.331)$
Enjuague alcalino	$1.45 + 0.551 * \text{BETA}(0.372, 0.219)$
Decapado I	$80 + \text{EXPO}(41.5)$
Decapado normal	NORM(67.9, 20)
Decapado II	$20 + 30 * \text{BETA}(0.574, 1.07)$
Enjuague ácido	$1.35 + \text{LOGN}(0.726, 0.273)$
Flux	$2 + 2 * \text{BETA}(0.775, 2.61)$
Secado I y II	$5 + 15 * \text{BETA}(0.605, 0.58)$
Galvanizado	$4 + \text{WEIB}(3.18, 6.16)$
Temple y enfriamiento	UNIF(0.5,1)
Pasivado	$2 + 1 * \text{BETA}(0.341, 0.734)$
Descarga	UNIF(22,25)
Acabado I	UNIF(1,2)
Acabado II	UNIF(30,35)

Tabla 4. Distribuciones de probabilidad de las etapas del galvanizado por inmersión en caliente. Elaboración propia (basada en datos procesados en Arena e internos de Metalyzinc S.A. de C.V.)

Interfaz del modelo en Arena

Una vez estudiado e interpretado el sistema real (galvanizado por inmersión en caliente de varilla de acero) y definido los requisitos para la simulación se completa el diseño del modelo con las condiciones actuales de operación, el cual se muestra en la Figura 10:

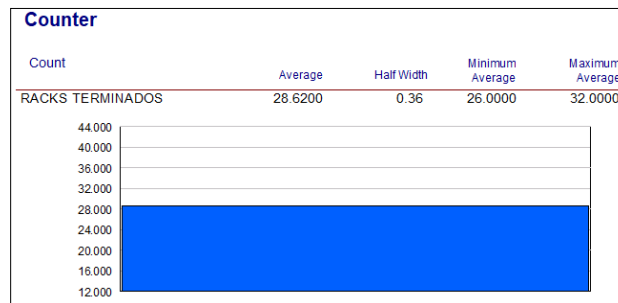


**Figura 10. Modelo del galvanizado en caliente de varilla (condiciones actuales).
 Elaboración propia utilizando Arena Simulation Software.**

3. Resultados

Los resultados obtenidos al correr el modelo de simulación en las condiciones actuales son los siguientes:

- El máximo valor de entidades (racks) en el sistema es 12, debido a que se diseñó el modelo como un sistema cerrado, condición que se puede observar en el máximo valor del WIP para la entidad en el reporte Entity.
- La etapa en la que las entidades pasan más tiempo en espera es la tina de decapado de arreglos (Tina 8 Ácido). La cola que se forma tiene un valor promedio de espera de 12.94 horas, evidentemente existe un cuello de botella severo en este etapa del proceso.
- En concordancia con la información del párrafo anterior, la tina de decapado de arreglos (Tina 8 Ácido) es la etapa que mantiene en espera al mayor número de entidades en promedio (7.4 racks) y en determinado momento el sistema alcanza un valor máximo de 11 racks en cola.
- Con las condiciones actuales de operación de la línea de galvanizado se procesan 28.62 racks de varilla en promedio a la semana, con un máximo de 32 y un mínimo de 26 racks (ver Figura 11).



**Figura 11. Informe Counter condiciones actuales (Promedio de racks procesados en una semana).
 Tomado de Arena**

Experimentos con el modelo

Con el fin de crear condiciones que balanceen la línea de producción de galvanizado para el proyecto, minimizando el cuello de botella presente en el sistema para mejorar la producción (28 racks) se experimenta con el modelo creando los siguientes escenarios:

- Propuesta 1. Fabricar una tina con las dimensiones de los arreglos de varilla para su limpieza exclusiva para eliminar la capa de zinc adherido antes de entrar a procesamiento.
- Propuesta 2. Utilizar una de las cinco tinas de ácido de decapado de materiales como tina para la limpieza de arreglos, aumentando a dos las tinas de limpieza de arreglos y quedando con cuatro tinas de decapado de materiales.
- Propuestas 2A, 2B y 2C. Usando la propuesta 2 como base, se corre el modelo con 8, 7 y 6 racks en vez de 12, con la intención de determinar si es necesaria la construcción de 8 arreglos más para la producción.

Los resultados obtenidos al correr los modelos de simulación propuestos son los siguientes:

Propuesta 1

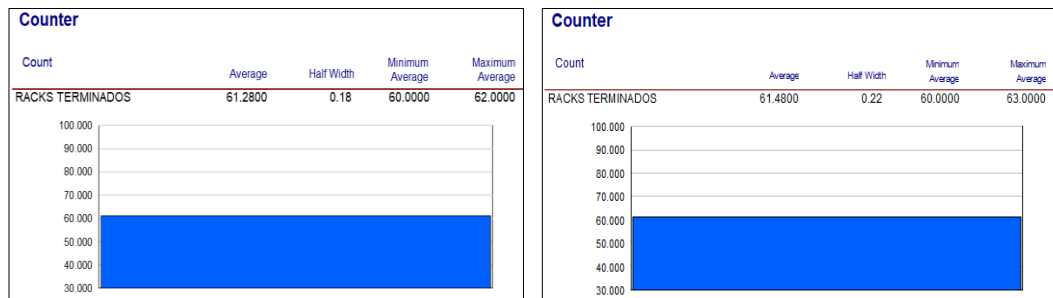
- Se elimina el cuello de botella en la tina de limpieza de arreglos (tina 8 Ácido) debido a que los arreglos entran limpios al proceso, siendo así, no es necesario que pasen por esta tina, pudiendo quedar de reserva para limpieza en caso de algún imprevisto. Con esta propuesta se procesan 61.28 racks de varilla en promedio a la semana, con un máximo de 62 y un mínimo de 60 racks (ver Figura 12a).

Propuesta 2

- Disminuye considerablemente el cuello de botella en la tina de limpieza de arreglos (Tina 8 Ácido).
- El resultado para el valor promedio de espera en cola por parte de un rack en la Tina 8 Ácido es de 3.6970 horas. El resultado para el promedio de entidades en cola es de 0.8425 racks en la tina de limpieza de arreglos (Tina 8 Ácido). Con esta propuesta se procesan 61.48 racks de varilla en promedio a la semana, con un máximo de 63 y un mínimo de 60 racks (ver Figura 12b).

Propuestas 2A, 2B Y 2C:

- Simulando con 8 arreglos en la línea se obtienen en promedio 57.5 racks terminados a la semana.
- Simulando con 7 arreglos en la línea se obtienen en promedio 55.86 racks terminados a la semana.
- Simulando con 6 arreglos en la línea se obtienen en promedio 53.62 racks terminados a la semana.



(12a) Resultado con Propuesta 1.

(12b) Resultado con Propuesta 2.

Figura 12. Informe Counter (Promedio de Racks procesados en una semana). Tomado de Arena.

4. Conclusiones

Tal como lo plantean Puche, et al. (2005), la simulación de procesos es una herramienta que nos permite vislumbrar de antemano el impacto de la aplicación de técnicas de organización industrial a través de una visión futura, precisa y cuantificada. A partir de tres modelos de simulación elaborados (uno de condiciones iniciales y dos propuestos) analizando el proceso de galvanizado por inmersión en caliente de 8000 toneladas de varilla de acero en la planta de Metalyzinc S.A. de C.V. se han podido estipular lo siguiente:

- El cuello de botella que se forma en la tina de decapado de arreglos para su limpieza minimiza la producción semanal planteada por la gerencia en un 48% (sólo se producen 29 racks de 55 esperados, es decir, se dejan de procesar aproximadamente 75.4 toneladas de varilla galvanizada a la semana).
- De los dos escenarios planteados el más conveniente para llevarse a cabo es la Propuesta 2, a pesar que prácticamente dan el mismo resultado los dos escenarios, en la Propuesta 2 se utilizan los recursos existentes en la empresa, a diferencia de la Propuesta 1 en la que se tendría que fabricar una tina especial de limpieza de arreglos. La propuesta 2 da como resultado un aumento en la producción del 110 % (61 racks en total a la semana) contrastándola con el resultado de las condiciones iniciales de operación (29 racks en total a la semana), además supera la expectativa de producción planteada por la Gerencia sobre la producción semanal necesaria para la ejecución del proyecto en un 10.9%.
- Otra línea de acción es que se utilice la propuesta 2, pero fabricando solamente 3 arreglos que se sumen a los 4 existentes, ya que de acuerdo a los resultados de la simulación trabajando con 7 arreglos se obtendría una producción de 55 racks procesados a la semana (160 toneladas aproximadamente), lo cual representa

el valor semanal esperado por la Gerencia; ahorrándose la fabricación de 5 arreglos para varilla lo cual representaría un ahorro en la inversión para el proyecto de 150,000 pesos de acuerdo a datos internos de la empresa.

5. Referencias

- American Galvanizer's Association (2015) *Galvanizado en caliente para protección contra la corrosión. Guía del especificador*. Recuperado el 23 de mayo de 2018, de http://www.galvanizeit.org/uploads/publications/Galvanizado_Caliente_guia_especificador_small.pdf
- American Galvanizer's Association (2015) *Revestimientos de zinc*. Consultado el 27 de abril de 2018, de http://www.galvanizeit.org/uploads/publications/Revestimientos_Zinc.pdf.
- Barceló, J. (1996). *Simulación de Sistemas Discretos*. Madrid, España: Isdefe.
- García, E., García, H., & Cárdenas, L., (2013). *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. México: Pearson Educación.
- Grajales, T. (2000). *Los tipos o clases de investigación*. Recuperado el 22 de mayo de 2018, de <http://tgrajales.net/investipos.pdf>.
- Hillier, F. & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones*, México: Mc Graw Hill.
- Metelmex S.A. de C.V. (2017) *Galvanizado por inmersión en caliente*. Recuperado el 02 de abril del 2018, de <http://www.metelmex.com/es/industrial/hot-dipgalvanizing-galvanizado-por-inmersion-en-caliente/>
- Puche, J.C. et al. (2016). Simulación como herramienta de ayuda para la toma de decisiones empresariales. Un caso práctico. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*. Vol. 21, Junio, 188-204.
- Puche, J.F. et al., (2005). *Guía práctica para la simulación de procesos industriales*, España: CETEM.
- Salazar-Jiménez, J. (2015). Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica). *Tecnología en Marcha*. Vol. 28, Núm. 3, Julio-Setiembre, 127-136.
- Torres, P. (2012). Simulación del tráfico en una vía expresa y análisis estadístico de los resultados. *Ingeniería Industrial*, Núm. 30, enero-diciembre, 45-47.
- Villanueva, J. (2008). La simulación de procesos, clave en la toma de decisiones. *Organización y dirección de empresas*. Vol. 83, Núm. 4, mayo, 21-27.

6. Notas Biográficas

El **Ing. y LCP José Valente Díaz Fernández** es actualmente alumno de Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, México. Terminó sus estudios en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Xalapa, Veracruz, México, y la Licenciatura en Contaduría Pública en la Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México.

La **Ing. Alicia de Jesús Fernández Maldonado** es actualmente alumna de Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, México. Terminó sus estudios en Ingeniería Industrial en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, Veracruz, México.

La **Ing. Jessica Leticia Morales Ontiveros** es actualmente alumna de Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, México. Terminó sus estudios en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, Veracruz, México.

El **Dr. Isidro Rodríguez Montoro** es Doctor en Administración y Desarrollo Empresarial por el Colegio de Estudios Avanzados de Iberoamérica, Xalapa, Veracruz, México; actualmente se desempeña como Profesor Investigador por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla.

El **Ing. Pedro Ávalos Méndez** es Supervisor de la línea de Galvanizado por inmersión en caliente en Metalyzinc S.A. de C.V., Veracruz, Veracruz, México, con más de 15 años de experiencia en el ramo industrial y de servicios anticorrosivos.

Análisis Multicriterio para el adecuado Control de los Productos en un Centro de Distribución de Veracruz

Ing. Jorge Roberto de Jesús Maravilla Tiburcio¹, Dr. Isidro Rodríguez Montoro², Ing. Miguel Ángel Hernández Díaz³.

¹ El Ing. Jorge Roberto de Jesús Maravilla Tiburcio, es Ingeniero Industrial por el Instituto Tecnológico de Veracruz y alumno del tercer semestre de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. jmara_1994@hotmail.com

² El Dr. Isidro Rodríguez Montoro, es profesor investigador del área de posgrado e investigación del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. irodriguez@itsm.edu.mx

³ El Ing. Miguel Ángel Hernández Díaz, es Ingeniero Industrial por el Instituto Tecnológico de Veracruz y alumno del tercer semestre de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. miguel_nani_17@hotmail.com

Resumen— Según datos de la empresa objeto de estudio de este trabajo de investigación, se observa un déficit en el nivel de servicio proporcionado a las 10 sucursales que abastece, siendo éste del 78% de manera generalizada. Lo anterior desemboca en no entregar una cantidad estimada de 33,732 productos, equivalente a aproximadamente \$2,004,005. Por tanto, dado que dicho nivel de servicio se encuentra por debajo del 95% deseado por la propia compañía, el objetivo de este trabajo es proponer una metodología formada por 5 etapas basada en la teoría de la administración de inventarios. El alcance de esta investigación abarca solo las dos primeras etapas, que corresponden al diagnóstico de la situación actual y al análisis multicriterio de los 348 productos. Por tal motivo, se aplica el modelo de Wan-Lung y la Matriz de Flores para realizar una mejor clasificación con base en criterios como: precio de venta, consumo y ganancia. Como resultado, se determina que son 14 productos los que son catalogados como productos tipo A en ambas técnicas, lo que representan el 4.02% del total de los productos, ya que son los que generan aproximadamente 109,743 de los pedidos, equivalentes al 71% de los productos, es decir, \$6,407,235.

Palabra(s) clave— Nivel de servicio, Administración de inventarios, Análisis multicriterio, Modelo Wan-Lung, Matriz de Flores

Abstract— According to data of the company object of study of this research work, there is a deficit in the level of service provided to the 10 branches it supplies, this being 78% in a generalized manner. The above results in not delivering an estimated amount of 33,732 products, equivalent to approximately \$ 2,004,005. Therefore, given that said level of service is below the 95% desired by the company itself, the objective of this work is to propose a methodology consisting of 5 stages based on the theory of inventory management. The scope of this research covers only the first two stages, which correspond to the diagnosis of the current situation and the multicriteria analysis of the 348 products. For this reason, the Wan-Lung model and the Flower Matrix are applied to make a better classification based on criteria such as sale price, consumption and profit. As a result, it is determined that there are 14 products that are classified as type A products in both techniques, which represent 4.02% of the total products, since they generate approximately 109,743 of the orders, equivalent to 71% of the products, that is, \$ 6,407,235.

Key words— Service level, Inventory management, Multi-criteria analysis, Wan-Lung model, Flower matrix

1. Introducción

Vivimos en un mundo donde la globalización ha ido en crecimiento competitivamente, esto sin importar el giro de la empresa ya sea de manufactura o comercial, motivo por el cual las empresas están obligadas a tener respuestas más eficientes y que sus procesos estén bien planificados. Dado que estos procesos se ven reflejados en la toma de decisiones que llegan a involucrar una gran cantidad de productos o servicios.

(Zuluaga, Urrego, & Gallego, 2011) mencionan que el control y la gestión de los inventarios llega a ser unos de los procesos más importantes y complejo que existe para una empresa, ya que para ellas es importante conseguir la satisfacción de sus clientes en cuanto a oportunidad, cantidad, forma, y lugar de entrega; para esto es necesario invertir una gran cantidad de recursos como son los inventarios, gastos de transporte, personal e instalaciones.

(Zúñiga J. A., 2016) mencionan que los inventarios llegan a ser el punto crítico en cualquier empresa y más cuando hablamos de comercializadoras porque estos son un criterio fundamental de servicio y respuesta eficiente al cliente. (Gutiérrez, 2009) menciona que existen algunos motivos básicos para crear inventarios los cuales son: “que estos hacen que las empresas puedan protegerse contra las incertidumbres, como también lograr permitir la producción y compra bajo condiciones económicamente ventajosas, para poder cubrir cambios anticipados en la demanda y la oferta y mantener el tránsito entre los puntos de producción o almacenamiento”. El no llegar a tener una correcta administración y control en los inventarios se ve afectado en las empresas, uno de los problemas más comunes es el que menciona (Vidal, 2006) como desbalanceo de inventarios que corresponde cuando “Siempre tenemos demasiado de lo que no se vende o se consume y muchos agotados de lo que sí se vende o se consume”. Motivo por el cual (Arango, Zapata, & & Wilson, 2011) concuerdan que la administración de inventario “es una de las actividades logísticas en donde se encuentran más posibilidades de reducir costos para las empresas, mediante una mejor gestión de los materiales almacenados y su transporte.” Mientras que (Chopra & Meindl, 2008) mencionan que “con una eficiente administración se puede llegar a reducir el inventario en los almacenes, así como aumentar los niveles de cumplimiento de los pedidos de clientes internos y externos”. Esto siendo unas de las metas principales que tiene una empresa. El objetivo que tiene este proyecto es proponer una metodología formada por 5 etapas basada en la teoría de la administración de inventarios para el control de los productos que se encuentran dentro del almacén. Cabe destacar que dentro de dicho proyecto solamente se verán reflejados los resultados de las dos primeras etapas, dejando las demás para un trabajo futuro. Con base en lo expuesto, se busca responder la interrogante: ¿cuáles serán las técnicas de clasificación ABC multicriterio a aplicar a los productos del almacén objeto de estudio?

2. Desarrollo

Método

La metodología empleada en este estudio es una adaptación de las propuestas por (Diaz, Acosta, & Bravo, 2015), (Zuluaga, Urrego, & Gallego, 2011), (Carlos & Oscar, 2017), (Zúñiga J. A., 2016) entre otros. la cual recoge los pasos o etapas más importantes, que invariablemente no pueden faltar en un trabajo relacionado con la administración de inventarios. Dicha metodología (Figura 1) para la solución de la problemática que atraviesa la empresa consta de un diagnóstico del área de almacén y de los inventarios, posteriormente se mostrara las revisiones sobre la clasificación multicriterio, la cual es de gran importancia dentro de este trabajo, porque permite categorizar los productos de acuerdo a diferentes criterios. Después se presentará diferentes revisiones sobre las técnicas y los métodos de los pronósticos de la demanda, los cuales llegan a ser una parte fundamental para el control de los inventarios. Finalmente se muestra la aplicación de los modelos de control de inventarios donde se toman en cuenta algunos conceptos relevantes como son el nivel de servicio, los costos relacionados y el inventario de seguridad. Cabe resaltar que la metodología consta de 5 etapas, pero dentro de este proyecto solamente veremos las 2 primeras etapas.

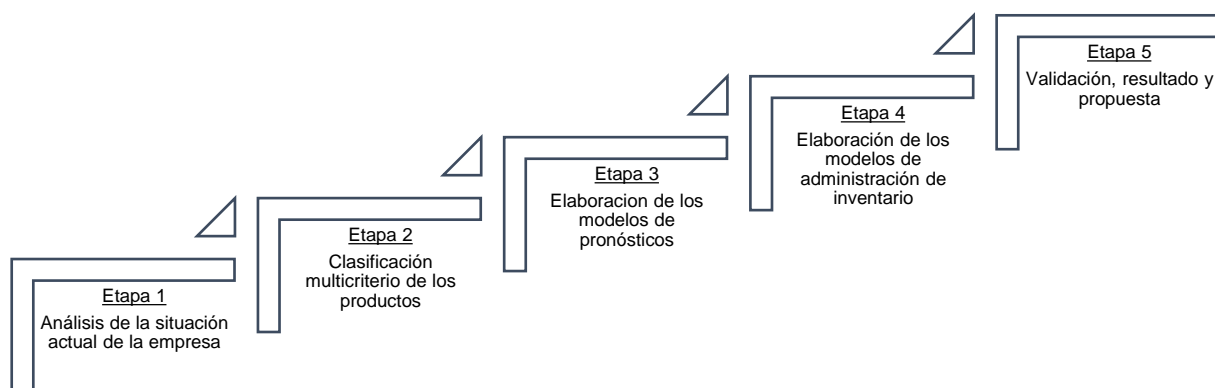


Figura 1. Metodología utilizada para la investigación.

1. Análisis de la situación actual de la empresa

1.1. Recolección de datos

Mediante diferentes técnicas e instrumentos se recolectarán los datos necesarios, esto de una manera planificada y estructurada, con la finalidad de obtener los resultados confiables y poder alcanzar los objetivos planteados de manera sistemática y ordenada. (Pettite M & Ungredda L, 2011) mencionan que “el buen planteamiento o uso de técnicas e instrumentos de recolección de datos, permite asegurar la calidad de los datos obtenidos”. Dada la naturaleza de la empresa, para el desarrollo de dicho estudio, se requiere el uso de la observación directa, no participativa. (Mendez, 2001) hace referencia que este tipo de observación es cuando el observador no pertenece al grupo de trabajo y solo se hace presente para la elaboración del estudio.

1.2. Lista de chequeo

(Rodríguez, 2008) menciona en su artículo que “los procesos logísticos de almacenamiento y transporte son componentes vitales de la cadena de suministro” dado que estos llegan a requerir de una mejora constante para mantener niveles altos de competitividad. Dicho autor estableció una lista de chequeo para medir el desempeño de un almacén mediante 6 parámetros los cuales son los siguientes: Organización y Control, Protección y Seguridad, Recursos Humanos, Tecnología de manipulación y almacenamiento, Enfoque al Cliente y Gestión. Los resultados obtenidos de estos parámetros se encuentran en la sección 3.1.

1.3. Medición de los indicadores

La siguiente actividad de la primera etapa consiste en una vez observados los déficits en el almacén y ver que la problemática se encuentra en la gestión y en el servicio al cliente se procede a determinar los indicadores de porcentajes de pedidos incompletos enviados (ecuación 1) y porcentajes de pedidos enviados puntualmente (ecuación 2) propuestas por (Salas, Manguel, & Acevedo, 2017)

$$\frac{\# \text{ de pedidos enviados puntuales}}{\text{Total de pedidos enviados}} (100\%) \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$\frac{\# \text{ de pedidos incompletos enviados}}{\text{Total de pedidos enviados}} (100\%) \quad \text{Ecuación (2)}$$

2. Clasificación multicriterio de los productos

La aplicación de técnicas multicriterio para la clasificación de los productos llega a ser de mayor utilidad que una clasificación de Pareto la cual ya es algo insuficiente y caótico para el tratamiento de los datos, es por

tal motivo que surgen métodos complementarios al ABC tradicional, dos de ellos son la matriz de flores de dos criterios (1992), el modelo de optimización lineal alternativo de Wan-Lung y la aplicación del proceso de análisis Jerárquico (AHP) a problemas de inventarios, cabe resaltar que por la falta de datos como son el lead time y la criticidad de los productos no se pudo llevar a cabo esta última técnica.

2.1. Matriz de dos criterios de Flores

Esta técnica consiste en la toma de ítems, dos criterios que serán evaluados por aparte, mediante un ABC tradicional, para posteriormente ubicarlos dentro de una matriz como se aprecia en la tabla 1. Reclasificándolos nuevamente y obteniendo una nueva clasificación ABC como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Matriz de dos criterios
Segundo Criterio

		A	B	C
Primer criterio	A	AA	BA	CA
	B	AB	BB	CB
	C	AC	BC	CC

Tabla 3. Clasificación resultante de la combinación de dos criterios

Combinació	Clasificació	Combinació	Clasificació	Combinació	Clasificació
n	n	n	n	n	n
A	A	A	C	B	C
A	B	C	A	C	B
B	A	B	B	C	C

2.2. Modelo de optimización lineal alternativo de WanLung

(Wan Lung, 2007) Propuso una nueva técnica matemática robusta, de fácil aplicación y comprensión en el entorno empresarial, esta técnica utilizada por los diferentes autores, consiste en un modelo de optimización lineal alternativo para la clasificación ABC multicriterio, ya que consiste en clasificar todas las mediciones del i-esimo ítem bajo el j-esimo criterio denominadas y_{ij} . Para su desarrollo, se transforman todas las mediciones en una base comparable. Para convertir los datos de tal manera que queden en una escala de 0 a 1, los cuales se encuentran positivamente relacionados, esto es, los valores mayores (es decir, 1 o cercanos a 1) son de gran importancia, mientras los valores menores (cero o cercanos a cero) son menos importantes. Se utiliza la ecuación 3, la cual se aplica a todos los ítems: para facilitar la clasificación multicriterio del inventario.

$$Yn_{ij} = \frac{Y_{ij} - \min_{i=1,2,\dots,l}\{y_{ij}\}}{\max_{i=1,2,\dots,l}\{y_{ij}\} - \min_{i=1,2,\dots,l}\{y_{ij}\}} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

y_{ij} : es el valor del criterio j – ésimo para el i – ésimo ítem en inventario.

\max_{ij} : el valor máximo de la columna del criterio seleccionado

\min_{ij} : el valor mínimo de la columna del criterio seleccionado

La calificación o puntaje total obtenido por cada ítem (organizado de mayor a menor), se obtiene por medio de la siguiente ecuación (4):

$$Puntaje\ total = \sum_{j=1}^J W_{ij} Y n_{ij} \quad \text{Ecuación (4)}$$

En la ecuación (5) podemos observar que el modelo incorpora un peso no negativo W_{ij} , el cual es el peso de contribución del rendimiento del ítem i bajo el criterio j al puntaje del ítem

$$s. t = \sum_{j=1}^J W_{ij} = 1 \quad \text{Ecuación (5)}$$

Hay que tener en cuenta que este modelo planteado es como sigue: que la restricción 1) es de normalización (ecuación 6) y la restricción 2) es la que garantiza la secuencia de los criterios (ecuación 7). Motivo por el cual los valores de los pesos siempre estarán entre 0 y 1.

$$W_{ij} - W_{i(j+1)} \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, (j-1) \quad \text{Restricción 1} \quad \text{Ecuación (6)}$$

$$W_{ij} \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, j \quad \text{Restricción 2} \quad \text{Ecuación (7)}$$

3. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las primeras dos etapas de la metodología propuesta

2.3. Etapa 1- diagnóstico de la empresa

En la tabla 3 se logra apreciar los resultados de los parámetros observados y calificados mediante la lista de chequeo. Se logra apreciar que la problemática que atraviesa el almacén de la empresa es dentro de los aspectos del enfoque al cliente y de gestión al tener un porcentaje alto de que no se cumplen ciertos requisitos, Motivo por el cual es necesario la realización de medición del desempeño que tienen la relación del almacén con los clientes.

Tabla 3. Resultados de la lista de chequeo

PARÁMETROS DE LA LISTA DE CHEQUEO	SI	NO	TOTAL	% SI	% NO
ASPECTOS DE ORGANIZACIÓN Y CONTROL	28	28	56	50%	50%
ASPECTOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN	27	9	36	75%	25%
ASPECTOS TECNOLÓGICOS	23	23	46	50%	50%
ASPECTOS DE RECURSOS HUMANOS	10	7	17	59%	41%
ASPECTOS DE ENFOQUE AL CLIENTE	9	22	31	29%	71%
ASPECTO DE GESTIÓN	27	49	76	36%	64%

Los desempeños que se van a medir a continuación consisten en los Porcentajes de pedidos incompletos enviados, Porcentajes de pedidos enviados puntualmente y el Nivel de satisfacción de los clientes con el proceso de surtido de pedidos en el proceso de distribución con relación a las 10 cafeterías que se encuentran ubicadas en la zona de Veracruz-Boca del Río, en la tabla 4 se logra apreciar que el nivel de servicio que tiene el proceso de distribución del almacén de la empresa es de un 77.93% teniendo un total de 33,736.43 Productos no entregados en tiempo y forma y la cantidad de efectivo \$2,004,004.71. lo que no cumple el criterio establecido por ellos que es del 90% al 95%. Es por esto mismo que es necesario llevar un plan de acción siendo

esta la última actividad de la primera etapa para poder dar solución a esta problemática, el plan de acción consiste en la aplicación de las técnicas multicriterio, así como el uso de los pronósticos y de los modelos de inventarios, mediante esto la empresa podrá tener el control de sus productos.

Tabla 4.- Resultados obtenidos por cada cafetería

CAFE TERÍA	CANTIDA D PEDIDA	CANTIDAD SURTIDA	% DE CANTIDADES SURTIDAS	CANTIDA D PENDIENTE	% DE CANTIDADES PENDIENTES
1	9,759.20	7,754.66	79.46%	2,004.54	20.54%
2	8,638.90	6,769.44	78.36%	1,869.46	21.64%
3	32,351.66	24,723.14	76.42%	7,628.52	23.58%
4	7,585.89	6,092.98	80.32%	1,492.90	19.68%
5	14,616.65	11,400.98	78.00%	3,215.66	22.00%
6	7,658.70	5,978.38	78.06%	1,680.32	21.94%
7	40,493.58	31,726.72	78.35%	8,766.86	21.65%
8	3,872.66	3,152.35	81.40%	720.32	18.60%
9	11,931.15	9,313.45	78.06%	2,617.69	21.94%
10	15,910.13	12,174.43	76.52%	3,735.70	23.48%
TOTA L	152,818.52	119,086.55	77.93%	33,731.97	22.07%
TOTA L (\$)	\$9,078,884. 00	\$7,074,879.29		\$2,004,004. 71	

Etapla 2.- Clasificación multicriterio

Se describen el resultado obtenido de las técnicas multicriterio que fueron empleadas para la clasificación de los 348 productos del caso de estudio. Al final se muestran la comparación de dichas técnicas para poder tener una mejor clasificación.

Implementación de la matriz de dos criterios de Flores.

Se clasificaron los 348 productos, primero por el criterio de cantidad de movimiento tal cual como se muestra en la tabla 5, el segundo criterio que se tomó en cuenta fue la cantidad de dinero que movió dicho producto como se aprecia en la tabla 6. Bajo el criterio de movimientos, se logra apreciar que son 18 productos los que pertenecen al tipo A siendo este el 5.17% de todos representando con el 79.43% de movimientos, mientras que para el tipo B se encuentran 67 productos siendo el 19.25% llegando a representar el 15.56% de los movimientos, por otro lado son 263 productos los que se encuentran como tipo C siendo el 75.57% pero que solamente representan el 5.01% de los movimientos.

Tabla 5.- Productos clasificados por movimiento

CÓDIG O	NOMBRE	CANTIDA D	PORCENTAJ E	CLASIFICACIÓ N
BOL000 1	Bolsa altura 1100 ½	24,659.00	16.136%	A
CAF000 1	Altura 1100	18,058.05	11.817%	A
BOL000 3	Bolsa gourmet ½	17,244.00	11.284%	A
CAF000 2	Gourmet	13,605.50	8.903%	A
...

DES000 4	Vaso 4 oz manga 50 piezas	250.02	0.164%	B
FRI002 7	Rosca de naranja pza	249.10	0.163%	B
ABA005 2	Harina	242.82	0.159%	B
ABA006 2	Leche entera 1lt	240.00	0.157%	B
...
LOS000 2	Taza moka expresso	6.00	0.004%	C
LOS003 3	Ceniceros	6.00	0.004%	C
LOS004 2	Taza conmemorativa "f"	6.00	0.004%	C

Tabla 6.- Productos clasificados por movimiento (\$)

CÓDIG O	NOMBRE	CANTIDAD	PORCENTAJ E	CLASIFICACIÓ N
CAF000 1	Altura 1100	\$ 2,617,513.62	28.83%	A
CAF000 2	Gourmet	\$ 1,972,117.23	21.72%	A
CAF000 5	Cafe bolsas 2,5	\$ 479,581.40	5.28%	A
CAF000 3	Descafeinado	\$ 375,079.87	4.13%	A
...
ABA007 9	Jarabe de café lt	\$ 44,911.73	0.49%	B
ABA005 3	Cono de huevo 30 piezas	\$ 43,585.88	0.48%	B
FRI002 4	Torta d elote pza.	\$ 43,500.00	0.48%	B
FRI002 2	Rosca de naranja	\$ 42,420.00	0.47%	B
...
LOS000 8	Platón oval c logo #27	\$ 2,563.71	0.03%	C
LOS000 9	Plato trinche 23	\$ 1,605.79	0.02%	C
LOS002 5	Termo mytug	\$ 968.64	0.01%	C

El resultado obtenido de la segunda clasificación mediante el criterio de movimiento \$ durante los meses de febrero a diciembre del 2018 mostro que son 22 productos siendo el 6.32% lo que pertenece a una clasificación tipo A lo que demuestra el 79.87% de movimiento, por otro lado la categoría tipo B está formada por 68 productos (siendo el 19.54%) representando el 15.09% de precio de venta y a la categoría C le pertenecen 258 productos (siendo el 74.14%) pero solamente representan el 5.04% de precio de venta. Una vez que se tiene la clasificación mono-criterio de los dos criterios se procede a ubicar los datos resultantes dentro de la matriz de flores, los resultados obtenidos de las diferentes combinaciones se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Adaptación de la matriz de resultados de la clasificación de dos criterios

		Segundo Criterio		
		A	B	C
Primer criterio	A	10	7	1
	B	10	27	30
	C	2	34	227

Mediante la metodología planteada por FLORES (1992), se logra apreciar que son 27 productos los que fueron clasificados como tipo A, 94 como tipo B y 227 como tipo C, tal cual como se muestra en la tabla 8. En esta tabla se puede apreciar que tomando en cuenta dos criterios los productos que se quedarían como criterio A son el 7.76% siendo esta la cantidad de 27 productos, representando el 80.55% en cantidad de demanda y el 80.35% para la cantidad monetaria para el criterio B el 27.01% siendo la cantidad de 94 productos, representando el 15.84% en la cantidad de demanda y el 15.79% en la cantidad monetaria, y para la clasificación C representa el 65.23% siendo 227 productos, representando el 3.61% en movimiento y el 3.86% en movimiento monetarios.

	Productos	%	Cantidad	%	\$	%
A	27	7.76%	123,094.1	80.55	7,295,069.9	80.35
			8	%	4	%
B	94	27.01	24,213.95	15.84	1,433,129.8	15.79
		%		%	9	%
C	227	65.23	5,510.38	3.61%	350,684.17	3.86%
		%				
TOTA	348		152,818.5		9,078,884.0	
L			2		0	

Modelo de optimización lineal alternativo de Wan Lung

Se llegó a aplicar el modelo a los 348 productos, posteriormente se procedió a clasificar los criterios mediante pesos, dicho modelo asigna automáticamente las ponderaciones a cada uno de los criterios, siempre y cuando estos se encuentren de manera descendente, se determinó que los de mayor a menor importancia a tener en cuenta en dichos modelos fueron los criterios de precio de venta, cantidad de movimientos y costo unitario promedio. Una vez que se tiene los datos originales, se procede a la transformación de estos mediante la ecuación (3) el desarrollo de estos pasos se muestra en la tabla 9.

Tabla 9.- Datos originales e ítems transformados

N o.	Código	DATOS ORIGINALES			DATOS TRANSFORMADOS		
		Cantida d	Precio total	Precio unitario	Canti dad	Precio total	Precio unitario
1	BOL0001	24,659.00	\$ 137,816.79	\$ 5.59	1.000000	0.052651	0.0003140
2	CAF0001	18,058.05	\$2,617,513.62	\$ 144.95	0.732310	1.000000	0.0081433
3	BOL0003	17,244.00	\$ 90,136.89	\$ 5.23	0.699298	0.034436	0.0002937
4	CAF0002	13,605.50	\$ 1,972,117.23	\$ 144.95	0.551745	0.753431	0.0081433
...
346	ABA0162	2.00	\$ 14.00	\$ 7.00	0.000081	0.000005	0.0003933

3 47	ABA04 0	2.00	\$ 8.09	\$ 4.04	0.000 081	0.000 003	0.0002 272
3 48	40	1.00	\$ 3.76	\$ 3.76	0.000 040	0.000 001	0.0002 113
	Mínimo	0.03	\$ 0.63	\$ 0.04			
	Máximo	24,659. 00	\$ 2,617,513.62	\$ 17,800.00			

En dicha tabla se aprecia en las dos últimas filas los valores máximo y mínimo del total de datos a procesar de cada criterio dentro del modelo, mediante estos se procedió a la transformación de la segunda parte de la tabla, con base a la ecuación 3. una vez obtenido esta transformación, se procedió a calcular los promedios parciales y se obtuvo el máximo parcial calculado como se puede apreciar en la tabla 10.

El siguiente paso consiste en organizar la columna del puntaje total de cada producto de forma descendente, mediante esto se podrá clasificar mediante el puntaje obtenido y observar que clasificación le corresponda a cada uno ya sea A, B o C. teniendo en cuenta que se hizo dicho análisis a 348 productos, se toma en cuenta que el peso inferior a 0.01 (260 productos) son considerados como tipo C; de los 88 restantes, se llegaron a clasificar como tipo A 16 productos y como tipo B 72 productos. Los resultados se aprecian en la tabla 11.

Tabla 10.- Datos Promedios parciales y puntaje de inventarios

N O.	Código	DATOS TRANSFORMADOS			PROMEDIOS PARCIALES Y PUNTAJE DE INVENTARIOS			
		Cantidad	Precio total	Precio unitario	Cantidad	Precio total	Precio unitario	Puntaje total
1	BOL00 01	1.000 0	0.052 7	0.000 3	1.000 0	0.5263	0.3510	1.0000
2	CAF00 01	0.732 3	1.000 0	0.008 1	0.732 3	0.8662	0.5802	0.8662
3	BOL00 03	0.699 3	0.034 4	0.000 3	0.699 3	0.3669	0.2447	0.6993
4	CAF00 02	0.551 7	0.753 4	0.008 1	0.551 7	0.6526	0.4378	0.6526
...	...							
3 46	ABA01 62	0.000 081	0.000 005	.0003 93	0.000 081	0.0000 43	0.0001 60	0.0001 60
3 47	ABA04 0	0.000 081	0.000 003	0.000 227	0.000 081	0.0000 42	0.0001 04	0.0001 04
3 48	40	0.000 041	0.000 001	0.000 211	.0000 41	0.0000 21	.00008 4	0.0000 84

Tabla 11.- Clasificación Flores

NO.	CÓDIGO	NOMBRE	PUNTAJE TOTAL	CLASIFICACIÓN
1	BOL0001	Bolsa altura 1100 1/2	1	A
2	CAF0001	Altura 1100	0.866155258	A
3	BOL0003	Bolsa gourmet 1/2	0.699298431	A
4	CAF0002	Gourmet	0.652588658	A
...
346	ABA0162	Palo de jerga	0.000159904	C
347	ABA040	Estireno	0.000103789	C
348	40	Menú volante	0.000084424	C

Los resultados obtenidos de dichos modelos se observan en la tabla 12. Esta tabla nos representa que tomando en cuenta tres criterios los productos que se quedarían como criterio A son el 4.60% siendo este la cantidad de 16 productos, representando el 75.72% en cantidad de demanda, el 70.82% para la cantidad monetaria y el 23.52% en precios unitario. Para el criterio B son el 20.69% siendo este la cantidad de 72 productos, representando el 17.60% en cantidad de demanda, el 20.93% para la cantidad monetaria y el 46.22% en precios unitario. Y para el criterio C son el 74.71% siendo este la cantidad de 260 productos, representando el 6.68% en cantidad de demanda, el 8.26% para la cantidad monetaria y el 30.26% en precios unitario.

Tabla 12.- Clasificación ABC – Modelo de Wan-Lung

	PRODU CTOS	%	CANTI DAD	%	\$	%	\$ UNIT	%
A	16	4.6 0%	115,710 .30	75. 72%	6,429,3 15.48	70. 82%	18,763 .58	23. 52%
B	72	20. 69%	26,892. 64	17. 60%	1,899,8 61.36	20. 93%	36,881 .01	46. 22%
C	260	74. 71%	10,215. 58	6.6 8%	749,707 .16	8.2 6%	24,149 .02	30. 26%
TO TAL	348		152,818 .52		9,078,884. 00		79,793.61	

El siguiente paso consiste en la organización y comparación de los productos clasificados en las técnicas aplicadas como aparece en la tabla 13. por otro lado la tabla 14. permite observar la clasificación de tipo A de ambas en donde se puede apreciar aquellos productos que se encuentran ubicados dentro del mismo tipo.

Tabla 13.- Clasificación ABC Modelo de Wan Lung – Consolidado

	MATRIZ DE FLORES	%	WAN-LUNG	%
A	27	7.76%	16	4.60%
B	94	27.01%	72	20.69%
C	227	65.23%	260	74.71%

Tabla 14.- Clasificación clase tipo A de las diferentes técnicas

	Flores			Wan-lung		
CAF000 1	FRI0004	ABA001	ABA008	BOL000 1	ABA001	CAF000 6
CAF000 2	BOL000	BOL000	BOL000	CAF000	BOL000	FRI0004
CAF000 5	ABA002	ABA001	ABA005	BOL000	BOL000	
CAF000 3	BOL000	BOL000	CAF000	CAF000	BOL000	
CAF000 6	ABA001	BOL000	FRI0010	41	ABA002	
DES001 3	CAF000	BOL002	ABA013	DES002	BOL000	
FRI0014	FRI0003	PAS0005		CAF000	CAF000	
				5	3	

Una vez que se obtuvo la comparación de los productos en ambas técnicas se observa que son 14 productos los que son catalogados como tipo A. el cual llega a representar el 71.81% en movimiento dentro del almacén y el 70.57% de movimiento monetario como se aprecia en la tabla 15.

Tabla 15.- Clasificación final

CLASIFICACIÓN	PRODUCTOS	MOVIMIENTO	%	DINERO	%
A	14	109,742.81	71.81%	\$6,407,234.75	70.57%
B	66	29,450.54	19.27%	\$1,894,555.96	20.86%
C	268	13,625.17	8.92%	\$777,093.29	8.57%
	348	152,818.52		\$9,078,884	

4. Conclusiones

Es muy importante para las empresas medir sus indicadores de rendimiento con el nivel de servicio que están mostrando, mejorar sus procesos es de gran importancia y no seguir trabajando mediante la intuición y la experiencia del trabajador, en este caso de estudio se logró observar como mediante una lista de chequeo se pudo calificar diferentes parámetros dentro de un almacén en donde más afecta es en el aspecto de enfoque al cliente y de gestión, una vez identificado estos déficit se determinó a medir los niveles de servicio de cada cafetería, el resultado no fue el esperado dado que se encuentran en un 78% por debajo del nivel esperado. Esto se ve afectado en no entregar en tiempo y forma la cantidad de 33,731.97 productos viendo reflejado en la cantidad de \$2,004,004.71. Por otra parte, mediante una clasificación ABC multicriterio se logró determinar aquellos productos que llegan a ser importante para la empresa e identificar los de lento movimiento, esta clasificación es una herramienta importante cuando hablamos de toma de decisiones, porque nos permite tomar en cuenta criterios adicionales a los tradicionales. Mediante la comparación de este análisis multicriterio se logró determinar que solamente 14 productos son los que generan el mayor porcentaje de movimientos tanto en cantidad como en dinero. Siendo estos mismo 14 productos estudio para las siguiente dos etapas de dicha metodología que será aplicada para el control de estos.

5. Referencias

- Arango, M. D., Zapata, J. A., & Wilson, A. J. (2011). Aplicación del modelo de inventario manejado por el vendedor en una empresa del sector alimentario colombiano. *EIA*, 21-32.
- Carlos Alberto Castro Zuluaga, J. A. (2011). Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos. *ITECKNE*, 163 - 170.
- Carlos, V.-N., & Oscar, P.-G. (2017). Métodos para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Ciencia UNEMI*, 29-38.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación*. México: Pearson Prentice Hall.
- Díaz, R., Acosta, M., & Bravo, J. (2015). Clasificación ABC multicriterio para medicamentos en una clínica de la ciudad de Cali: aplicación de técnicas. *Ingenium*, 29-39.
- Flores, B., Olson, D., & Dorai, V. (1992). Management of multicriteria inventory classification. *Mathematical and Computer Modeling*, 71-82.
- Gutiérrez, Ó. P. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Cuad. adm. Bogotá*, 169-187.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Dirección de la producción*. España: Pearson Educación.
- Hiller, F., & Lieberman, G. (2006). *Introducción a la investigación de operaciones*. México: Mc Graw Hill.
- Mendez, C. (2001). *Metodología*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Pacheco, R. A., Rios, M. F., & Bastidas, J. J. (2015). Clasificación ABC multicriterio para medicamentos en una clínica de la ciudad de Cali: aplicación de técnicas. *Ingenium*, 29-39.

- Pettite M, G. A., & Ungredda L, N. D. (28 de septiembre de 2011). Propuestas de mejoras del modelo de planificación y control de inventarios de una empresa importadora y distribuidora a nivel nacional de productos de energía portatil, electricos y electronicos.
- Rodríguez, A. M. (2008). Parámetros para evaluar el desempeño de almacenes. 1-9.
- Salas, N., Maignel, M., & Acevedo, C. (2017). Metodología de Gestión de Inventarios para determinar los niveles. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 326-337.
- Sánchez, J. E. (2005). Estado del arte de los modelos matematicos para la coordinación de los inventarios en la cadena de suministro. Sanfandilla, QUERETARO, MEXICO.
- Vidal, C. J. (2006). Introducción a la gestión de inventarios. *Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería*, 1-16.
- Wan Lung, N. (2007). A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. *European Journal of Operational Research*, 344-353.
- Zuluaga, C. A., Urrego, J. A., & Gallego, M. C. (2011). Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos. *ITECKNE*, 163-170.
- Zúñiga, J. A., & C., J. A. (2016). Modelo integrado de clasificación ABC multicriterio, aplicado en el área de picking de un centro de distribución de repuestos. *Colección Académica de Ciencias Estratégicas*, 15-31.
- Zúñiga, J. A., & C., J. A. (2016). MODELO INTEGRADO DE CLASIFICACIÓN ABCMULTICRITERIO, APLICADO EN EL ÁREA DE PICKING DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE REPUESTOS. *Colección Académica de Ciencias Estratégicas*, 15-34.

Aplicación De Ingeniería Industrial Para La Optimización De Recursos De La Empresa Alimentaria ‘Pepi Grill’.

José Antonio Hernández Fernández, alumno¹, Vannia Naomi González Fernández, alumno², Dra. Elsa Elena Corona Mayoral, catedrático³, M.C. Delia del Carmen Gamboa Olivares, catedrático⁴, M.A.N. Mónica Lizzeth Hernández Lagunes, catedrático⁵.

¹José Antonio Hernández Fernández, es alumno del séptimo semestre del programa académico de ingeniería industrial del TecNM-Tecnológico de Veracruz, Veracruz. jantonioh1@gmail.com

²Vannia Naomi González Fernández, es alumna del séptimo semestre del programa académico de ingeniería industrial del TecNM-Tecnológico de Veracruz, Veracruz. vannia_naomi@hotmail.com

³Dra. Elsa Elena Corona Mayoral, Doctorado en Educación, es coordinadora del centro de incubación e innovación empresarial y profesora de Ingeniería Industrial del TecNM-Tecnológico de Veracruz, Veracruz. elsaelenacorona@hotmail.com

⁴M.C. Delia del Carmen Gamboa Olivares, Maestría en Ciencias de la Ingeniería Industrial, es profesora de Ingeniería Industrial del TecNM-Tecnológico de Veracruz, Veracruz. delia_gamboa@hotmail.com

⁵M.A.N. Mónica Lizzeth Hernández Lagunes, Maestría en Administración de Negocios, es jefe de proyecto docente del departamento de ingeniería industrial y profesora de Ingeniería Industrial del TecNM-Tecnológico de Veracruz, Veracruz. lizzerh@hotmail.com

Resumen—Este artículo presenta la optimización de los tiempos de espera del producto de la empresa PEPI-GRILL mediante herramientas de la ingeniería industrial.

La metodología del proyecto se basó en la reducción de tiempos de las áreas de servicio y producción a través de la simulación, la estandarización en el método de recolección de la información generadora de los pronósticos de venta. Además, se abordaron aspectos de presupuestación, mercadotecnia e higiene y seguridad para procurar la competitividad empresarial.

Los resultados obtenidos fueron una redistribución de la planta, la introducción a la estandarización de los métodos de trabajo, la renovación de la imagen empresarial, esquemas contables y la delimitación de normas oficial mexicanas aplicables en las instalaciones para asegurar la higiene y seguridad.

Palabra(s) Clave—Higiene, ingeniería industrial, inventarios, mercadotecnia, optimización, presupuestos, seguridad, simulación.

Abstract—This article presents the optimization of waiting times of the product of the company PEPI-GRILL through industrial engineering tools.

The project methodology was based on the reduction of the areas of service and production times through simulation, standardization in the method of generating sales forecasts information collection. Furthermore, aspects of budgeting, marketing and hygiene and safety are addressed to ensure business competitiveness.

The results were a redistribution of the plant, the introduction to the standardization of working methods, the renewal of the company image, accounting schemes and official delimitation of standards applicable Mexican in plants to ensure the hygiene and safety.

Keywords—Hygiene, industrial engineering, inventory, marketing, optimization, budget, security, simulation.

1. Introducción

La problemática principal que motivo el desarrollo del proyecto fue la demora excesiva del cliente ante la espera de su producto, además de la incertidumbre de los pronósticos de ventas e inventario por parte de la empresa.

Se tenía como objetivo principal el optimizar la utilización de áreas de servicio y producción, condiciones de higiene y seguridad, planeación, presupuestación y mercadotecnia de la empresa a través del uso de herramientas de Ingeniería Industrial.

Los objetivos específicos para alcanzar eran:

- Elaborar una nueva distribución en planta para aprovechar mejor las áreas de servicio y producción.

- Mejorar las condiciones de higiene y seguridad del área de almacenamiento y producción.
- Establecer un modelo de simulación para entender el funcionamiento de los procesos y tiempos requeridos para hacer las entregas correspondientes.
- Establecer estrategias para documentar la información de ventas e inventarios.
- Determinar los costos totales por productos para la elaboración de presupuestos mensuales.
- Analizar las estrategias de mercadotecnia y publicidad establecidas para determinar alternativas de mejora.

Con esto, se pudo formular la hipótesis siguiente: ¿Se mejorará el servicio brindado por la empresa Pepi Grill hacia sus clientes a través de la aplicación de herramientas Ingeniería Industrial con técnicas de higiene y seguridad, distribución en planta, simulación, pronósticos y estrategias de mercadotecnia?

2. Desarrollo

En primera instancia, se realizó una visita del negocio, además de un diálogo con el dueño, esto con la finalidad de entender todo el contexto del negocio. Posteriormente, se encontraron las cinco áreas en donde había que realizar cambios para aspirar a nuevos objetivos en el futuro. Estas áreas fueron: distribución en planta, presupuestación y pronósticos, modelos de simulación, higiene y seguridad, y mercadotecnia y publicidad.

Antes mejorar las condiciones del establecimiento Pepi Grill, primero se determinó los tiempos necesarios para llevar a cabo las actividades acordadas con el dueño, para así crear un compromiso y establecer metas y plazos. Todo esto se hizo a través de un diagrama de Gantt, tal como se muestra en la figura 1.



Figura 2 Diagrama de Gantt del proyecto

Para el caso de la distribución en la planta se encontraron diversas circunstancias, entre las cuales se destaca el desperdicio de espacio debido a la mala planeación, tal y como se muestra en la figura 2. Como se puede observar, existe una bodega, la cual únicamente era excusa de desorden. A su vez, a pesar de ser un negocio donde su propuesta de valor es que el cliente viva la experiencia dentro del negocio, se nota que no hay un comedor esté acorde a ello, por eso se tomó la decisión de eliminar la bodega y reducir la cocina de preparación.

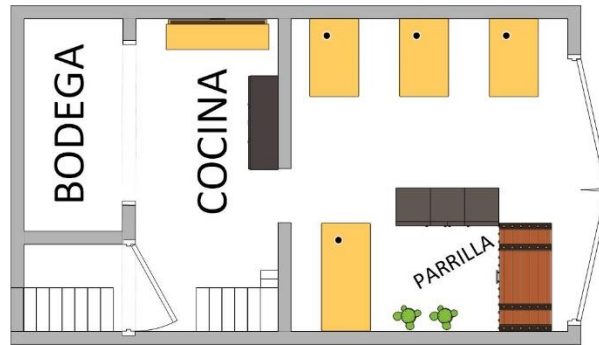


Figura 3 Distribución en planta original

Avanzando con el proyecto, se encontró que no existía una trazabilidad de los productos vendidos, ni siquiera una estandarización de los métodos de trabajo, por lo que la idea de generar un pronóstico era inalcanzable. Por ello, se realizaron tablas como se ve en la figura 3, de cada uno de los productos para verificar las medidas requeridas para cada uno de ellos y obtener su costo, el cual se desconocía. Ya una vez finalizado esto, se procedió a elaborar un programa donde se hiciera un registro histórico de las ventas, convirtiéndose en una caja registrador, como se muestra en la figura 4.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO \$	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO \$	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO \$	TOTAL DE PRECIO UNITARIO	0
HAMBURGUESA CLASICA		HAMBURGUESA CLASICA CON UN INGREDIENTE EXTRA (QUESO MONZARELLA Y MANCHEGO)		HAMBURGUESA CUBANA		HAMBURGUESA DE LA CASA			
		PASTOR						CONCEPTO	PORCION EN KG
		CHORIZO ARGENTINO							COSTO \$/KG
		CHISTORRA							
		CHORIZO ESPAÑOL							
		LONGANIZA							
		CHAMPIÑON							
		SALCHICHON							
		EXTRA QUESO/PEPERONNI							

Figura 4 Tabla para costo de productos

VENTAS EN EFECTIVO EN LA CAJA REGISTRADORA PEPPI GRILL							
DATOS DE VENTAS							
FECHA	HORA	NÚMERO DE TRANSACCIÓN	SKU/NÚMERO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
							\$ -
							\$ -
							\$ -
							\$ -

Figura 5 Caja registradora elaborada

Como siguiente paso, se analizó la eficiencia del servicio prestado a través de las observaciones acumuladas a través de un muestreo aleatorio sistemático como se muestra en la figura 5. Con ello se pudo recabar información para poder representarla en el software simulación Promodel, como se ve en la figura 6. Así, se pudo proponer mejoras al sistema a través de la determinación de cuellos botellas u otras restricciones.

Jueves 26			10		
HORA	MINUTO-SEGUNDO	RANGO	MINUTO-SEGUNDO	RANGO	
6	17.00		5.40	21.40	
6	34.10	17.10	10	25.30	19.90
6	54.50	20.40	10	45.00	19.70
7	10.30	15.80	10	5.60	20.60
7	30.00	19.70	10	25.00	19.40
7	48.30	18.30	10	43.10	18.10
7	10.12	21.82	10	59.20	16.10
8	28.40	18.28	11	15	15.80
			11	29.50	14.50
Viernes 4			Sábado 12		
HORA	MINUTO-SEGUNDO	RANGO	HORA	MINUTO-SEGUNDO	RANGO
8	13.40		11	42.00	
8	28.60	15.20	11	59.40	17.40
8	48.00	19.40	12	16.20	16.80
9	9.10	21.10	12	33.15	16.95
9	25.40	16.30	12	47.30	14.15
9	44.00	18.60	1	3.12	15.82
			1	19.30	16.18

Figura 6 Observaciones recabadas en muestreo

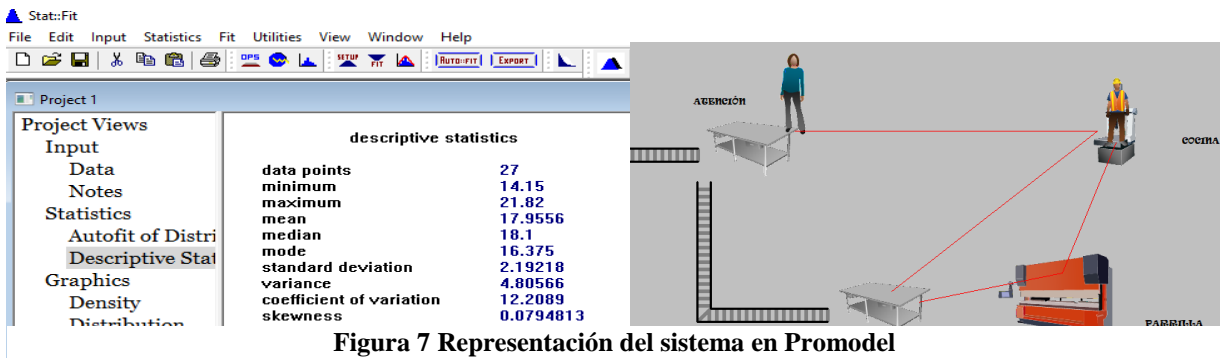


Figura 7 Representación del sistema en Promodel

Una vez que el dueño visualizaba más los beneficios que tendría el negocio, accedió a mejorar las condiciones del establecimiento a través de un programa de 3S's, por lo que se inició una evaluación de las condiciones como se ve en la figura 7. A su vez, se propuso generar una lista de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables al negocio, para su aplicación en el futuro.



Figura 8 Condiciones iniciales del negocio.

Como parte final del proceso de mejorar, se procedió a darle una perspectiva más profesional y empresarial al negocio a través de la generación de estudios de mercado y encuestas de calidad para mejorar el servicio a través de las estadísticas, y sobre todo darle una nueva imagen que reflejara su ventaja competitiva. Además, se encontró que el menú que se manejaba estaba fuera del contexto empresarial, como se puede apreciar en la figura 8.

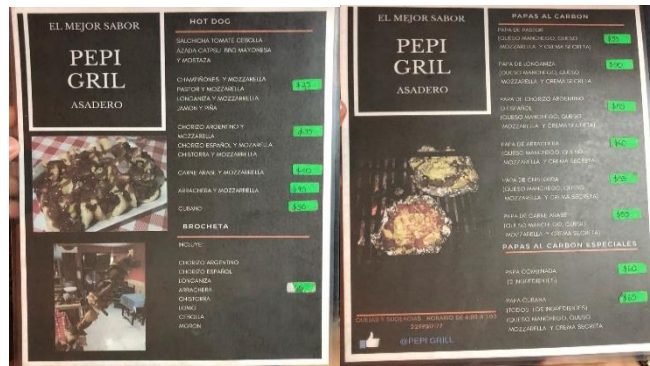


Figura 9 Menú original

3. Resultados

Con la realización adecuada de cada una de las actividades propuestas se pudieron ver los resultados en no más de dos meses. En primera instancia, se llegó a acuerdos con la eliminación de la bodega como se muestra en la figura 9. Este acomodo buscó principalmente para ampliar el área de comedor y se propone a través de la realización de las 3S's.

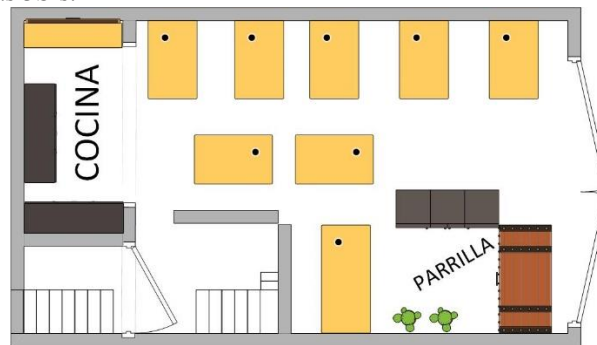


Figura 10 Distribución en planta mejorada

Después de aplicar los estudios de los sistemas de simulación se pudo obtener las estadísticas adecuadas del sistema como se ve en la figura 10. Con esto, se logró mejorar el tiempo de servicio a través de la propuesta de dos personas en el área de cocción y dos en preparación, a diferencia que antes existía solo uno en cada una de las áreas.

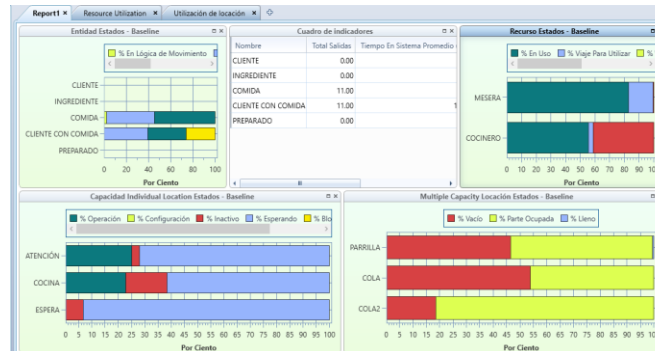


Figura 11 Estadísticas del sistema a través de Promodel

Una vez aplicadas las 3S's se obtuvieron resultados deseables en cada una de las áreas como se muestra en la figura 11. Con ello, el dueño se convenció de elevar sus niveles de estandarización e higiene queriendo

aspirar a las 5S's o posteriores. Además, se pudo entregar un listado de Normas Oficiales Mexicanas que se pueden aplicar en el negocio, todo esto realizado a través de DeclaraLab, una herramienta digital de la STPS.



Figura 12 Condiciones después de la aplicación de las 3S's.

Como último punto, al término de la realización del estudio de mercado, se pudo tomar mejores decisiones sobre la imagen que debía adoptar el negocio, además de la reducción del menú dejando en venta los productos que únicamente generan valor. El menú obtuvo un nuevo diseño y se realizó de tal manera que se pueda adaptar a los cambios de precios en el futuro, tal y como se ve en la figura 12.



Figura 13 Menú mejorado

4. Conclusiones

Las mejoras establecidas dentro de la distribución de planta están ofreciendo el crecimiento para el servicio de los clientes, lo cual era una necesidad de urgencia, aunque a su vez, esto brinda una comodidad para los trabajadores y establecer una mejor circulación de los productos.

Hablando de las condiciones de higiene y seguridad, la aplicación de las 3S's a pesar de ser la versión más esbelta del sistema japonés es de gran comodidad para PyMEs como la estudiada, ya que acerca a los trabajadores a un ambiente de limpieza y orden, lo cual va motivando a que se siga manteniendo la disciplina, lo cual irremediamente repercutirá en la implementación de las 5S's, lo que asegurará definitivamente la constancia de ésta hábito.

Respecto a los datos obtenidos del DeclaraLab, la cantidad de normas de la STPS emitidas sin duda alguna hay que empezar a implementarlas para evitar sanciones posteriores, además así se procurará la integridad de cada uno de los empleados del negocio.

Además, dentro de las recomendaciones inmediatas para mejorar la higiene, se sugiere el uso de cubrebocas para el encargado del asador, pues mostrará una imagen de limpieza, pero sobre todo cuidará al operador de los gases emitidos por el proceso de carbonización.

Las recomendaciones para la presupuestación en general que se hace son las siguientes:

- Adquirir un medio organizativo donde se automatice la información como una caja registradora, esta a su vez llevará un control informativo del mismo, así como comprobantes para el mismo.
- Además de poder resguardar el efectivo en caja, y de fácil empleo para que no se encuentre cerca de los alimentos y no de una mala imagen.
- Existen otras herramientas como clip bancarias en caso de no querer rentar terminales que le permiten poder hacer cobros con tarjeta y los costos oscilan entre \$300 a \$400 pesos mexicanos, mientras que las terminales se rentan por mes, todo esto para darle más opciones de pago a los clientes.
- Al conocer los reportes de ventas se sabrá qué días pueden ser buenas opciones para realizar comprar, por mayoreo sin que afecte la calidad de los alimentos, tener buenos y competitivos proveedores, y finalmente saber la tendencia de ventas con mayor auge.

Con ello se derivan los pronósticos y metas semanales o mensuales, además se logrará ilustrar con otro panorama, si es rentable contratar a una persona para esta área, que en lo particular como equipo se sugiere se implemente para que no intervenga en la operación de los alimentos específicamente en el área de producción donde las actividades se combinan, donde lo mejor sería asignar responsabilidades y actividades.

Las intenciones más atractivas serían que pasara a ser una mediana empresa ya sustentada ante hacienda, y registrada para que tenga una imagen legal y pueda facturar, además de generar mayor competencia.

Es satisfactorio decir que dentro de las recomendaciones estipuladas para la simulación del proceso fue inmediatamente puestas en marcha por el dueño, lo cual ha permitido hacer realidad la mejora de dicho proceso, contratando un cocinero y un ayudante de asadero extra, lo que ha permitido alcanzar una mejora de hasta casi el 200% de acuerdo con los datos obtenidos a través del software simulación ProModel.

En conclusión, a esta área, es un excelente negocio, que sólo necesita asesoría y orientación para logro de resultados y objetivos la actitud, disposición e iniciativa son elementos claves con los que ya cuentan, además que fueron concisos al tomar todas las recomendaciones como críticas constructivas, donde emotivamente se agradece.

5. Referencias

- Aracil, J.: Introducción a la dinámica de sistemas. Alianza Editorial. Madrid, 1996.
- Bacalla, I. J. (1998). *Industrial Data*. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v01_n2/tipos.htm
- Castro, A. M. (2014). Obtenido de <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=SdvhBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=planeaci%C3%B3n+financiera&ots=bub7hR9NOd&sig=YeyX7Yp9Od9IWzkMyIxbv4KaXY#v=onepage&q&f=false>
- Departamento de Organización de Empresas, E. y. (Mayo de 2005). Obtenido de <http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/4%20distribucion%20en%20planta.pdf>
- Harrell, C.; Tumay, K.: *"Simulation Made Easy. A Manager's Guide"*. Norcross, GA: Industrial Engineering and Management Press, 1995.
- Harrington, H. J.; Tumay, K.: *Simulation modeling models*. McGraw Hill New York. 1999. USA. High Performance Systems. Obtenido de: <http://www.hps-inc.com>
- ProModel. (2018). Obtenido de <http://promodel.com.mx/promodel/>
- Shujel. (02 de Mayo de 2013). *Blog del Emprendedor*. Obtenido de <http://www.blog-emprendedor.info/que-es-el-estudio-de-mercado/>
- Social, S. d. (2018). *Autogestión en Seguridad y Salud en el Trabajo*. Obtenido de <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>

Control Estadístico de la Calidad para el Mejoramiento en el Proceso de Hule Granulado 20 HEM

Dr. Sergio Sáenz Hervert¹, M.A. Juan Carlos Barajas Chávez², René Zalazar García³, Ing. Ind. Francisco Cruz Hervert⁴

¹ Sergio Sáenz Hervert, Doctor e investigador del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, Veracruz.saenz_hervert_sergio@hotmail.com.

² Maestro en administración de sistemas de calidad, Juan Carlos Barajas Chávez, es profesor investigador del área de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, Veracruz. barajasjc@hotmail.com

³ Alumno, René Zalazar García, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial 5to semestre del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, Veracruz. baby_zalazar@hotmail.com

⁴ Ingeniero industrial, Francisco Cruz Hervert, es profesor investigador del área de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, Veracruz. pumas10_17@hotmail.com

Resumen— En la región Sur del Estado de Veracruz, el 80% de la producción natural de hule natural que se produce en el país se encuentra en esta zona abarcando los municipios de Las Choapas, Minatitlán. El objetivo fue determinar la variabilidad y el comportamiento de los datos de las pruebas físicas, en el procesamiento del hule granulado grado 20 *HEM*, de la Procesadora de Hules Técnicos de la Cuenca del Uxpanapa, Actualmente la empresa utiliza herramientas para la “mejora continua de la calidad”, sin embargo, se necesita controlar los procesos productivos para satisfacer las expectativas de los clientes. Por tal razón se plantea un sistema de control estadístico (carta de control \bar{X} -R) con la ayuda del software estadístico Minitab 17, así como de herramienta Diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto. Con el uso del método cuantitativo se midieron las características de calidad de los lotes de caucho terminado, usando los datos de las pruebas físicas del mes de junio de 2018 y como resultado se obtuvo que el proceso de producción es inestable con respecto a la Viscosidad Mooney, presentando parámetros con variabilidad especial fuera de los límites de control, estableciendo acciones correctivas para estabilizar el proceso.

Palabras clave— Control estadístico, Viscosidad, Hule, Técnicamente especificado.

Abstract— In the southern region of Veracruz State, 80% of the natural rubber production, produced in the country is found in this area, covering the municipalities of Las Choapas, Minatitlán. The objective was to determine variability and behavior of the physical tests data, in the processing of granulated rubber grade 20 HEM, by Technical Rubber Processor in La Cuenca Uxpanapa, Currently the company uses tools for the "continuous improvement of quality ", however it needs to control the production processes to meet the expectations of customers. For this reason, a statistical control system is proposed (control chart \bar{X} -R) with the statistical software help Minitab 17, as well as the tool Ishikawa diagram and Pareto diagram. The quality characteristics of the batches of finished rubber were measured, by the quantitative method using physical tests data on June 2018 and as a result it was obtained that the production process is unstable respect to the Mooney Viscosity, it presents parameters with special variability outside the control limits, establishing corrective actions to stabilize the process.

Key words: Vscosity, Technically specified rubber statistical control.

1. Introducción

En México la producción del hule natural (*Hevea brasiliensis*), se ubica en el trópico húmedo, principalmente en el centro y sur de Veracruz, oeste de Tabasco, noreste de Oaxaca y en las regiones de Palenque y Soconusco en Chiapas (Conferencia Mundial del Caucho de Industrial Global Unión, 2013). El consumo estimado en 2002, incluyendo hule sólido y látex, es de alrededor de 75,000 Mg del hule sólido, el 82 % es consumido por la industria llantera y el 95 % de éste corresponde al hule granulado calidad HEM 20 (Hule Estandarizado Mexicano calidad 20). El 18% restante es consumido por renovadoras y pequeños fabricantes de artículos varios tales como: zapatos, mangueras, topes, cojinetes, entre otras. Además, existe un importante consumo que rebasa 10,000 Mg. Por año de látex centrifugado por los fabricantes de hilo elástico, guantes,

cámaras para balón y la mayor empresa fabricante de globos a nivel mundial (ANACAFE 2004). Los industriales del sector informan de la existencia de varios problemas que frenan el desarrollo de la producción llantera nacional: a) bajo aprovechamiento de la capacidad instalada, b) baja productividad laboral, c) altos costos y baja calificación de la mano de obra, d) falta de aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas en la importación y e) falta de igualdad de requisitos en la importación respecto a nuestros socios comerciales, entre otras. (Blackley, D.1997).

Los problemas de calidad en la planta procesadora de Hules técnicos de la Cuenca del Uxpanapa S.A. de C.V., se miden en porcentajes de producto no conforme, sobre el total producido en un lapso determinado de tiempo. Los principales problemas de calidad que se presentan en la procesadora actualmente son las diferentes características físicas que requieren los clientes de caucho natural son tres comunes que actualmente: Viscosidad Mooney, Plasticidad inicial (PO) e Índice de Retención de Plasticidad (PRI) (ASTM D1646-07, 2012). La viscosidad Mooney es la característica más importante de los hules de viscosidad controlada o los de baja viscosidad.

Actualmente la empresa “Hules Técnicos del Valle del Uxpanapa” utiliza métodos de control de calidad, no efectivos en la producción de caucho Técnicamente especificado HEM20, lo que genera una gran cantidad de merma del producto lo que trae consigo pérdidas económicas considerables. El objetivo es analizar la prueba física con la metodología de tipo estadístico de nombre carta de control \bar{X} -R. Con las mediciones de cada subgrupo se calculó la media y rango, de modo que en este periodo de tiempo se obtuvo una media y un rango maestro que aportó información sobre la tendencia central y la variabilidad del proceso del hule granulado grado 20 (HEM 20), respectivamente.

Con la carta X, se analizó la variación entre las medias de los subgrupos, para así detectar cambios en la media del proceso. Con la carta R, en cambio, entre los rangos de los subgrupos, lo que permitió detectar alteraciones en la amplitud de la variación del proceso.

Con esta herramienta se pretende medir la variabilidad de los resultados de las pruebas físicas, proporcionados por el departamento de calidad para poder observar la estabilidad del proceso (International ASTM designation d-2227, 2007). Los resultados obtenidos mediante el análisis del software estadístico Minitab 17, indican que el proceso de producción del hule natural grado 20 es inestable con respecto a la Viscosidad Mooney, presentando parámetros con variabilidad especial fuera de los límites de control. Por lo antes mencionado se recomienda implementar la herramienta 6M y diagrama de Pareto, para corregir la inestabilidad del mismo. Finalmente se prevé que el beneficio de un sistema de control estadístico eficiente, genera la competitividad de la empresa basado en el mejoramiento de la calidad y productividad.

2. Desarrollo

2.1 Metodología

2.1.1 Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas y la empresa Procesadora de Hules Técnicos de la Cuenca del Uxpanapa, los cuales se encuentran localizados entre las coordenada 17° 04' de latitud norte y 4° 02' de longitud este con respecto a la Cd. de México. Su altitud promedio sobre el nivel del mar es de 35 m. Limita con los municipios de Coatzacoalcos, Minatitlán, el Estado de Oaxaca, el Estado de Tabasco y el Estado de Chiapas. Ocupa una extensión de 2,851 km², cifra que representa el 3.92% del total del Estado. (INEGI, 2009.)

2.1.2 Materiales

Para elaborar este trabajo se utilizó un Viscosímetro Mooney (Figura 1) Para el análisis de las muestras y una computadora para la redacción, uso de Excel y aplicación del software estadístico Minitab 17.



Figura 1: Equipo utilizado.

2.2.1 Métodos

En la solución de este problema se utilizó la carta de control **X-R** estadístico que es un diagrama para variables que se aplican a procesos masivos, en donde en forma periódica se obtiene un subgrupos de productos, se mide y se calcula la media y el rango *R* para registrarlo en la carta correspondiente.

2.2.2 Viscosidad Mooney

Es la medida de viscosidad de un caucho o compuesto de cauchos determinada en un viscosímetro de disco de acuerdo a la norma ASTM D1646. Figura 2.

ESPECIFICACION VISCOSIDAD (MUESTRA FINAL)		
N. DE CAJA	COLOR	RANGO VISC. UM.
	BAJA	50-59
05		60-70
		71-75
		76-80
		81-85

Figura 2: Especificaciones de viscosidad.

2.2.3 Diseño estadístico de medición

Se diseña el instrumento de control estadístico de la calidad para Identificar los puntos críticos en las pruebas físicas (Viscosidad Mooney) del hule natural técnicamente especificado grado 20 (HEM 20).

Desarrollando la carta de control (**X-R**) para variables que se aplica a característica de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición (peso, volúmenes, voltajes, longitudes, resistencia, temperatura, humedad, Viscosidad Mooney, etcétera) Fuente: Calidad y Productividad cuarta edición, Humberto Gutiérrez Pulido.

Por lo tanto, el diseño se elaboró tomando en cuenta los datos obtenidos en las bases de datos del reporte de Viscosidad Mooney y Plasticidad para el control de proceso.

2.3 Muestreo

Para la evaluación diagnóstica del control estadístico en la empresa “Hules Técnicos de la Cuenca del Uxpanapa”; se extrajo del proceso de producción muestras por cada uno de los lotes. Este muestreo se realizó por cada uno de los 7 lotes procesados por cada turno de procesamiento haciendo un total de 37 muestras. Mostrados en la tabla 1.

Tabla 1: Distribución de muestra del estudio de prueba de físicas (Viscosidad Mooney).

Lote	Muestra (K)																																					
	(n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1		81	76	77	75	70	67	78	73	77	78	80	70	65	78	79	78	85	83	79	77	83	68	72	66	73	74	69	65	67	81	83	78	78	79	78	79	74
2		71	67	65	68	74	77	71	83	71	75	80	76	72	68	71	72	85	85	78	80	80	82	71	72	75	71	71	70	75	70	77	80	80	85	75	77	77
3		67	64	79	83	75	85	80	76	75	77	70	68	64	73	74	75	81	74	77	80	85	75	78	79	79	76	74	73	70	66	78	80	80	83	83	85	83
4		79	73	85	80	80	73	76	73	85	70	80	77	68	83	74	81	76	78	81	80	58	72	74	79	85	71	77	80	76	75	85	85	89	77	85	85	81
5		84	81	75	75	80	85	85	85	80	83	80	78	75	85	76	85	89	80	83	76	81	78	84	81	74	74	70	83	85	87	82	62	61	63	72	68	74
6		69	79	80	71	78	73	68	71	77	78	79	76	71	73	77	89	86	81	75	76	72	73	70	72	67	73	69	72	70	76	80	73	77	79	69	80	74
7		68	81	74	70	82	77	74	66	73	70	78	72	68	65	70	70	84	84	83	86	85	73	73	74	80	78	84	79	83	82	85	71	61	79	65	74	75

Se determinó con un consistómetro de cizalladura, está definida por la reacción opuesta por la goma al esfuerzo de cizalladura continuo provocado por un rotor encerrado en una cámara conteniendo el caucho, calentado a 100°C y que da vueltas a la velocidad constante de 2 ± 0.2 rev/min, la plasticidad Wallace. La consistencia o viscosidad Mooney en general debe de dar una consistencia comprendida entre 65 y 85 puntos Mooney (Norma ASTM D1646). (Pulido, 2014)

Se utilizó la carta de control \bar{X} -R estadístico por cada proceso; para obtener los subgrupos de productos, se midió y se calculó la media y el rango R para registrarlos en la carta correspondiente.

3. Resultados.

- PRUEBA 1. Un punto más que las 3.00 desviaciones estándar desde la línea central. La prueba falló en los puntos: 13, 17.
- PRUEBA 5. 2 sin 3 puntos más que 2 desviaciones estándar desde la línea central (en un lado de LC). La prueba falló en los puntos: 18.
- PRUEBA 6. 4 sin 5 puntos más que 1 desviación estándar desde la línea central (en un lado de LC). La prueba falló en los puntos: 19, 20. Todo lo anterior representado en la Figura 3.
- ADVERTENCIA : Si se actualiza la gráfica, con los nuevos datos, los resultados anteriores quizás ya no sean correctos

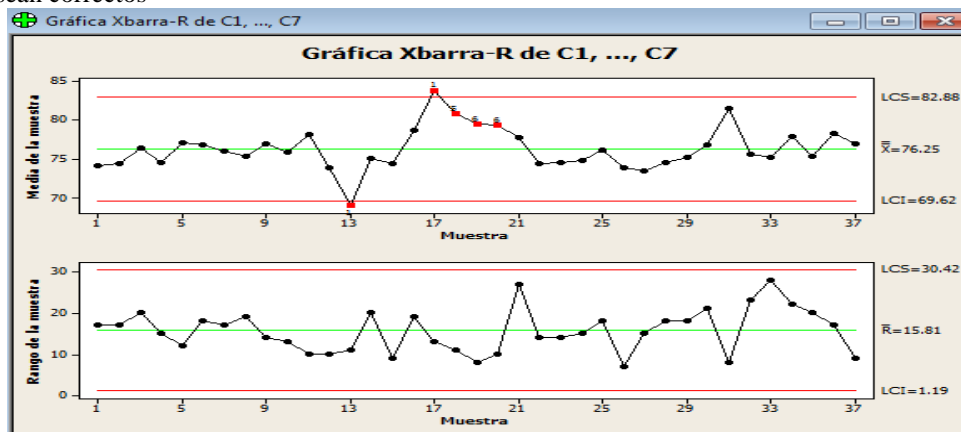


Figura 3: Valores de las muestras en las pruebas físicas (Viscosidad Mooney).

Los resultados obtenidos mediante el análisis del software estadístico Minitab 17, indican que el proceso de producción del hule natural grado 20 es inestable con respecto a la Viscosidad Mooney, presentando parámetros con variabilidad especial fuera de los límites de control.

Análisis de datos con herramientas de calidad

Usando un diagrama de Ishikawa general en combinación con las 6M (Figura 4), se llegarán a los principales problemas y sus causas del producto no conforme que afecta su calidad.

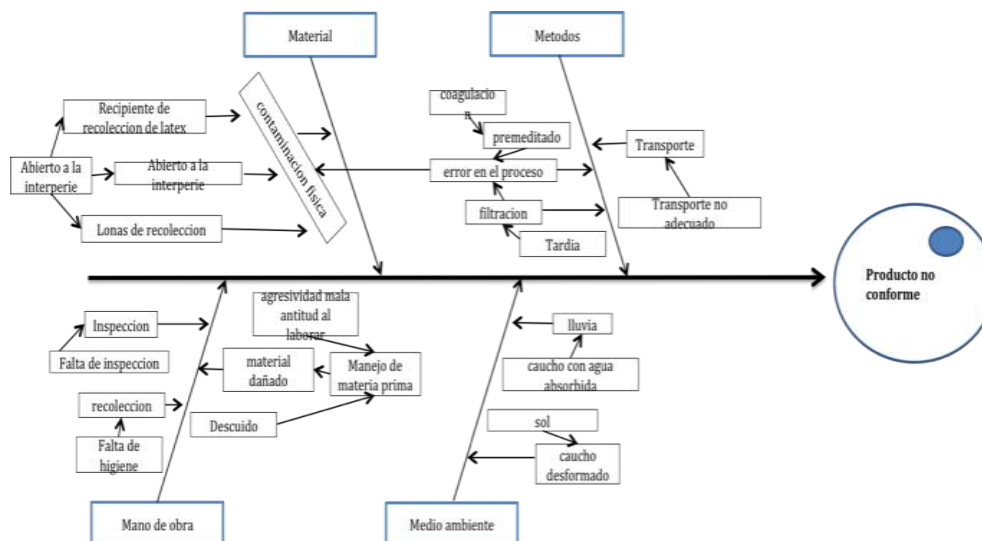


Figura 4: Diagrama de Ishikawa general de producto no conforme.

Una vez que el látex fresco en su forma líquida es coagulado y recolectado en esta forma, se deja secar, se aplana y se deja secar durante un par de días para dar paso al hule natural que será la materia prima del hule grado 20.

En el producto no conforme existen distintas causas que afectan a la calidad del producto, entre las cuales presenta distintas deformaciones, una de ellas es por exposición al calor.

De igual forma presenta deformidades que no son propias del ambiente (estirado y rasgado). En ambos casos, el hule natural si se estira o se deforma, no vuelve a su forma primitiva. De igual modo se está obteniendo hule con mucha absorción de agua.

En distintas partes de su proceso, desde la obtención hasta la elaboración de materia prima para el hule grado 20 HEM, existen distintas maneras en las que podría contaminarse físicamente.

4. Conclusión.

El proyecto de investigación permitió establecer un sistema de control estadístico en las pruebas físicas (Viscosidad Mooney) del hule natural grado 20 HEM, el cual ayudara a mejorar la calidad de la producción.

Se recomienda a la empresa efectuar actualizaciones periódicas de las **cartas de control X-R** e implementar las **6M (materiales, maquinaria, medición, mano de obra, métodos y medio ambiente)** para corregir la inestabilidad del mismo.

Se recomienda investigar y aplicar otras herramientas y métodos de mejora para prevenir o corregir problemas futuros y buscar nuevos métodos para tener un producto de mejor calidad y a menores costos.

Se prevé que el beneficio de un sistema de control estadístico eficiente, genera la competitividad de la empresa basado en el mejoramiento de la calidad y productividad.

5. REFERENCIAS

- ANACAFE. (2004). *Cultivo del Hule. Asociación Nacional del Café*. (s.f.).
- ASTM D1646-07(2012) Métodos de prueba estándar para las características de goma de viscosidad, la relajación de esfuerzo, y Pre-vulcanización (Viscosímetro Mooney), (Standard Test Methods For Rubber—Viscosity, Stress Relaxation, and Pre-Vulcanization. (s.f.).
- Blackley, D.(1997). *Polymer Latices: Types of lattices, Chapman and Hall. London: U.K.* (s.f.).
- Conferencia Mundial del Caucho de Industrial Global Unión, 23 y 24 de abril de 2013, Budapest, Hungría. (s.f.).
- INEGI, 2009. *LOCALIZACION GEOGRAFICA. Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. (s.f.).
- International ASTM designation d-2227 Standard Specification for Natural Rubber Thecnical Grades (Norma ASTM D 2227 – 96 (2007)). (s.f.).
- NIFAP. (2011). *Paquete Tecnológico del Hule (Hevea Brasiliensis). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. (s.f.).
- Norma internacional de calidad (ICONTEC, 2010). *Consejo Superior de Cámaras de Comercio*. (s.f.).
- Pulido, H. G. (2014). *Calidad y Productividad cuarta edición,, 2014*.

6. Notas biográficas

¹ El MIMA Sergio Sáenz Hervert, es profesor e investigador de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, Veracruz. Concluyo sus estudios de posgrado en Ingeniería en Medio Ambiente en la Universidad Valle de Grijalva, Tuxtla Gutiérrez Chiapas.

² El Maestro Juan Carlos Barajas Chávez es Maestro en administración de sistemas de calidad, por la Universidad del Valle de México (UVM) Villa Hermosa Tabasco, actualmente es profesor e investigador del área de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, Veracruz.

³ El alumno, René Zalazar García, es estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial 5to semestre del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, Veracruz.

⁴ E MAPI. Francisco Cruz Hervert, es Maestro Administración de Procesos Industriales, por la Universidad Valle de Grijalva Coatzacoalcos, Veracruz, actualmente es profesor investigador del área de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, Veracruz.

Diseño de un Modelo de Simulación Discreta para proponer mejoras en el Área de Urgencias de un Hospital General en Veracruz

Miguel Ángel Hernández Díaz, Ing.¹, Ing. Jorge Roberto de Jesús Maravilla Tiburcio², Ing. Ariadna Nayeli García Ramírez³, Ing. José Miguel Téllez Zepeda⁴, Dr. Isidro Rodríguez Montoro⁵.

⁴ El Ing. Miguel Ángel Hernández Díaz, es Ingeniero Industrial por el Instituto Tecnológico de Veracruz y alumno del tercer semestre de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. miguel_nani_17@hotmail.com

⁵ El Ing. Jorge Roberto de Jesús Maravilla Tiburcio, es Ingeniero Industrial por el Instituto Tecnológico de Veracruz y alumno del tercer semestre de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. jmara_1994@hotmail.com

⁶ La Ing. Ariadna Nayeli García Ramírez, es Ingeniero Bioquímico por el Instituto Tecnológico de Veracruz y alumna del tercer semestre de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. naye81089@hotmail.com

⁴ El Ing. José Miguel Téllez Zepeda, es Ingeniero en Procesos y Operaciones Industriales por la Universidad Tecnológica de Tecamachalco y alumno del tercer semestre de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. jmiguel_tz@hotmail.com

⁵ El Dr. Isidro Rodríguez Montoro, es profesor investigador del área de posgrado e investigación del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. irodriguez@itsm.edu.mx

Resumen— Este artículo presenta los resultados de una investigación sobre el proceso de atención a pacientes que ingresan en un Hospital General en Veracruz, particularmente en el área de urgencias. Se evaluó el comportamiento actual del sistema hospitalario y se utilizó el software Arena para realizar simulaciones discretas con el objetivo de obtener alternativas de mejora que permitan reducir los tiempos promedios de espera de las personas previo a recibir asistencia médica, principalmente de los usuarios categorizados como rojos (emergencias) y el tiempo promedio total de espera en general. Con el modelo de simulación propuesto se evaluaron diversas configuraciones diferenciadas por el número de recursos humanos disponibles en servidores críticos como el área de clasificación (Triage) y el área de consulta. El escenario propuesto considera la inclusión de una enfermera y un médico adicionales en el turno vespertino, obteniéndose un 81% de reducción en el tiempo promedio de espera de los pacientes en condiciones de emergencia y un 28% de disminución en el tiempo promedio de espera total.

Palabra(s) clave— Sistema hospitalario, Software Arena, Modelo de simulación, Simulación discreta, Tiempo de espera, Asistencia médica.

Abstract – This article presents the results of an research on the patients care process who enter to a General Hospital in Veracruz, especially in the emergency area. The current behavior of the hospital system was evaluated and the Arena software was used to perform discrete simulations with the aim of obtaining improvement alternatives that allow reducing the average waiting time of people before receiving medical assistance, mainly from users categorized as red (emergencies) and the average total waiting time in general. With the simulation model proposed, different configurations were evaluated, differentiated by the number of human resources available in critical servers such as the classification area (Triage) and the query area. The proposed scenario considers the inclusion of an additional nurse and doctor in the afternoon shift, obtaining an 81% reduction in the average waiting time of patients in emergency conditions and a 28% decrease in the average total waiting time.

Key words – hospital system, Arena software, simulation model, discrete simulation, waiting time, medical assistance.

1. Introducción

En la mayoría de los procesos que se presentan en las empresas de manufactura y de servicio, aparecen las líneas de espera. Esto debido a que casi siempre, la capacidad de servicio (en algún momento) es menor que la capacidad demandada (Portilla, Arias, & Fernández, 2010).

Que la demanda supere la capacidad de servicio de un determinado sistema, ya sea, industrial o de prestación de servicios es algo muy común en las organizaciones, lo cual, hace que tiendan a operar con un bajo desempeño y tengan con frecuencia problemas relacionados con la calidad en la satisfacción de los clientes. Las líneas de espera se generan porque una parte del sistema no tiene la capacidad (recursos humanos, técnicos, materiales) suficiente para procesar la cantidad de personas, productos u objetos que llegan solicitando servicio o alguna otra actividad. La saturación o congestión que ocasionan las líneas de espera puede representar pérdidas monetarias significativas en los procesos de producción, pero en los procesos de asistencia de salud puede desembocar en la pérdida de vidas humanas. De ahí la importancia de que se busquen metodologías cuantitativas enfocadas a mejorar los servicios médicos asistenciales de todos los departamentos que conforman el sector salud.

Dentro de las áreas que conforman la gestión hospitalaria, el área de emergencias es una de las más críticas debido a que está encargada de proporcionar atención médica oportuna y eficiente a todas las personas cuya vida está en riesgo (Delgado & Mejía, 2011). Además, constituye una de las áreas esenciales para el cumplimiento de la función misional de una institución de atención médica y es uno de los servicios más concurridos dentro de los establecimientos de salud (Velasquéz, Rodríguez, & Jaén, 2011).

El aumento en la demanda de atención en los servicios de urgencias a nivel hospitalario es un problema que se presenta en todo el mundo, fenómeno originado por diversos factores entre los que se destacan: qué entiende el usuario acerca de los conceptos urgencia y gravedad, así como la facilidad para recibir atención en estas instancias hospitalarias (Cubero Alpizar, 2014). Asimismo, otro factor que ha incrementado de forma importante la demanda de consulta en los servicios de urgencia a nivel mundial es la urgencia sentida, lo que retrasa la atención de los pacientes con urgencia real (Mendoza & Elguero, 2011).

Una de las áreas más importantes y útiles donde se aplican modelos de simulación de eventos discretos es la de la salud. Específicamente en el área de urgencias, pero no solo en esta se ha hecho uso de esta técnica sino también en hospitalización, oftalmología, cirugía, entre otras (Mendoza, González, Corcho, & Berdugo, 2016).

Las preocupaciones más comunes que de manera generalizada han estado presentes en los sistemas de urgencias hospitalarias alrededor de mundo son: saturación del servicio, ineficiencia del flujo de pacientes, tiempos de espera largos para los pacientes, largos tiempos de estancia hospitalaria, optimización del tiempo de atención por el médico de urgencias, capacidad del servicio de urgencias versus demanda-capacidad y programación del personal asistencial en urgencias (Velasquéz, Rodríguez, & Jaén, 2011).

El sistema de un hospital tiene muchas variables y diferentes eventos aleatorios por lo que en la mayoría de los planteamientos de problemas se consideran sistemas complejos. (Medina, Medina, & González, 2010). Las ventajas principales de la simulación son que es fácil de entender y que la metodología puede usarse para modelar y aprender sobre el comportamiento de sistemas complejos que serían difíciles, si no es que imposibles, de abordar analíticamente (Anderson, Sweeney, Williams, Camm, & Martin, 2011). Autores como Delgado y Mejía (2011) y León & colaboradores (2010) han demostrado que la utilización del software Arena permite ser una herramienta eficiente para la solución de problemas en procesos discretos, ya que proporciona una adecuada y flexible visualización del entorno de un sistema.

Por lo anterior, el presente documento tiene como objetivo presentar los resultados del diseño de un modelo de simulación de eventos discretos para el sistema de emergencias de un Hospital General en Veracruz, con la finalidad de reducir el tiempo promedio de espera de las personas que solicitan servicio en dicha área. Dicho Hospital General es una institución en donde se proporcionan servicios de salud de primer y segundo nivel a los empleados, jubilados y familiares de trabajadores afiliados, ubicado en el municipio de Veracruz, Veracruz (México).

Para la realización del modelo se construyeron los siguientes objetivos específicos: a) establecer un diagnóstico del funcionamiento del sistema, de acuerdo con las estaciones de trabajo que conforman la ruta de los pacientes; b) determinar cuáles estaciones de trabajo funcionan como recursos restrictivos del sistema, creando cuellos de botella, mediante el análisis de los tiempos de espera; c) Identificar las funciones de densidad de probabilidad a la cual se ajustan los tiempos de entrada de los pacientes y los tiempos de atención de los distintos servidores; d) indicar las posibles alternativas de mejora derivadas de la experimentación con el modelo construido en el software Arena.

De acuerdo a un estudio precedente realizado por el área de urgencias del Hospital, en donde se analizaron los datos recolectados de un periodo de 3 meses (Octubre a Diciembre de 2017), en la Figura 1 se muestran los tiempos promedios de espera de los pacientes que ingresan a la institución categorizados según el grado de su urgencia, la cual sirve para asignarles el área correspondiente para su posterior atención: sala de reanimación (rojo), sala de observación (amarillo) y primer contacto (verde). Dado que se observa que el tiempo promedio de espera de los pacientes clasificados en rojo es mayor a 10 minutos, que es el límite máximo de espera establecido, ya que, son eventos que ponen en peligro la vida o función de un órgano en forma aguda, es imprescindible plantear escenarios de mejora que permitan disminuir los tiempos de espera de dichos pacientes y de todos en general, puesto que, las emergencias calificadas (pacientes clasificados en amarillo) están propensas a convertirse en emergencias (pacientes clasificados en rojo) si se atienden de manera tardía.

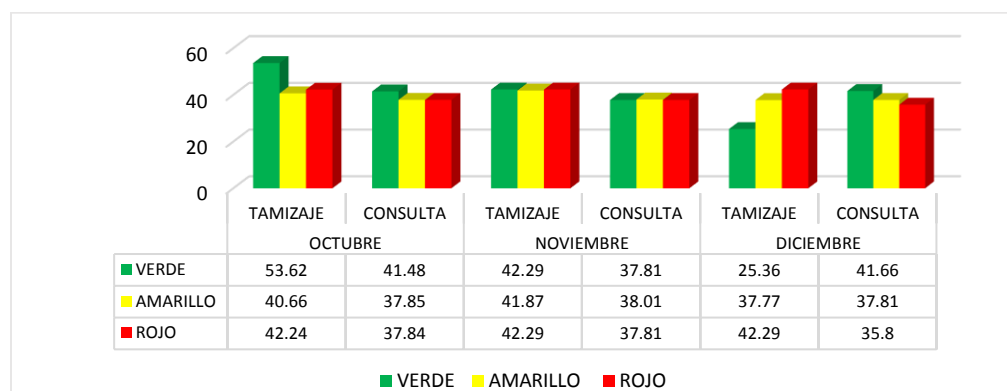


Figura 14: Tiempos promedios de espera en minutos Octubre-Diciembre 2017. Fuente: área de urgencias del Hospital General

2. Desarrollo

Método

La metodología empleada en este estudio es una adaptación de las propuestas por Kelton et al (2008), Hillier y Hillier (2008), Coss Bu (2011), Render et al (2012) y Garcia Dunna et al (2013), la cual recoge los pasos o etapas más importantes, que invariablemente no pueden faltar en un trabajo relacionado con simulación de procesos. Sin embargo, la secuencia de pasos aquí planteada sirve únicamente de guía con el propósito de llevar una adecuada planeación y seguimiento, tener una idea de las herramientas idóneas a utilizar en cada fase y lograr el objetivo propuesto. No obstante, la posibilidad de agregar u omitir alguna etapa queda latente, verbigracia, cuando los tiempos de arribo de clientes, personas u objetos a un determinado sistema son constantes o provienen de una programación, se puede omitir la recopilación de los datos y su análisis para determinar a qué tipo de distribución de probabilidad se ajustan. En otras palabras, dependiendo de la naturaleza del caso de estudio que se está analizando y de la visión del autor(es), es la cantidad y tipo de pasos a seguir. En ese sentido, el método seguido en este trabajo de investigación se encuentra conformado por las etapas representadas en la Figura 2.

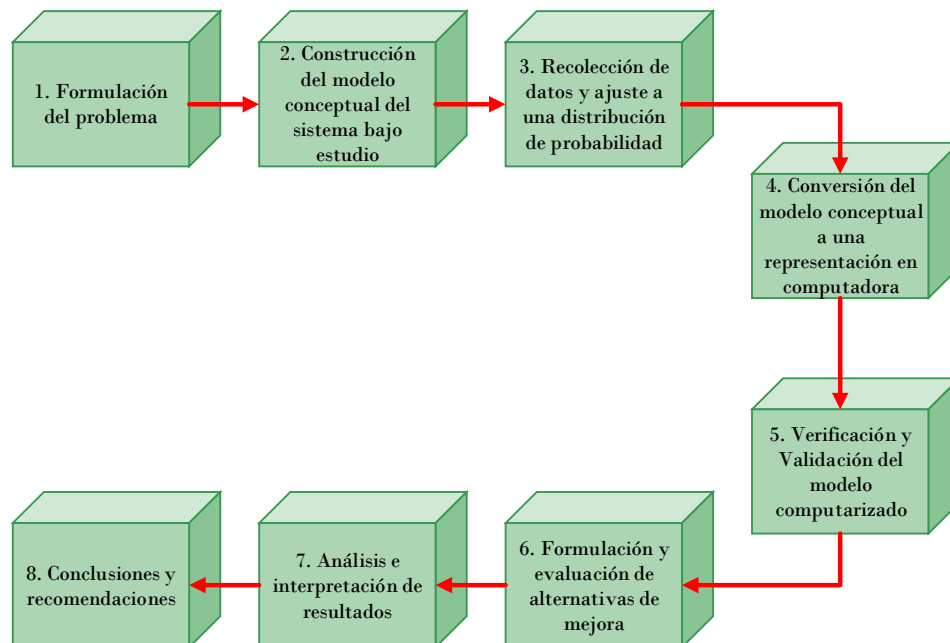


Figura 15: Diagrama de la metodología utilizada. Fuente: Elaboración propia

3. *Formulación del problema*

Los tiempos de demora han estado presentes y han sido un factor determinante y perjudicial en términos de productividad y formación de stock en cualquier proceso o sistema de producción, propiciando la creación de cuellos de botella y por ende la generación de un mal funcionamiento o desempeño. Del mismo modo, los tiempos de espera presentes en los procesos de servicio pueden llegar a ocasionar saturación o congestión de personas esperando a ser atendidas, lo cual en la mayoría de los casos desemboca en malestar e insatisfacción por parte del usuario del servicio.

En el hospital General se ha identificado como un área de oportunidad de mejora la ausencia de una intervención oportuna por parte de los servicios de emergencia, en el que se presentan tiempos largos de espera, los cuales en los casos más extremos pueden derivar en la incapacitación o la muerte de los pacientes.

Además, no se cuenta con un modelo de simulación que coadyuve a los coordinadores del servicio de urgencias a entender el comportamiento del sistema, con respecto a los factores clave que podrían influir en los tiempos de espera excesivos, como son la cantidad de personal médico y asistencial necesario para atender la demanda de los pacientes.

4. *Construcción del modelo conceptual del sistema bajo estudio*

En esta etapa se desarrolló el diagrama de flujo detallado del objeto bajo estudio, que corresponde al área de urgencias. Es menester señalar que, aunque en la Figura 3 se muestran las áreas a donde pueden ser derivados los pacientes una vez que son atendidos por el médico de urgencias, el alcance de esta investigación abarca solo hasta la salida del paciente de dicho servidor, es decir, del área de observación del servicio de urgencias.

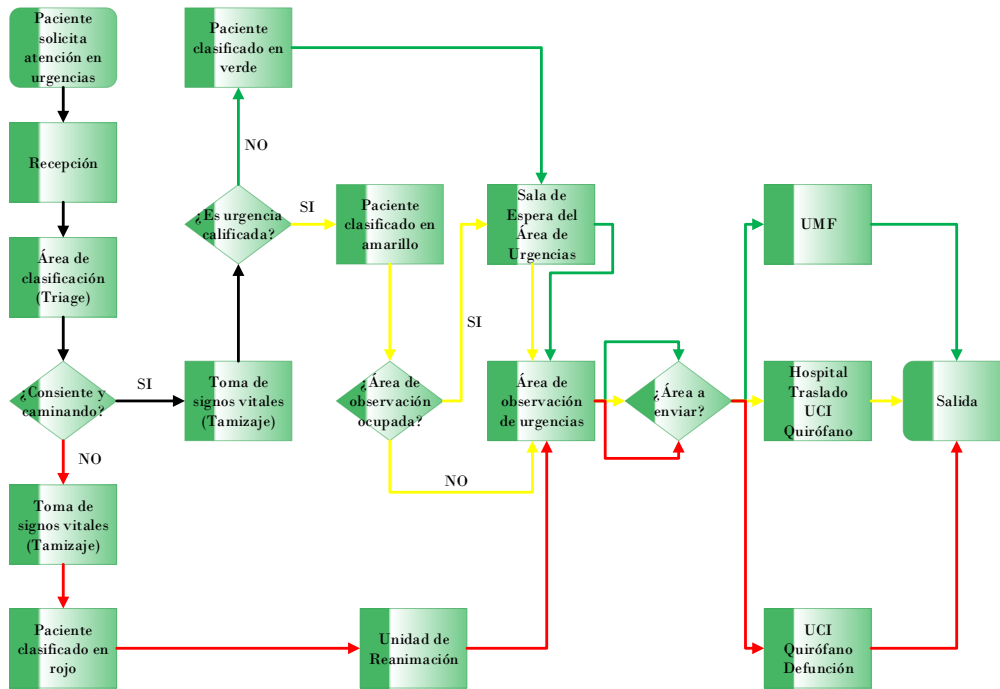


Figura 16: Diagrama de flujo general del proceso de atención de pacientes en el área de urgencias.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el médico urgenciólogo.

La descripción general del proceso se presenta a continuación:

- 1. Recepción:** los pacientes que llegan al área de urgencias se dirigen a la estación de recepción, en donde se encuentra una trabajadora social, la cual captura o registra sus datos en el sistema de información con la finalidad de poderle dar admisión al servicio.
- 2. Área de clasificación (Triage):** Después de ser registrado, el paciente ingresa con una enfermera general o auxiliar de enfermería general, la cual le toma sus signos vitales (tamizaje) con el fin de poder asignarle una prioridad de atención identificada a través del siguiente código de colores:
 - ✘ **Paciente clasificado en rojo (emergencia):** paciente cuya vida o función de un órgano está en peligro en forma aguda y debe ser atendido dentro de los primeros 10 minutos posteriores a su llegada a urgencias.
 - ✘ **Paciente clasificado en amarillo (urgencia calificada):** paciente cuyas condiciones de salud pueden deteriorarse, llegando a poner en peligro su vida o la función de alguna extremidad y debe ser atendido en los primeros 30 a 60 minutos.
 - ✘ **Paciente clasificado como verde (urgencia sentida):** paciente que considera sus condiciones de salud como prioritarias, pero que no ponen en peligro su vida o la función de algún órgano, por lo que no existe un tiempo límite para su atención.
- 3. Sala de espera del área de urgencias:** consiste en un espacio acondicionado para que los pacientes esperen ser atendidos cuando el servidor se encuentra ocupado.
- 4. Área de observación de urgencias:** se refiere a la estación de servicio en donde el médico urgenciólogo presta su servicio de consulta.

Una vez que el médico en turno proporciona asistencia médica al paciente, éste normalmente es direccionado hacia otra área dentro del sistema hospitalario, dependiendo la categoría que haya recibido. Generalmente los pacientes clasificados como verdes son enviados a la Unidad Médica Familiar (UMF); los clasificados en amarillo pueden ser enviados a hospitalización, ser trasladados, entrar a la Unidad de Cuidados

Intensivos (UCI) o directamente a Quirófano; y los clasificados como rojos pueden ser remitidos a la UCI, Quirófano o en el peor de los casos fallecer.

5. Salida: es la última fase el sistema de urgencias, en donde el paciente después de recibir su consulta, abandona el hospital o es destinado a otra área dentro del mismo.

Parte fundamental para la elaboración del modelo de simulación es el dimensionamiento del sistema. En este punto se determina la cantidad disponible de recursos humanos (Tabla 1) que intervienen para la atención de los pacientes que ingresan en urgencias.

TURNO	Trabajo social	Enfermería	Médico especialista para atención a urgencias
Matutino	1	2	2
Vespertino	1	1	1
Nocturno	1	1	1

Tabla 4.- Capacidad de personal del sistema de urgencias. Fuente: Elaboración propia.

5. Recolección de datos y ajuste a una distribución de probabilidad

La obtención de información se realizó mediante extracción directa de la base de datos propia del sistema de información del hospital (TRIAGE), en otras palabras, se utilizó la técnica de observación indirecta. El periodo analizado es del 01 de agosto de 2017 al 31 de enero de 2018, correspondiente a 184 días, sin embargo, discriminando datos atípicos quedaron un total de 142. Dichos datos se encuentran divididos en 3 turnos y sus horarios de atención se observan en la Tabla 2.

TURNO	INICIO	TERMINO
Matutino	07:00 hrs.	15:00 hrs.
Vespertino	15:00 hrs.	23:00 hrs.
Nocturno	23:00 hrs.	07:00 hrs.

Tabla 5.- Turnos de trabajo en el área de urgencias. Fuente: Elaboración propia.

Del procesamiento de los datos reflejado en la Tabla 3, se advierte que el mayor porcentaje de asistencia fue en los meses de septiembre y octubre con un porcentaje de 24.61 (619 pacientes) y 24.53 (617 pacientes) respectivamente, de un total de 2515 pacientes.

MES	TURNO			Pacientes	Porcentaje
	Matutino	Vespertino	Nocturno		
Agosto	48	39	0	87	3.46%
Septiembre	343	251	25	619	24.61%
Octubre	306	273	38	617	24.53%
Noviembre	226	275	17	518	20.60%
Diciembre	87	93	13	193	7.67%
Enero	206	249	26	481	19.13%
	1216	1180	119	2515	100%

Tabla 6.- Distribución de pacientes por turno y mes. Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, en la gráfica de la Figura 4 se presenta el porcentaje de pacientes que son categorizados como rojos, amarillos y verdes por cada turno, debido a que son datos que se requieren una vez que se construye el modelo en el software.

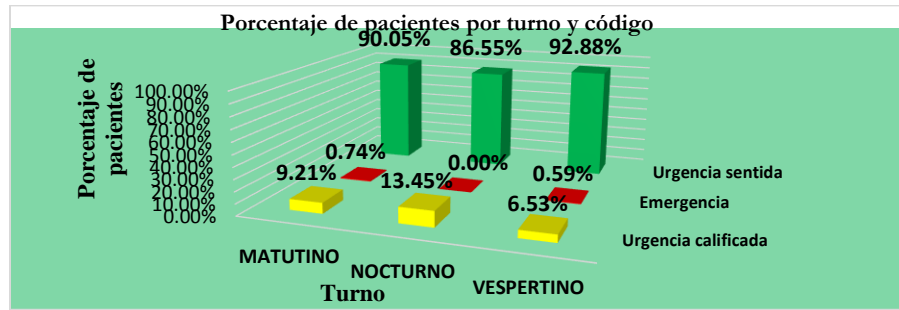


Figura 17: Porcentaje de pacientes por turno y código. Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los datos es un tema muy sensible del área de la simulación (Mendoza, González, Corcho, & Berdugo, 2016), motivo por el cual constituye el principal componente para iniciar la modelación. A través de la herramienta “Analizador de datos de entrada” (Input Analyzer) del software Arena (Figura 5) se realizó el análisis de los datos de entrada con el fin de determinar a qué distribuciones de probabilidad se ajustan los datos, para su posterior uso en el modelo. El analizador de datos de entrada presenta el error de ajuste de los datos para cada una de las distribuciones, así como los resultados de la prueba Chi-cuadrada (X²) para determinar la discrepancia entre la distribución observada y la teórica (Medina, Medina, & González, 2010).

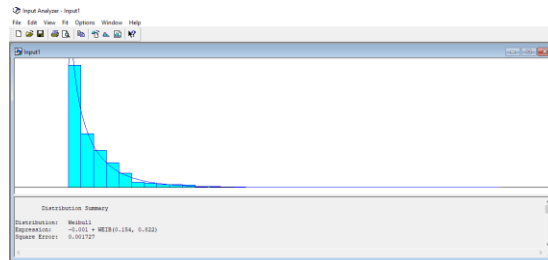


Figura 18: Ajuste de distribuciones mediante herramienta Input Analyzer. Fuente: Elaboración propia.

Esta herramienta permitió obtener las distribuciones de los tiempos de llegada, recepción y tamizaje de cada turno y escoger aquellas que tienen menor error de ajuste, como se aprecia en la Tabla 4. Con respecto al tiempo de atención en consulta, debido a que no se cuenta con información histórica de dicha variable, se optó por obtener una aproximación empírica por parte del médico urgenciólogo, que de alguna manera si conoce su comportamiento.

TURNOS	FORMA DE LA DISTRIBUCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Tiempo entre llegada Matutino		Distribution: Gamma Expression: -0.001 +GAMM(0.616, 0.854) Square Error: 0.000377
Tiempo entre llegada Vespertino		Distribution: Gamma Expression: -0.001+GAMM(0.648, 0.816) Square Error: 0.001183
Tiempo entre llegada Nocturna		Distribution: Weibull Expression: WEIB(1.48, 0.847) Square Error: 0.005062
Tiempo de recepción matutino		Distribution: Weibull Expression: -0.001 + WEIB(0.154, 0.822) Square Error: 0.001727


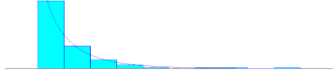

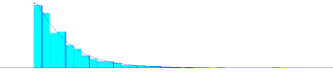

Tiempo de recepción vespertino		Distribution: Gamma Expression: $-0.001 + \text{GAMM}(0.205, 0.907)$ Square Error: 0.001225
Tiempo de recepción nocturno		Distribution: Weibull Expression: $-0.001 + \text{WEIB}(0.193, 0.859)$ Square Error: 0.000705
(Continuación)		
TURNOS	FORMA DE LA DISTRIBUCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Tiempo de tamizaje Matutino		Distribution: Gamma Expression: $-0.001 + \text{GAMM}(0.368, 0.995)$ Square Error: 0.002795
Tiempo de tamizaje Vespertino		Distribution: Weibull Expression: $-0.001 + \text{WEIB}(0.403, 1.04)$ Square Error: 0.001103
Tiempo de tamizaje Nocturna		Distribution: Lognormal Expression: $-0.001 + \text{LOGN}(0.234, 0.482)$ Square Error: 0.001416

Tabla 7.- Distribución de probabilidades de los tiempos entre llegadas, recepción y tamizaje por turno. Fuente: Elaboración propia.

6. Conversión del modelo conceptual a una representación en computadora

Esta etapa corresponde a la programación de la lógica del modelo, la cual se muestra en la Figura 6. De forma particular, los arribos o llegadas de los pacientes se incorporaron al modelo mediante el modulo “programa” (Schedule), que se encuentra en la sección de procesos básicos, obteniendo previamente las funciones de densidad de probabilidad de los interarribos de cada turno (ver sección 3. Recolección de datos y ajuste a una distribución de probabilidad). De manera general, se desarrollaron 3 submodelos, uno por cada turno, los cuales están gestionados por los módulos “Hold” y “Signal”, del panel de procesos avanzados. Por su parte, el aumento y decremento de la capacidad del recurso “médico de urgencias” se lleva a cabo mediante el modulo “Alter”, el cual corresponde a una funcionalidad antigua del software Arena.

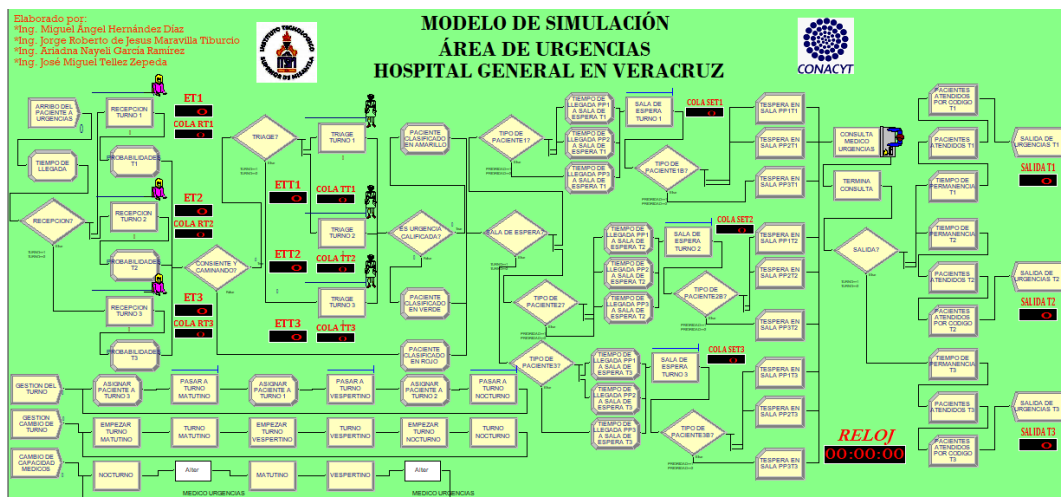


Figura 19: Visualización del modelo construido en Arena. Fuente: Elaboración propia.

7. Verificación y Validación del modelo computarizado

La verificación consiste en el proceso de garantizar que el modelo está bien programado (García Sánchez, Ortega Mier, & Izquierdo Delgado, 2012). Esta tarea se llevó a cabo por medio de reuniones con el personal responsable del área, que en este caso es el medico urgenciólogo. Por lo tanto, no se presentaron discrepancias en lo que se refiere a la perspectiva de visualizar las operaciones del área.

Por otro lado, la validación consiste en asegurarse que el modelo se comporta de manera similar al sistema real (Kelton, 2004). Debido a que el sistema de urgencias de un hospital corresponde a una “*simulación sin terminación*” es necesario definir a partir de qué número de replicas se alcanza el estado o régimen estacionario del mismo, de tal suerte que, las mediciones o valores obtenidos sean estadísticamente válidos. Para calcular el número óptimo de réplicas de nuestro estudio, se toma como referencia el tiempo promedio de permanencia del paciente en el área de urgencias. Se considera un error deseado de máximo 0.216 horas ($e = 0.216$) y una muestra arbitraria de 10 corridas preliminares ($n' = 10$ replicas), que al ejecutarlas se obtienen los *Half Width* por turno de la Tabla 5. El número de réplicas se calcula con la ecuación 1 (Torres Vega, 2012).

$$n = n' \left(\frac{h_0}{e} \right)^2 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Turno	Half Width	Número de replicas
T1	0.64	$n = 10 \left(\frac{0.64}{0.216} \right)^2 = 87.79 \approx 88$
T2	0.20	$n = 10 \left(\frac{0.20}{0.216} \right)^2 = 8.57 \approx 9$
T3	0.29	$n = 10 \left(\frac{0.29}{0.216} \right)^2 = 18.02 \approx 19$

Tabla 8.- Cálculo del número de réplicas. Fuente: Elaboración propia.

Para estabilizar el sistema en el turno 1 se requieren 88 réplicas, 9 en el turno 2 y 19 en el turno 3. De ahí que se decida ejecutar 88 réplicas del modelo con 142 días cada una.

8. Formulación y evaluación de alternativas de mejora

En primer lugar, se inició con un análisis del tiempo que transcurre desde que los diferentes tipos de pacientes son tamizados hasta que ingresan a consulta. En la Tabla 6 se presentan los tiempos promedios de espera en minutos de cada tipo de paciente en los diferentes turnos. Se observa que en el turno matutino los pacientes clasificados como rojos tienen un tiempo promedio de espera mayor, mientras que en el caso de los clasificados como amarillos y verdes es en el turno nocturno. También se puede observar que la suma de los tiempos promedio de espera de los tres turnos es 44.62 minutos.

	Tiempos promedio de espera			Total por turno
	Pacientes rojos	Pacientes amarillos	Pacientes verdes	
Turno Matutino	3.69	3.04	6.14	12.87
Turno Vespertino	1.91	2.96	4.62	9.49
Turno Nocturno	0.46	5.27	16.53	22.26
TOTAL	6.06	11.27	27.29	44.62

Tabla 9.- Tiempos promedios de espera por tipo de paciente y turno. Fuente: Datos generados por el modelo validado.

La experimentación consistió en plantear escenarios de mejora modificando el número de recursos humanos en estaciones críticas, como son el Triage y la consulta. En ese sentido, se definieron 3 escenarios, siendo las variables de control el número de enfermeras y doctores en el turno vespertino y las variables de

respuesta los tiempos promedios de espera de los diferentes tipos de pacientes en cada turno y el tiempo promedio de espera total.

9. *Análisis e interpretación de resultados*

Los resultados de la experimentación se detallan en la sección de Resultados de este artículo.

10. *Conclusiones y Recomendaciones*

De igual manera que el apartado anterior, las conclusiones y recomendaciones derivadas de la evaluación de los resultados se presentan en la sección Conclusiones de este documento.

3. Resultados

Los resultados de los escenarios de modelación planteados se presentan en la Tabla 7. Puede observarse que en el escenario 1, agregando una enfermera en el turno vespertino el tiempo promedio de espera de los pacientes clasificados como rojos en el turno matutino se reduce en un 81%, es decir, de 3.69 a 0.70 minutos; los tiempos promedios de espera de los pacientes clasificados como amarillos y verdes en el turno nocturno se reducen en un 1 y 3% respectivamente y el tiempo promedio de espera total disminuye en un 7%, equivalente a 3 minutos aproximadamente.

Escenario	Número de réplicas	Variables de control: número de recursos humanos en turno vespertino		Variables de respuesta: tiempos promedios de espera de pacientes									Tiempo promedio de espera total
		Enfermeras	Doctores	Matutino			Vespertino			Nocturno			
				Rojo	Amarillo	Verde	Rojo	Amarillo	Verde	Rojo	Amarillo	Verde	
(actual)	88	1	1	3.69	3.04	6.14	1.91	2.96	4.62	0.46	5.27	16.53	44.62
1	88	2	1	0.70	3.08	6.25	2.01	3.09	5.17	0.16	5.21	16.02	41.70
2	88	1	2	3.68	3.02	6.08	0.23	0.45	0.47	0.22	5.17	16.14	35.46
3	88	2	2	0.68	3.07	6.19	0.17	0.57	0.54	0.16	5.04	15.50	31.94

Tabla 10.- Resultados de la evaluación de escenarios. Fuente: Datos generados por el modelo validado.

En el escenario 2, si en lugar de agregar una enfermera, se agrega un recurso doctor en el turno vespertino, el tiempo promedio de espera de los pacientes clasificados como rojos en el turno matutino permanece prácticamente sin cambio, mientras que los tiempos promedios de los pacientes clasificados como amarillos y verdes en el turno nocturno se reduce en un 2%. En lo que se refiere al tiempo promedio de espera total, éste se reduce en un 21% con esta alternativa.

Finalmente, en el escenario 3 se plantea la alternativa de incorporar tanto un recurso enfermera como un doctor en el turno vespertino. Con esta opción, también se reduce en un 81% el tiempo promedio de espera de los pacientes clasificados como rojos en el turno matutino y en un 4 y 6% respectivamente los tiempos promedios de espera de los pacientes clasificados como amarillos y verdes en el turno nocturno. No obstante, el tiempo promedio de espera total se reduce en un 28%, equivalente a 13 minutos aproximadamente.

Puesto que el porcentaje de reducción del tiempo promedio de espera de los pacientes clasificados como rojos en el turno matutino es el mismo en los escenarios 1 y 3, se puede decir que ambas propuestas son buenas, pero como tiene mayor porcentaje de reducción del tiempo promedio de espera total la alternativa 3, se recomienda la incorporación de otra enfermera y otro doctor en el turno vespertino, aparte de los recursos ya existentes.

4. Conclusiones

Las principales conclusiones de la investigación son:

- ✘ Con la construcción de un modelo de simulación del sistema de urgencias del Hospital General en Veracruz fue posible experimentar con nuevas configuraciones de los recursos humanos que intervienen en la atención de los pacientes y evaluar su impacto tanto en los tiempos promedio de espera de las diferentes categorías de pacientes como de manera general en todo el sistema.

- ✘ El modelo de simulación permitió identificar que en el turno matutino es donde los pacientes categorizados como emergencias esperan en promedio un tiempo mayor para ser atendidos con respecto a los demás turnos, mientras que en el caso de las urgencias calificadas y sentidas es en el turno de la noche. También se reconoce que en el sistema actual los pacientes tienen un tiempo promedio de espera total de 44.62 minutos.
- ✘ Con base en la experimentación se recomienda incorporar una enfermera y un doctor adicionales en el turno vespertino, con la finalidad de tener una reducción considerable del tiempo promedio de espera de las emergencias y de los pacientes en general. Sin embargo, tal y como se mencionó en la sección de Resultados, en caso de que esta propuesta se considere demasiado extrema, la alternativa de incorporar solamente una enfermera adicional en el turno de la tarde también es aceptable, puesto que genera la misma reducción en el tiempo promedio de espera de las emergencias, tiene una reducción significativa en el tiempo promedio de espera total (21%) y además disminuye en un 94% (6 minutos aproximadamente) el tiempo promedio de espera de los pacientes en la fila del Triage. En otras palabras, queda sujeta a un análisis costo-beneficio futuro o a consideración de la gerencia la decisión de cual alternativa elegir. En ese tenor, luego de la evaluación de los resultados obtenidos, la gerencia comenta que la mejor opción es contratar a otra enfermera para el turno de la tarde, que de alguna manera era una estrategia que ya se tenía pensada, pero que ahora se comprueba y/o sustenta científicamente con el modelo diseñado. De los tres tipos de enfermeras que se muestran en la Tabla 8, se considera que el tipo de enfermera más útil en este caso es la enfermera de tipo 1, que, aunque es la que representa una mayor erogación por concepto de salario, su ventaja es que por estipulación contractual no puede abandonar su lugar de trabajo en caso de que su reemplazo no se presente, a diferencia de las enfermeras tipo 0 o 7.

Tipo de enfermera	1	0	7
Lunes y Martes	15:00-23:00	7:00-15:00	7:00-15:00
Miércoles	7:00-15:00	7:00-15:00	7:00-15:00
Jueves	7:00-15:00 y regresa a las 23:00	7:00-15:00	7:00-15:00
Viernes	sale a las 7:00 y regresa a las 23:00	7:00-15:00	7:00-15:00
Sábado	sale a las 7:00	Descanso	7:00-15:00
Domingo	Descanso	Descanso	Descanso
Salario promedio catorcenal (pesos)	\$13,000.00	\$10,000.00	\$12,000.00

Tabla 11.- Horarios y salarios promedios de las enfermeras. Fuente: área de urgencias del Hospital

Como recomendación y/o trabajo futuro se plantea la posibilidad de desarrollar una aplicación informática que permita a través de una credencial, darles una admisión más ágil a los pacientes, sobre todo a los que llegan en condiciones muy graves, con la correspondiente evaluación del impacto que tendría en el flujo de los pacientes en el sistema y en el número de recursos humanos, técnicos y monetarios necesarios. Asimismo, se recomienda el análisis de los procedimientos efectuados en otras áreas del hospital, como el Quirófano, ya que, también en este departamento se presentan demoras en el tiempo de inicio de las intervenciones, aunque estas se lleven a cabo según una programación.

Se externa el más sincero agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca académica otorgada para la realización de nuestros estudios de maestría en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, al área de posgrado de la misma institución y al Médico Urgenciólogo David Rojas por el apoyo para la realización del presente artículo.

5. Referencias

- Medina León, S.V., Medina Palomera, A., & González Ángeles, A. (2010). Reducir tiempos de espera de pacientes en el departamento de emergencias de un hospital utilizando simulación. *Industrial Data*, 67-76.
- Portilla, L.M., Arias Montoya, L., & Fernández Henao, S.A. (2010). Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación. *Scientia Et Technica*, 56-61.
- Delgado Encinas, K., & Mejía Puente, M. (2011). Aplicación de la simulación discreta para proponer mejoras en los procesos de atención en el área de emergencia de un hospital público. *Industrial Data*, 47-54.
- Mendoza, G., & Elguero, E. (2011). Sensibilidad del triage clínico en el Servicio de Urgencias Adultos del HRLALM. *Archivos de Medicina de Urgencia de México*, 93-98.
- Velásquez Restrepo, P.A., Rodríguez Quintero, A.K., & Jaén Posada, J.S. (2011). Metodologías cuantitativas para la optimización del servicio de urgencias: una revisión de la literatura. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 196-218.
- Torres Vega, P.J., (2012). Simulación del tráfico en una vía expresa y análisis estadístico de los resultados. *Ingeniería Industrial*, 45-79.
- Medina Monterrosa, P., & Arrieta Canchila, K. (2013). Simulación de eventos discretos para optimizar recursos restrictivos del servicio de urgencias de un hospital en Cartagena, Colombia. *Revista TEKNOS*, 55-66.
- Cubero Alpizar, C. (2014). Los sistemas de triage: respuesta a la saturación en las salas de urgencias. *Rev. Enfermería Actual en Costa Rica*, 1-12.
- Grimaldo León, G., Silva Rodríguez, J., & Pan Chaparro, N. (2015). Simulación de un sistema de emergencias: caso E.S.E. Hospital San Rafael. *Ingenio Magno*, 48-58.
- Mendoza Casseres, D.A., González Conde, M., Corcho Martínez, R.A., & Berdugo Alonso, A. (2016). Aplicación de la simulación discreta en el área de urgencias de una institución prestadora de servicios para disminuir pérdida de pacientes. *Ingeniare*, 57-73.
- Coss Bu, R. (2003). *Simulación un enfoque práctico*. México: Limusa Noriega Editores.
- Hillier, F.S., & Hillier, M.S. (2008). *Métodos Cuantitativos para Administración*. México: Mc Graw-Hill.
- Kelton, W.D., Sadowski, R.P., & Sturrock, D.T. (2008). *Simulación con Software Arena*. México: Mc Graw-Hill.
- Anderson, D.R., et al. (2011). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. México: Cengage Learning.
- García Sánchez, A., Ortega Mier, M., & Izquierdo Delgado, D. (2012). *Elementos de Simulación un enfoque práctico con Witness*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Render, B., et al. (2012). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. México: Pearson Educación.
- García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L.E. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. México: Pearson.

El tamaño de los grupos y su efecto en la calidad de la enseñanza y en el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Veracruz

Rodolfo Alberto Román Montano M.G.C.¹, M.C. Delia del Carmen Gamboa Olivares², Ing. Josué Iza Lendecky³, Ing. Adalberto Torreblanca Zorrilla⁴, C. Kevin Jared Fernández Sánchez⁵

¹ Rodolfo Alberto Román Montano, Maestro en Gestión de la Calidad, es catedrático de Ingeniería Industrial y de la Maestría en Eficiencia Energética y Energías Renovables en el Instituto Tecnológico de Veracruz. ra_roman@hotmail.com

² La Maestra en Ciencias en Ingeniería Industrial. Delia del Carmen Gamboa Olivares es catedrática de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Veracruz. delia_gamboa@hotmail.com

³ El Ingeniero Industrial Josué Iza Lendecky es Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Veracruz. iza_josue@hotmail.com

⁴ El Ingeniero Industrial Adalberto Torreblanca Zorrilla es catedrático de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Veracruz. torreblancaz@hotmail.com

⁵ C. Kevin Jared Fernández Sánchez estudiante del VII semestre del Programa Académico de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Veracruz. jared987@outlook.com

Resumen— Esta investigación tiene como objetivo analizar los efectos del aprendizaje centrado en el alumno y las técnicas de facilitación de la enseñanza en grupos grandes y pequeños de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Veracruz (ITVer). La pregunta a la que se le pretende dar respuesta con esta investigación es: ¿El tamaño del grupo, su disposición física y el tamaño del aula forman parte de las condicionantes, junto con las condiciones interpersonales que afectan significativamente el aprendizaje de los estudiantes, en los planes de estudios por competencias? Las técnicas de facilitación de la enseñanza en pequeños grupos descansan sobre los facilitadores, que deben dominar ciertas destrezas básicas que permitan el paso del aprendizaje centrado en el docente hacia un aprendizaje centrado en el alumno. Una vez estudiada la naturaleza del aprendizaje y de los alumnos, se centra en el grupo como elemento básico y en el rol del facilitador. Las habilidades de comunicación tienen que ver con la escucha activa, responder y explicar, y el manejo de las preguntas en los pequeños grupos. Las técnicas de facilitación en diferentes entornos para la enseñanza en grupo se sintetizan en: diálogo de grupo, actividades de grupo, talleres, seminarios y aprendizaje en pequeños grupos.

Palabra(s) clave— Tamaño del grupo, disposición física, tamaño de aula y condiciones interpersonales.

Abstract— This research aims to analyze the effects of student-centered learning and facilitation techniques of teaching in large and small groups of Industrial Engineering of the Technological Institute of Veracruz. The question that is intended to answer with this research is: The size of the group, its physical disposition and the size of the classroom are part of the conditioning factors, together with interpersonal conditions that significantly affect student learning, in the curricula by competences? The facilitation techniques of teaching in small groups rest on the facilitators, who must master certain basic skills that allow the transition from teacher-centered learning to student-centered learning. Once the nature of the learning and of the students has been studied, it focuses on the group as a basic element and on the role of the facilitator. Communication skills have to do with active listening, responding and explaining, and handling questions in small groups. The facilitation techniques in different environments for group teaching are summarized in: group dialogue, group activities, workshops, seminars and small group learning.

Keyword (s)— Group size, physical disposition, classroom size and interpersonal conditions.

1. Introducción

La propuesta de trabajar por competencias profesionales ha generado múltiples estudios, propuestas y alternativas metodológicas para favorecer el cambio en la Educación Superior. El informe Dearing sobre la Calidad en la Educación Superior en Gran Bretaña indica las destrezas intelectuales y las destrezas clave que debe poseer un titulado superior, otorgando a éstas últimas un lugar muy destacado en el diseño curricular. (Cantón Mayo, 2007)

Los avances en el campo educativo, junto a los avances tecnológicos y las demandas de la sociedad y del mercado laboral, requieren que los docentes utilicen estrategias de enseñanza más adecuadas a los cambios producidos. (Chipana Santalla, 2011)

El objetivo principal de las Instituciones de Educación Superior (IES) está en lograr en los estudiantes un desarrollo amplio y profundo de las competencias previstas (conocimientos, habilidades-destrezas, actitudes-valores), preparándolos para un desempeño idóneo en el ámbito laboral. Para cumplir con este objetivo, el papel de los docentes ya no es "enseñar" conocimientos que tendrán una vigencia limitada, sino que su nuevo rol consiste en ayudar a los estudiantes a "aprender a aprender" y promover su desarrollo cognitivo y personal mediante actividades críticas y aplicativas que, aprovechando la inmensa información disponible, tengan en cuenta sus características y les exijan un procesamiento activo e interdisciplinario de la información para que construyan su propio conocimiento y no se limiten a realizar una simple recepción pasiva de la información. (Chipana Santalla, 2011)

El tamaño de los grupos es un tema de interés en la elaboración de la estructura educativa para departamentos académicos, directivos, estudiantes y padres. El tamaño de los grupos es un factor que puede influir en la elección de los padres por una u otra Institución de Educación Superior (IES). La mayor parte de la gente cree que los estudiantes aprenden más en grupos pequeños. porque se creen que en ellos hay más oportunidades de recibir atención individual del profesor. Los profesores también prefieren grupos pequeños, quizás porque los encuentran más fáciles de dirigir. El tamaño de los grupos, así entendido, representa un dato que se puede observar fácilmente y podría verse como un indicador de calidad del sistema educativo. (OECD, 2012).

Planteamiento del Problema: En el ITVer, la estructura académica de cada semestre la coordina la División de Estudios Profesionales (DEP), siendo el primer paso, la propuesta por parte de cada departamento académico, partiendo de las necesidades del próximo semestre, en base a proyecciones considerando información como número de grupos por materia, alumnos por grupo, índices de reprobación y características de cada asignatura y de cada aula. Pero en la segunda etapa del proceso la DEP realiza cambios en la estructura, sin considerar el tipo de asignatura, el tamaño del grupo, las características del aula, el periodo, el plan de estudios y por si fuera poco al departamento académico, generando una gran inconformidad entre alumnos y profesores.

Por lo anteriormente descrito, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿El tamaño del grupo, su disposición física y el tamaño del aula forman parte de las condicionantes, junto con las condiciones interpersonales que afectan significativamente el aprendizaje de los estudiantes, en los planes de estudios por competencias?

El objetivo general de la investigación es: Analizar si el tamaño del grupo, su disposición física, el tamaño del aula y las condiciones interpersonales de estudiantes y profesores, son factores que afectan el aprendizaje de los alumnos de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Veracruz.

2. Desarrollo

Método

El Tipo de Investigación se define "Mixta", ya que en ella participan la investigación aplicada al utilizar los conocimientos adquiridos y la investigación documental al indagar, recolectar, organizar, analizar e interpretar la información escrita en torno al tema objeto de estudio.

Por otra parte, en cuanto a la tendencia y la forma en que son abordadas las variables de estudio la investigación es cuantitativa, ya que describe y analiza las variables, dando un aporte científico al objeto bajo estudio; el cual es tangible, observable y medible. En cuanto al grado de profundidad con que se aborda el objeto de estudio, el alcance de la investigación es descriptiva, ya que se miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes para ver cómo se manifiestan las variables del objeto de estudio. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

El diseño de investigación que se utilizó para dar respuesta a la pregunta de investigación, cumplir con los objetivos del estudio es "No Experimental", ya que se realizó sin manipular deliberadamente las variables y se basó fundamentalmente en la observación de fenómenos tal como se presentaron en su contexto natural. El tipo específico de Diseño No Experimental utilizado fue "Transversal", ya que se recolectaron datos sobre cada una de las categorías, conceptos, variables, contextos y se reportaron los datos obtenidos.

Situación Actual: El tamaño de los grupos difiere conforme se avance en la carrera; generalmente los grupos de los primeros semestres son más amplios que los de semestres avanzados, esto se debe, entre otras causas, a que el avance de los alumnos no es regular y que en los primeros semestres se ofrecen asignaturas de la estructura genérica (tronco común) y a medida que se avanza en la carrera, las asignaturas pertenecen a la especialidad. Ingeniería Industrial es la carrera del ITVer que más alumnos tiene 1,155 estudiantes en total, de los cuales 157 alumnos son de nuevo ingreso

La composición de los grupos se refiere al tamaño de los grupos del programa educativo en función del número de estudiantes que los conforman. Los modos de interacción entre los integrantes del grupo dependerán del número de estudiantes que lo integran; éstas no serán adecuadas en grupos grandes (mayores de 32 alumnos). Si el grupo es menor a 32 estudiantes, la interacción entre alumnos y maestro es adecuada, permitiendo los cuestionamientos en ambos sentidos.

Desde otra perspectiva, otro aspecto a considerar en cuanto a los tamaños de grupos es el concepto de Habitabilidad Educativa o Habitabilidad Educativa de las Escuelas (HEE), el cual articula ocho dimensiones (Hernández Vázquez, julio- diciembre, 2010):

1. Disponibilidad de instalaciones y equipamiento de la escuela.
2. Condiciones físicas de instalaciones y equipamiento.
3. Confort físico en el aula (ventilación, temperatura, control acústico, iluminación y mobiliario).
4. Espacio educativo (amplitud, versatilidad y apariencia estética).
5. Sustentabilidad de la escuela.
6. Higiene y seguridad física en la escuela.
7. Accesibilidad de las instalaciones educativas.
8. Infraestructura y servicios en el vecindario.

La selección de estas dimensiones procede de una revisión de la literatura nacional e internacional sobre los aspectos escolares que afectan los procesos de enseñanza-aprendizaje en las escuelas.

En la Dimensión 4. Espacio Educativo, se consideran tres aspectos: *la amplitud* de los espacios escolares, su versatilidad y su apariencia estética. Para este análisis en particular se considera, solamente el aspecto de amplitud, el cual se describe a continuación:

Amplitud_ Un número importante de investigaciones sugieren que las dimensiones del espacio para el aprendizaje tienen una fuerte correlación con el desempeño estudiantil, y que la reducción de los grupos escolares mejora el aprendizaje. Sin embargo, difícilmente se podría precisar cuáles son los tamaños de grupo ideales para los mejores rendimientos.

En México, no hay un parámetro sobre el tamaño ideal de grupo; no obstante, los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) recomiendan grupos que no tengan más de 50 alumnos ni menos de diez. (CIEES, 2001)

Por otra parte, el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED), define normas y especificaciones para el diseño y construcción de planteles educativos considerando su habitabilidad en las cuales define el espacio personal mínimo de los docentes en el aula de 2.5 m² y para estudiantes de educación superior de 1.50 m²

3. Resultados

Para el análisis del tamaño de los grupos se consideró la disposición física, el tamaño del aula y las condiciones interpersonales, de los grupos de las asignaturas atendidas en el semestre enero-junio del 2018 del programa académico de Ingeniería Industrial. Considerando los casos más significativos, se presentan los resultados en la siguiente tabla:

Semestre	ENE. - JUN. 2018 ASIGNATURA	GRUPO	ESTUDIANTES POR MATERIA	ESTUDIANTES POR GRUPO	AULA			ÍNDICE DE REPROCCIÓN
					IDENTIF.	ÁREA m ²	CAPACIDAD CAL.	
1	FUND. DE INV.	A	91	41	E101	64	41	10.99%
1	CALC. DIF.	A	144	41	E101	64	41	3.47%
2	ING. DE SIST.	C	158	42	J103	56	36	3.16%
2	ING. DE SIST.	E	158	43	B001	40	25	3.16%
2	ANA. DE LA R. NACIONAL	C	150	28	E102	64	41	0.67%
3	METRO. Y NORM.	C	109	27	E217	56	36	3.67%
3	ECONOMIA	C	137	35	B003	40	25	9.49%
3	EST. INF. I	C	148	42	J103	56	36	20.95%
4	INVI. DE OP. I	B	150	29	E105	64	41	3.33%
5	GESTIÓN DE COSTOS	B	121	33	B003	40	25	1.65%
5	CONTROL EST. DE CALIDAD	C	106	30	E105	64	41	3.16%
6	ING. ECONOMICA	A	88	33	W001	40	25	17.05%
6	EMPRENDEDORES	E	131	26	W001	40	25	3.82%
7	PLAN. FINAN.	A	74	38	E105	64	41	1.35%
7	PLAN. Y DISI. DE L	A	69	31	J103	56	36	0%
7	GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD	A	90	34	W001	40	25	5.56%
8	REL. IND.	C	112	25	J103	56	36	7.14

Tabla 1.- Grupos por semestre, asignatura, estudiantes por materia y grupo, aula e índice de reprobación.

De acuerdo con el análisis de los aspectos de tamaño de los grupos del PE, se tiene lo siguiente:

- En términos generales considerando las recomendaciones del CIEES, en cuanto al el número de estudiantes por grupo son adecuados, ya que en grupos grandes llegan a tener entre 41 y 43 estudiantes, pero en algunos casos de grupos grandes, están asignados en aulas de menor capacidad.
- Los grupos pequeños por lo general están conformados en un promedio de 13 a 20 estudiantes, pero estos son escasos, se presentan en los últimos semestres o en algunas materias optativas de la especialidad. Sin embargo, existen en algunos casos particulares en los cuales se presentan algunos grupos con menos de 10 estudiantes. Estos casos no se presentan en la tabla 1.

4. Conclusiones

En términos generales, el tamaño del grupo, su disposición física y el tamaño del aula, no afectan de manera significativa la calidad del aprendizaje de los estudiantes, tomando como indicador de calidad el índice de reprobación por grupos en el periodo enero-junio 2018.

La disposición física y el tamaño del aula si genera un disconfort en grupos grandes, pero no se puede considerar como un factor que afecte el incremento en el índice de reprobación, esto puede observarse en la tabla 1 las asignaturas de mayor índice de reprobación son Estadística Inferencial I e Ingeniería Económica, asignaturas que regularmente en casi todos los semestres presentan altos índices de reprobación.

De acuerdo con lo anteriormente descrito, se puede considerar como un factor que afecta el índice de reprobación el tipo de materia o asignatura, pero habría que considerar otros factores por los cuales en estas asignaturas se genera una deficiencia en la calidad del aprendizaje de los estudiantes.

En cuanto a las condiciones interpersonales entre estudiantes y profesores, se requiere realizar un estudio de índole cualitativo, diseñando algunas encuestas y entrevistas que se puedan aplicar a los estudiantes y profesores de diferentes grupos, principalmente los muy grandes (mayores de 32 alumnos) y los pequeños (entre 12 y 20 estudiantes por grupo) que permitan tener un panorama respecto a estos factores personales.

5. Referencias

Cantón Mayo, I. (2007). Reseña de "Enseñanza en Pequeños Grupos en Educación Superior. Tutorías, Seminarios y otros Agrupamientos" de K. Exley y R. Dennick. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 201-203.

Chipana Santalla, F. S. (Octubre de 2011). Estrategias didácticas en la Educación Superior. *Revista de Investigación Scientia*, vol. 1(n. 1), 63-83. doi:issn.2313-0229

CIEES. (2001). *CRITERIOS PARA EVALUAR PROGRAMAS ACADÉMICOS DE LICENCIATURA Y POSGRADO*. México: COMITÉS INTERINSTITUCIONALES PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Hernández Vázquez, J. M. (julio- diciembre, 2010). Habitabilidad educativa de las escuelas. Marco de referencia para el diseño de indicadores. *Sinéctica*, 35.

OECD. (2012 de Noviembre de 2012). *¿Cómo varía el tamaño de la clase en el mundo?* Obtenido de Education Indicators in Focus: <https://www.mecd.gob.es/inee/dam/jcr:6b0d665b-3a2d-4fc7-bf86-b847e85ce15e/edif-2012--n9-esp.pdf>

Enfoque metodológico para la zonificación de regiones acuícolas basado en sistemas de información geográfica

*Fabiola Guadalupe Lobato Rosales, Ing.¹, Ing. Anett Yeli Martell Tamanis², MII. Gabriel Grosskelwing
Núñez³, Ing. Mauricio Grosskelwing Núñez⁴.*

¹ Fabiola Guadalupe Lobato Rosales Ing. es Estudiante de posgrado en la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. 172t0855@itsm.edu.mx.

² La Ing. Anett Yeli Martell Tamanis, es Estudiante de posgrado en la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. 172t0857@itsm.edu.mx.

³ El MII. Gabriel Grosskelwing Núñez es profesor Investigador del área de posgrado e investigación del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. ggrosskelwingn@itsm.edu.mx.

⁴ El Ing. Mauricio Grosskelwing Núñez es profesor del área Químico Biológicas del Centro de Bachillerato Tecnológico, Industrial y de Servicios, Misantla, Veracruz. mauro_g_n@hotmail.com.

Resumen— Los Sistemas de Información Geográfica (GIS), han demostrado ser una tecnología de apoyo con resultados favorables en el sector agropecuario para mejorar los rendimientos de producción. Este artículo propone una metodología apoyado de GIS y AHP, para zonificar un territorio óptimo para la construcción de estanques dulceacuícolas. Complementado con el factor de Índice de marginación reportado por el Consejo Nacional de Población, los criterios que determinan la optimalidad de esta zonificación, están relacionados con factores socioeconómicos, climáticos, topográficos e hidrológicos, recomendados por la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). El resultado demuestra la selección de 12 localidades potencialmente óptimas para el establecimiento de estas unidades económicas en el 85% del territorio del municipio de Misantla-Veracruz.

Palabra(s) clave—Sistemas de Información Geográfica (GIS), AHP, zonificación, estanques dulceacuícolas, criterios.

Abstract – The Geographic Information Systems (GIS) have proven to be a support technology with favorable results in the agricultural sector to improve production yields. This article proposes a methodology supported by GIS and AHP, to zone an optimal territory for the construction of freshwater ponds. Complemented by the Marginalization Index factor reported by the National Population Council, the criteria that determine the optimality of this zoning are related to socioeconomic, climatic, topographic and hydrological factors, recommended by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The result shows the selection of 12 potentially optimal locations for the establishment of these economic units in 85% of the territory of the municipality of Misantla-Veracruz.

Key words – Geographic Information Systems (GIS), AHP, zoning, freshwater ponds, criteria.

1. Introducción

Las actividades acuícolas en pequeña escala, desempeñan una función decisiva en el sustento, particularmente de los medios de vida rural, al contribuir a la seguridad alimentaria y mitigar la pobreza. Ante la estabilidad de la producción de la pesca de captura, desde finales de 1980, la acuicultura ha sido el desencadenante del gran crecimiento de suministro de pescado para consumo humano, traducándose en beneficios sociales y económicos, tales como fuentes de empleo y alimentación con un elevado valor nutricional a costos accesibles. En el año 2014 la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), reportó que los peces derivados de la acuicultura ascendieron a 73.8 millones de toneladas, representando el 44.1% de la producción total de la pesca de captura y acuicultura mundial, en el cual China se posiciona como el mayor productor. Según las previsiones de la FAO, el consumo de pescado per cápita aumentará en todos los

continentes, sin embargo, particularmente se prevé que los mayores aumentos se produzcan en países tales como Brasil, Perú, Chile, China y México. (FAO, 2016)

En México, la acuicultura nace como una actividad complementaria de apoyo social a las comunidades rurales, con el objetivo de incrementar el consumo de proteína animal y mejorar así los niveles nutricionales de la población (Juárez-Palacios, 1987); de acuerdo con cifras de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), y la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA), la producción acuícola nacional presentó un incremento del 36.7% del año 2012 al 2016 (SAGARPA y CONAPESCA, 2017), contribuyendo el estado de Veracruz a la producción nacional pesquera con 78,904 toneladas en peso vivo, de las cuales 35,470 toneladas provinieron de la acuicultura. En consecuencia, la necesidad de buscar nuevos horizontes en el sector productivo acuícola, ha impulsado un constante desarrollo de proyectos de innovación, tanto en la incorporación de nuevas tecnologías a los procesos, como en la expansión del rango de especies acuícolas con posibilidad de cultivo, lo que requiere herramientas que posibiliten identificar y delimitar regiones con aptitud acuícola.

En un estudio previo a esta investigación, Fernández Lambert (2010), citado por Gómez Parra y León García (2014), asienta el precedente de oportunidades de inversión en el sector agroindustrial del municipio de Misantla-Veracruz, resaltando a la acuicultura como una actividad potencial y de éxito determinante, a través del aprovechamiento de los recursos naturales del municipio; señalando a la Mojarra tilapia (*Oreochromis spp*) como una de las especies potencialmente cultivables por su alto valor nutricional y capacidad de adaptación a distintos factores. Al respecto, se debe considerar que la decisión de localización de instalaciones, en especial aquellas de carácter agroindustrial, incluyen una gran cantidad de factores, no sólo de tipo económico, social o ambiental, sino sobre todo aquellos relacionados con las ventajas comparativas, que poseen estrecha relación con la naturaleza del estudio (Boonmee, Arimura & Asada, 2017). Por su parte Bosque Sendra y Jiménez Moreno (2011) indica que la localización de las actividades humanas, es un problema central desde el punto de vista de la geografía, debido a la relación estrecha que guarda con la organización espacial del territorio. Dicho de otra manera, los problemas de localización, inciden en el crecimiento económico, urbano y demográfico, puesto que, al incrementarse la presión y los proyectos sobre el territorio, se suele edificar en zonas poco apropiadas como consecuencia del afán especulativo, sin realizar estudios previos acerca de la idoneidad de los emplazamientos Belenguer Plomer (2016). El objetivo de un análisis de decisiones radica en brindar alternativas a problemas, cuyas soluciones no dependan del simple uso de la intuición o el sentido común (Pérez Rodríguez, Vargas Larreta & Aguirre Calderón, 2012).

La FAO señala que la importancia del uso de los Sistemas de Información Geográfica (GIS) en la acuicultura, basado en el análisis de imágenes, radica en la posibilidad de obtener datos de referencia sobre producción, límites de zonas, así como de los posibles impactos ambientales. Los primeros reportes del uso de GIS en acuicultura, son los realizados por (Kapetsky, Hill & Worthy, 1988), quienes estudiaron la localización de áreas destinadas al desarrollo acuícola del bagre (*Ictalurus punctatus*) en función de las características del suelo y la susceptibilidad a las inundaciones en la región de Franklin Parish, Louisiana; así mismo (Ali; L.G., Ross & Beveridge, 1991), realizan un estudio en Pakistán, para el cultivo de Carpa; mientras que (Ross, Mendoza & Beveridge 1993), utilizan GIS para el cultivo de salmón en Escocia.

Por otro lado, una herramienta que ha sido empleada para describir, explicar y predecir sitios adecuados bajo criterios de interés, es el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), técnica de análisis multicriterio, la cual de acuerdo con B. Muñoz, M. G. Romana y J. Ordóñez (Muñoz, Romana, & Ordóñez, 2016) reduce la subjetividad en la toma de decisiones, mediante la creación de una serie de filtros de selección, que permiten la elección entre alternativas complejas. AHP fue desarrollado por Saaty en la década de los 80, con la finalidad de apoyar la toma de decisiones y proporcionar un marco de trabajo comprensible y racional, para la estructuración de un problema, así como para la representación y cuantificación de sus elementos, con la intención de relacionarlos con los objetivos y evaluar las alternativas de solución (Saaty, 1980); AHP se ha utilizado en la selección de la localización de PYMES (Martínez Rodríguez, 2007); en la selección de emplazamientos óptimos para edificios universitarios (Martínez, Álvarez, Arquero, & Romero, 2010); en la localización de depósitos internos de residuos sólidos hospitalarios (Manyoma Velásquez, Pardo Colorado, & Torres Lozada, 2013); en la selección de áreas de bosques para la producción de miel (Sen, 2018), en la evaluación de aptitud de áreas destinadas a plantaciones de eucalipto (Delgado Caballero, Valdez Lazalde, Manuel, De los Santos Posadas, & Gómez Guerrero, 2010), etc. La integración de los GIS y AHP, según (Malczewski, GIS-based multicriteria decision

analysis: a survey of the literature, 2006), se reconoce como un sistema de soporte de decisiones, que implica la integración de los datos referenciados espacialmente, en un entorno de resolución de problemas de decisión, los cuales suelen incluir un gran conjunto de alternativas viables. Estas dos áreas de investigación pueden beneficiarse mutuamente, varios trabajos dan lugar a este supuesto como lo son los reportados por (Laaribi, Chevallier, & Martel, 1996), (Malczewski, GIS and Multicriteria Decision Analysis, 1999) y (Chakhar & Martel, 2003); la integración de GIS y AHP es pensado como un proceso que transforma y combina los datos y juicios de valor geográfica (preferencias del decisor), para obtener información que ayude a la toma de decisiones.

En este documento, se propone un enfoque metodológico basado en GIS apoyado de AHP para la identificación de zonas con potencial para la construcción de estanques dulceacuícolas para la especie Mojarra tilapia (*Oreochromis spp*), soportada en los criterios de selección reportados por la FAO y la valoración de expertos, con el fin de cerrar la brecha de información que ayude a sustentar proyectos para incentivar la economía del municipio de Misantla-Veracruz. La investigación está estructurada de la siguiente manera: en primera instancia se presenta la introducción, en el segundo apartado se menciona el desarrollo del trabajo indicando el método y las herramientas científicas utilizados; en la sección tres se exponen los resultados obtenidos, y la cuarta sección contiene las conclusiones y por último las referencias bibliográficas consultadas.

2. Desarrollo

Método.

En el presente estudio se ha propuesto un enfoque metodológico basado en el uso de GIS y AHP, para identificar zonas con aptitud acuícola, considerando factores socioeconómicos, climáticos, topográficos, hidrológicos e índice de marginación, para la instalación de estanques dulceacuícolas. El sistema de información geográfica utilizado es QUANTUM GIS (QGIS), que constituye un software basado en Python con licencia GNU, el cual permite la incorporación de diversas variables. La Figura 1 describe las etapas que conforman la metodología:

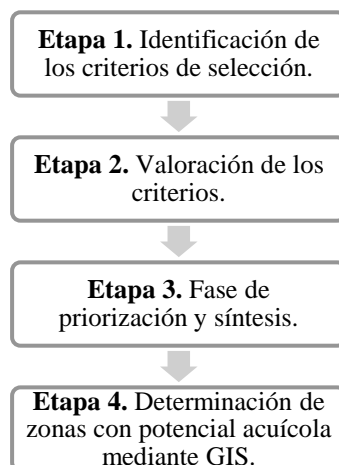


Figura 1.- Etapas de la metodología con base en GIS-AHP

La Etapa 1 comprende la identificación de los criterios para la selección de zonas acuícolas. Mediante la búsqueda en bases de datos gubernamentales nacionales e internacionales, los criterios considerados para esta investigación son los reportados por la FAO (FAO, Programa de Explotación y Coordinación de la Acuicultura, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1978), mismos que se resumen en la Tabla 1; un criterio que se añade a la lista para este caso de estudio, es el Índice de Marginación, el cual de acuerdo con datos reportados por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) (CONAPO, 2010), el municipio de Misantla-Veracruz, cuenta con 13 localidades clasificadas como asentamientos de “Muy alto” índice de marginación (Figura 2).

Factores socioeconómicos: Accesibilidad, Proximidad a población urbana (mercados), Medios de transporte, Disponibilidad de mano de obra, Servicios de la comunidad (electricidad y drenaje).
Factores climáticos: Temperatura, Sequía, Inundaciones, Deslaves.
Factores topográficos (elevación del terreno, tipos de suelos recomendados): Pendiente, Estabilidad del terreno
Factores hidrológicos: Principales fuentes de abasto, Evaluación del suministro de agua disponible.
Índice de marginación: Localidades catalogadas como zonas de “Muy alto” índice de marginación.

Tabla 12.-Criterios para la selección de lugares para la acuicultura.

Localidad	Índice de marginación	Grado de marginación
Ranchería Piedra Grande	3.00148191	Muy alto
El Arenal	1.97456032	Muy alto
El Hule (Camino de Hule)	1.93068876	Muy alto
Francisco Jiménez (El Cerro)	1.88208852	Muy alto
Cuatro Caminos	1.87606746	Muy alto
Brazo Seco	1.56356594	Muy alto
La Frontera (Brazo Seco)	1.49020271	Muy alto
Buenos Aires	1.43207317	Muy alto
Santa Teresa (Kilómetro 2)	1.38502645	Muy alto
Carolino Anaya	1.26036368	Muy alto
El Copal	1.07457644	Muy alto
Plan Grande	0.77589272	Muy alto
La Mesa	0.75423523	Muy alto

Figura 13.- Localidades de muy alta marginación del municipio de Misantla-Veracruz.

La etapa 2 corresponde a la valoración de los criterios de selección, para lo cual se recurrió a la opinión de 3 expertos. Para formar el panel de expertos debieron haberse cumplido cuando menos dos de las siguientes cuatro consideraciones: 1. *Ser productor acuícola activo cuando menos 5 años*; 2. *Investigador en el campo de estudio, demostrado cuando menos 5 años*; 3. *Formación a fin y trabajos relacionados con el objetivo de la investigación*; 4. *Experiencia demostrada como asesor al objetivo de la investigación*. En este caso de estudio se recurrió al Biólogo Jaime Antonio Massberg Collinot, Subdirector de Fomento Acuícola y Pesquero de SEDARPA, encargado de brindar asesoría y capacitación técnica en materia de ordenamiento y organización acuícola y pesquero del estado de Veracruz (Massberg Collinot, 2018); así como también a las opiniones con base en la experiencia de ex productores de Mojarra tilapia (*Oreochromis spp*) del municipio de Misantla-Veracruz (Landa, 2018) (F., 2018). La valoración de los criterios presentados, fueron clasificados en escala del 1 a 4 de acuerdo con el grado de importancia dado por la opinión de los expertos (Tabla 3), en dónde 4 representa el de mayor importancia:

Criterio	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Factores socioeconómicos	1	2	2
Factores climáticos	2	4	4
Factores topográficos	4	1	1
Factores hidrológicos	3	3	3

Tabla 14.- Valoración de los criterios de selección.

La etapa 3, da lugar a la fase de priorización y síntesis sustentada en AHP, con apoyo de la asignación de las escalas de comparación de Saaty (Tabla 4); el resultado de esta etapa es la matriz de comparación por pares (Tabla 5);

Escala	Definición	Explicación
1	Igualmente preferida	Los dos criterios contribuyen igual al objetivo.
3	Moderadamente preferida	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente al otro.
5	Fuertemente preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio frente al otro
7	Muy fuertemente preferida	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro. En la práctica se puede demostrar su dominio
9	Extremadamente preferida	La evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios de preferencia	Se utilizan cuando no es posible definir con claridad la preferencia entre los factores

Tabla 15.- Escalas de comparación de T. Saaty (1990).

CRITERIOS (Factores)	Socioeconómicos	Climáticos	Topográficos	Hidrológicos
Socioeconómicos	1	1/7	1/5	1/9
Climáticos	7	1	5	1/9
Topográficos	5	1/5	1	3
Hidrológicos	9	9	1/3	1
SUMA	22.00	10.34	6.53	4.22

Tabla 16.- Matriz de comparación de factores.

Posteriormente se obtuvo la Matriz normalizada, la cual consiste en dividir cada término sobre la suma de sus columnas. A través de los resultados de esta matriz se determinó el vector de prioridad, que corresponde al peso de cada criterio. Los resultados muestran que los factores hidrológicos, son los de mayor peso, seguido de los factores climáticos (Tabla 6).

<i>CRITERIOS (Factores)</i>	<i>Socioeconómicos</i>	<i>Climáticos</i>	<i>Topográficos</i>	<i>Hidrológicos</i>	<i>Vector de prioridad</i>
<i>Socioeconómicos</i>	0.045455	0.013812	0.030612	0.026316	0.029049
<i>Climáticos</i>	0.318182	0.096685	0.765306	0.026316	0.301622
<i>Topográficos</i>	0.227273	0.019337	0.153061	0.710526	0.277549
<i>Hidrológicos</i>	0.409091	0.870166	0.051020	0.236842	0.391780
				SUMA	1

Tabla 17.- Matriz normalizada y vector de prioridad

La última etapa comprende la determinación de las zonas con potencial acuícola mediante el software QGIS. La información cartográfica utilizada proviene de las imágenes del satélite Landsat 8, mismas que fueron provistas por el Sistema Geológico de los Estados Unidos (USGS). El mapa base utilizado para esta investigación, es formato ráster con resolución de 30 x 30 m y una superficie de 524.77 km² del municipio de Misantla-Veracruz (Figura 3).

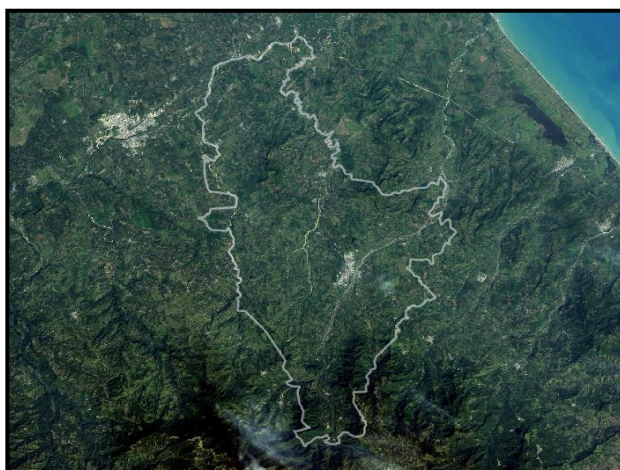


Figura 3. Ubicación del municipio de Misantla-Ver.

Para la incorporación en QGIS de las capas correspondientes a los criterios de selección, se definieron los parámetros basados en (FAO & AUNAP, Zonificación de la Acuicultura Nacional, 2013) y (CONAPO, 2010) (Tabla 7):

Criterios (factores)		Indicador	Parámetros óptimos
Socioeconómicos	Accesibilidad (km)	Distancia a vías pavimentadas	< 5 km
		Distancia a vías sin pavimentar	< 1 km
	Proximidad a población urbana (km)	Proximidad a cabecera municipal	< 50km
Climáticos	Temperatura	Máx. Mín.	22°C 32°C
	Índice de Sequía	NDDI	~0
	Índice de Inundación	Índice de Inundación	~0
Topográficos	Deslaves	Pendiente	0-7%
	Pendiente %	Máx. Mín.	7% 0%
	Tipo de suelo	Arcilla	35% a 50%
Hidrológicos	Proximidad a fuentes agua (km)	Distancia a ríos	0 a 500 metros
		Distancia a quebradas	
		Distancia a Lagunas	
		Distancia a Embalses	
		Distancia a Ciénegas	
Índice de marginación	Indicadores socioeconómicos	Distancia a nacimientos	Muy alto
		Localidades marginadas	

Tabla 7. Parámetros de los criterios de selección.

Fuente: Modificado con base en FAO-AUNAP (2013) y CONAPO (2010).

3. Resultados

Los GIS permiten la integración de diferentes capas de información, como el vector de prioridad obtenido mediante la jerarquización de los criterios de selección, así como los parámetros óptimos mencionados anteriormente. La Figura 4 muestra la ubicación de las 13 localidades catalogadas con muy alto índice de

marginación; en la Figura 5 se aprecia el mapa hídrico de la región de Misantla con base en la información obtenida del SIATL, dependiente del INEGI.

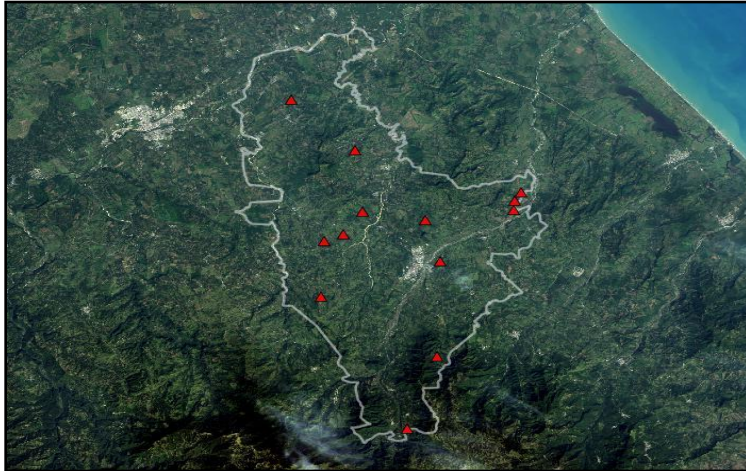


Figura 4. Ubicación de localidades de muy alto índice de marginación.



Figura 5. Mapa hídrico del municipio de Misantla-Veracruz.

En la Figura 6, se aprecia en color verde las zonas con pendientes aptas; la Figura 7 señala los principales caminos y carreteras con referencia a la zona urbana.



Figura 6. Zonas con pendiente apta.



Figura 7. Principales carreteras y caminos.

En la Figura 8, se muestran en color rojo las zonas propensas a sequía en los meses de altas temperaturas; la Figura 9, en color azul muestra las temperaturas óptimas para el desarrollo de la Mojarra Tilapia (*Oreochromis spp*). Por último, se determinó el polígono correspondiente a la zona con aptitud acuícola, bajo los criterios de selección analizados: Factores socioeconómicos, Factores climáticos, Factores topográficos, Factores hidrológicos e Índice de marginación (Figura 10).

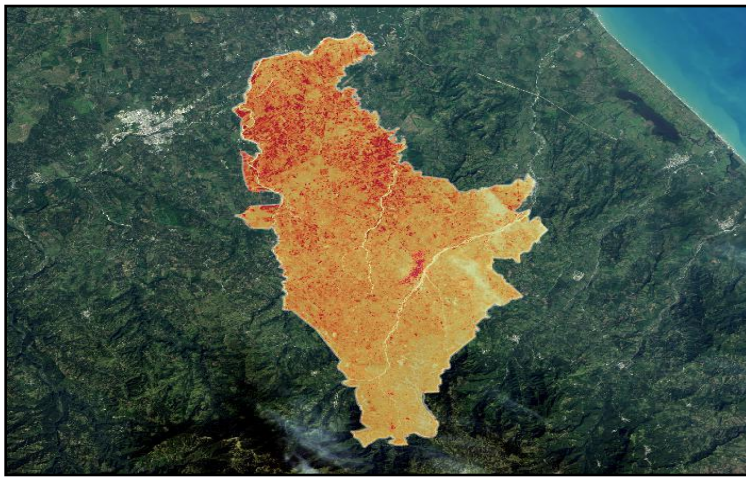


Figura 8. Zonas propensas a sequía

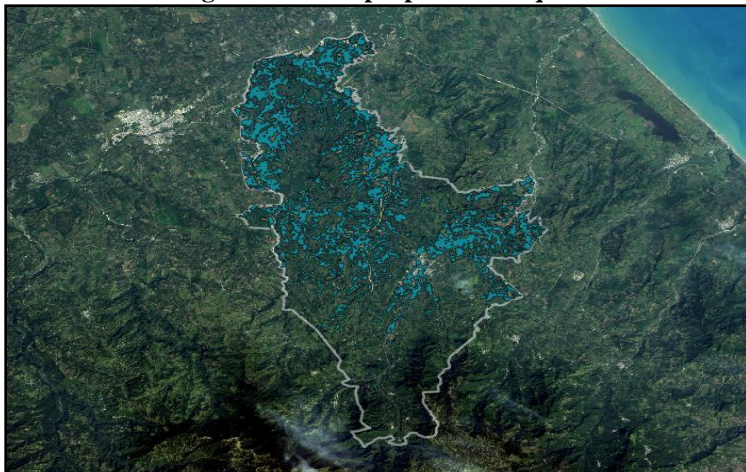


Figura 9. Zonas aptas de acuerdo con temperatura óptima.

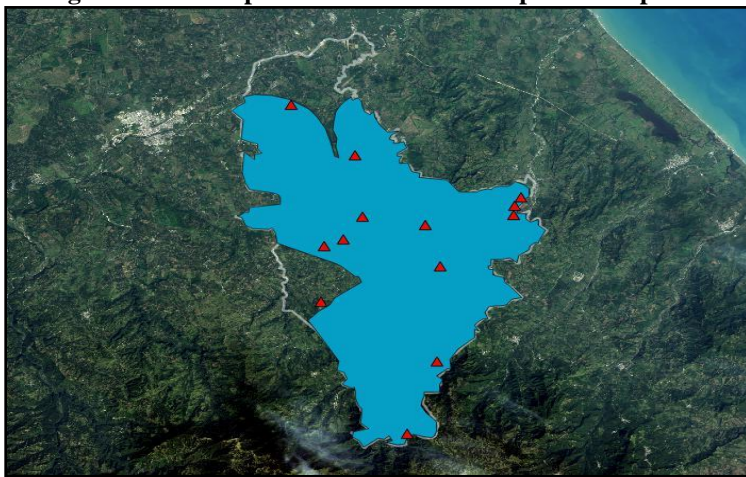


Figura 10. Zona apta para instalación de estanques dulceacuícolas.

4. Conclusiones

La integración de GIS y AHP permitió delimitar las zonas con aptitud, para la instalación de estanques dulceacuícolas para la cría y engorda de Mojarra tilapia (*Oreochromis spp*), sustentado en los criterios de selección reportados por la FAO, como lo son factores socioeconómicos, climáticos, topográficos e hidrológicos, así como también mediante el criterio Índice de marginación, en el que se consideraron 13 localidades del municipio de Misantla-Veracruz, identificadas como zonas de muy alta marginación.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica (GIS), apoyado del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), proporciona una herramienta de soporte en la toma de decisiones, de manera que el escenario futuro para la instalación de estanques dulceacuícolas, pueda definirse con base en los criterios de interés.

El estudio demostró a través de la jerarquización de los criterios, que los factores hidrológicos y climáticos representan el mayor peso en un 39.18% y 30.16 % respectivamente. El resultado señala que aproximadamente el 85% del territorio del municipio de Misantla-Veracruz muestra vocación acuícola. De las 13 localidades estudiadas sólo 12 se encuentran dentro de la zona apta, excluyendo a la Localidad de La Mesa, por no calificar bajo los criterios de estudio. Cabe mencionar que el Índice de marginación, representa una debilidad en el proyecto, puesto que el ser una zona marginada no determina el éxito de la instalación de estanques dulceacuícolas; por lo que como trabajo futuro se recomienda realizar un estudio en el que se determine el grado de confiabilidad de cada punto seleccionado, sustentado en un análisis económico; asimismo restringir los sitios declarados como áreas naturales protegidas que se encuentren dentro del polígono del territorio acuícola propuesto, de manera que el escenario futuro de crecimiento e impulso a la acuicultura, garantice la sustentabilidad del proyecto y la oportunidad de inversión en el sector.

Los autores agradecen a la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPA), en particular al Biólogo Jaime Antonio Massberg Collinot, y especialmente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo de la Beca Académica para los estudios de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, otorgado a Fabiola Guadalupe Lobato Rosales y Anett Yeli Martell Tamanis.

5. Referencias bibliográficas

- Belenguer Plomer, M. Á. (2016). Detección de problemas en la localización de usos del suelo mediante SIG y AHP: El caso de Riba-roja de Túria (Valencia). *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, ISSN: 1578-5157(18), 3-24.
- Boonmee, C., Arimura, M., & Asada, T. (2017). Facility location optimization model for emergency humanitarian logistics. *International Journal of Disaster Risk Reduction*(24), 485-498.
- Bosque Sandra, J., & Jiménez Moreno, A. (2011). *Sistemas de Información Geográfica y Localización Óptima de Instalaciones y Equipamientos*. España: RA-MA Editorial y Publicaciones, S.A., ISBN: 978-84-9964-113-3.
- C.Q., A., L.G., R., & M.C.M., B. (1991). Microcomputer Spreadsheets for the implementation of geographic information systems in aquaculture: a case study on carp in Pakistan. *Aquaculture*(92), 199-205.
- Chakhar, S., & Martel, J.-M. (2003). Enhancing geographical information systems capabilities with multi-criteria evaluation functions. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 7(2), 47-71.
- CONAPO. (2010). *Consejo Nacional de Población*. Recuperado el 28 de Junio de 2018, de http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010
- Delgado Caballero, C. E., Valdez Lazalde, J. R., Manuel, F. G., De los Santos Posadas, H. M., & Gómez Guerrero, A. (2010). Aptitud de áreas para plantaciones de eucalipto en Oaxaca y Veracruz: Proceso de Análisis Jerarquizado vs. Álgebra Booleana. *Rev. Mex. Cien. For.*, 1(1), 123-133.
- F., L. I. (10 de Octubre de 2018). Criterios que definen zonas con potencial acuícola.
- FAO. (1978). *Programa de Explotación y Coordinación de la Acuicultura, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. (FAO) Recuperado el Agosto de 17 de 2018, de <http://www.fao.org/docrep/18156s/18156s00.htm>
- FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, ISBN: 978-92-5-309185-0, 224.
- FAO, & AUNAP. (2013). *Zonificación de la Acuicultura Nacional*. Bogotá: AUNAP-FAO.

-
- Fernández Lambert, G. (2010). *Diagnóstico empresarial del municipio de Misantla-Veracruz*. Misantla, Veracruz: ITSM: Instituto Tecnológico Superior de Misantla.
- Gómez Parra, A., & León García, L. (2014). *Oportunidades de inversión para el municipio de Misantla: "Una visión emergente"*. Misantla, Veracruz: ITSM: Instituto Tecnológico Superior de Misantla.
- Juárez-Palacios, R. (1987). *La acuicultura en México, importancia social y económica. En: Desarrollo pesquero mexicano 1986-1987*. México: Secretaría de Pesca.
- Kapetsky, J. M., Hill, J. M., & Worthy, L. D. (1988). A geographical information system for catfish farming development. *Aquaculture*, 68(4), 311-320.
- L. G., R., Q. M., M., & M.C.M., B. (1993). The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: an example based on salmonid cage culture. *Aquaculture*(112), 165-178.
- Laaribi, A., Chevallier, J., & Martel, J. (1996). A spatial decision aid: a multicriterion evaluation approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 20(6), 351-366.
- Landa, M. M. (26 de Septiembre de 2018). Criterios que definen zonas con potencial acuícola.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: Wiley.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726.
- Manyoma Velásquez, P. C., Pardo Colorado, M. A., & Torres Lozada, P. (2013). Localización de depósitos internos para residuos sólidos hospitalarios utilizando técnicas multicriterio. *Ing. Univ. Bogotá (Colombia) ISSN: 0123-2126*, 17(2), 443-461.
- Martínez Rodríguez, E. (2007). Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, XL(ISSN: 1133-3677), 523-542.
- Martinez, E., Álvarez, M., Arquero, A., & Romero, M. (2010). Apoyo a la selección de emplazamientos óptimos de edificios. Localización de un edificio universitario mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). *Informes de la Construcción*, 62(ISSN: 0020-0883), 35-45.
- Massberg Collinot, J. A. (06 de Octubre de 2018). Criterios que definen zonas con potencial acuícola.
- Muñoz, B., Romana, M. G., & Ordóñez, J. (2016). Análisis de sensibilidad de una metodología de decisión multicriterio desarrollada para la selección de tipologías de estructuras de contención en una autovía urbana. *CIT2016 - XII Congreso de Ingeniería del Transporte*. Valencia.
- Pérez Rodríguez, F., Vargas Larreta, B., & Aguirre Calderón, O. A. (2012). Proceso Analítico Jerárquico para seleccionar métodos de manejo forestal en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(15), 55-72.
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process. Planning priority setting, resource allocation*. New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- SAGARPA, & CONAPESCA. (Septiembre de 2017). *Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2018, de www.conapesca.gob.mx
- Sen, E. G. (2018). Selecting suitable forest areas for honey production using the AHP: A case study Turkey. *CERNE ISSN 0104-7760*, 24(1), 67-79.

Estudio de las características sensoriales del Hot Cake elaborado con mezcla de leguminosas

Mtra. Elizondo Nolazco Bertha Yadira¹, Docente de Ingenierías, Mtra. Torres Morales Susana del Carmen²; Docente Económico Administrativas, Trejo Cabrera Martha Berenice³, Estudiante, Saucedo Benites Alejandra Elizabeth⁴, Estudiante

¹ Mtra. Elizondo Nolazco Bertha Yadira, Docente de Ingenierías, Instituto Tecnológico de Linares. e-mail: beady_13@hotmail.com¹ Tel 8713870654

² Mtra. Torres Morales Susana del Carmen; Docente Económico Administrativas, Instituto Tecnológico de Linares. e-mail: susemi02@hotmail.com² Tel 8211176888

³ Trejo Cabrera Martha Berenice, Estudiante, Instituto Tecnológico de Linares. e-mail: bere41298@live.com.mx Tel 8211197474

⁴ Saucedo Benites Alejandra Elizabeth, Estudiante, Instituto Tecnológico de Linares. e-mail: capitán_cragen1@hotmail.com Tel 8211459574

Resumen- En este proyecto se realiza el estudio del cambio en las características sensoriales de los hot cakes elaborados con una mezcla de leguminosas, como harina base se utilizó el harina gluten free ya que es una de las menos dañinas que podemos encontrar en el mercado, se prepararon harinas de chícharo y lenteja, para incluirlas en diferentes porcentajes a la mezcla de preparación tradicional de hot cakes, con la finalidad de someterlos a evaluación sensorial y así demostrar que al incorporar dichas harinas en la preparación del hot cake, lo hace más atractivo para el consumidor ya que mejora la textura y el sabor del alimento en mención. Podemos resaltar que como panelistas se agregó un grupo de jóvenes sin entrenamiento y que únicamente se midieron las características organolépticas y que más adelante se medirán los parámetros nutrimentales de los hot cakes que queden con mejores cualidades sensoriales, los cuales fueron los elaborados con la mezcla del 70% Harina comercial gluten free, 15% harina de chícharo y 15% harina de lenteja.

Palabras claves- Harina de trigo, leguminosas, chícharos, lentejas, sensorial, textura.

Abstract-In this project, the study of the change in the sensory characteristics of the hot cakes made with a mixture of legumes is made, as the gluten free flour was used as the base flour since it is one of the least harmful we can find in the market. pea and lentil flours, to be included in different percentages of the traditional hot cakes preparation mixture, with the purpose of subjecting them to sensory evaluation and thus demonstrating that when incorporating said flours in the hot cake preparation, it makes it more attractive for the consumer since it improves the texture and taste of the food in question. We can highlight that as panelists a group of young people without training was added and that only the organoleptic characteristics were measured and that later the nutritional parameters of the hot cakes will be measured with better sensory qualities, which were those made with the mixture of the 70% commercial flour gluten free, 15% pea flour and 15% lentil flour.

Keywords: Wheat flour, legumes, pea, lentils, sensory, texture.

1. Introducción

De acuerdo a la evaluación alimenticia en la población surge la tendencia y la necesidad de consumir alimentos menos procesados, más sanos y cuyas características aporten beneficios que mejoren la salud; en el afán de sustituir los ingredientes que componen un producto con alta demanda en el mercado como lo es el hot cakes y tomando en cuenta un estudio realizado sobre tendencias para la creación de nuevos productos, se realizó un estudio sensorial para evaluar las características organolépticas de dicho producto, pero sustituyendo un porcentaje de harina gluten free por harina de chícharo y harina de lenteja.

Se conoce como hot cake a un pan suave, plano redondo y dulce, cuya masa base contiene usualmente leche, huevo, harina de trigo, levadura, azúcar, sal y esencia o saborizantes además de que se consume caliente.

La harina de chícharo contiene 10.7 % de humedad, 21.4% de proteína. 3.4% de ceniza y 2.1% de grasa. (Alasino, Osella, dela Torre y Sanchez. 2011). La harina de lenteja contiene 25.8% de proteína y 1.06% de grasa. (Oliete y Gómez-Pallarés. 2006).

En las pruebas hedónicas se le pide al consumidor que valore el grado de satisfacción general que le produce un producto utilizando una escala que le proporciona el analista. Las pruebas hedónicas son una herramienta muy efectiva en el diseño de productos y cada vez se utilizan con mayor frecuencia en las empresas debido a que son los consumidores quienes, en última instancia, convierten un producto en éxito o fracaso. (CAÑELLAS, 2006).

2. Desarrollo

Los hot cakes se prepararon mezclando harina comercial gluten free, enriquecida con diferentes concentraciones de harina de chícharo y harina de lenteja. Para la elaboración de las harinas de chícharo se siguió el siguiente procedimiento: lavado, escaldado, secado y molienda.

El escaldado es un paso importante debido a que en el chícharo está presente la enzima lipooxigenasa, la cual está implicada en la aparición de aromas y sabores desagradables de pigmentos. La harina de lenteja se obtuvo de la molienda de los granos y el tamizado posterior.

El gluten es una proteína que se encuentra en el trigo, la cebada, el centeno y la avena. También está presente en productos alimenticios de consumo diario como el pan o la pasta. Además, es común encontrar rastros de gluten en muchos productos industriales alimenticios. La intolerancia al gluten se conoce como enteropatía sensible al gluten (ESG), celiaquía o enfermedad celíaca. Por tanto, todas las personas que por naturaleza, padecen esta enfermedad, son denominadas celíacos. Aunque esta enfermedad es diagnosticada cada vez con más frecuencia, también está aumentando la cantidad de personas que optan, libremente, por llevar una alimentación sin gluten. (Celicity, 2018)

A la harina comercial gluten free se le agregó 1% de sal, 5% de azúcar, 0.5% de polvo de hornear, 15% de leche de soya en polvo y 20% de claras de huevo, además se añadió agua hasta hacer una pasta fluida.

La mezcla se hizo con una batidora automática y aspa tipo globo durante aproximadamente tres minutos, para posteriormente elaborar los tradicionales hot cakes en un sartén caliente este hot cake se utilizó como muestra testigo o tratamiento 0. Cabe aclarar que en los tratamientos que se utilizaron en la investigación, únicamente se sustituye la harina gluten free por harina de chícharo y lenteja, quedando los siguientes tratamientos:

- 1.- 80 % Harina comercial gluten free, 10% harina de chícharo y 10% harina de lenteja
- 2.- 70% Harina comercial gluten free, 15% harina de chícharo y 15% harina de lenteja.
- 3.- 60% Harina comercial gluten free, 20% harina de chícharo y 20% harina de lenteja.

La elaboración de los hot cakes se realizó de la misma manera para las diferentes mezclas de harinas, posterior a ello se procedió al análisis sensorial con 20 jueces no entrenados y utilizando una escala hedónica me encanta, me gusta mucho, me gusta moderadamente, me gusta poco, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta, me disgusta moderadamente, me disgusta mucho, me disgusta muchísimo, siendo el 9 el punto más alto de agrado.

3. Resultados

Como resultados podemos decir que hubo un cambio de coloración notable en la mezcla del tratamiento tres al tomar una coloración verdosa, el tratamiento dos tomo un color dorado oscuro, el cual resultó más apetecible.

El hot cake con tratamiento 1 mostró un comportamiento adecuado ya que las propiedades sensoriales sabor olor y textura no difieren mucho de la muestra testigo. En cuanto a apariencia resultaron estadísticamente igual. *Figura 1.*



Figura 20 Apariencia del hot cake por tratamiento

Es importante señalar que con respecto a la consistencia de la mezcla esta fue idéntica a la del tratamiento testigo y no se tuvo dificultad alguna con la elaboración del hot cake.

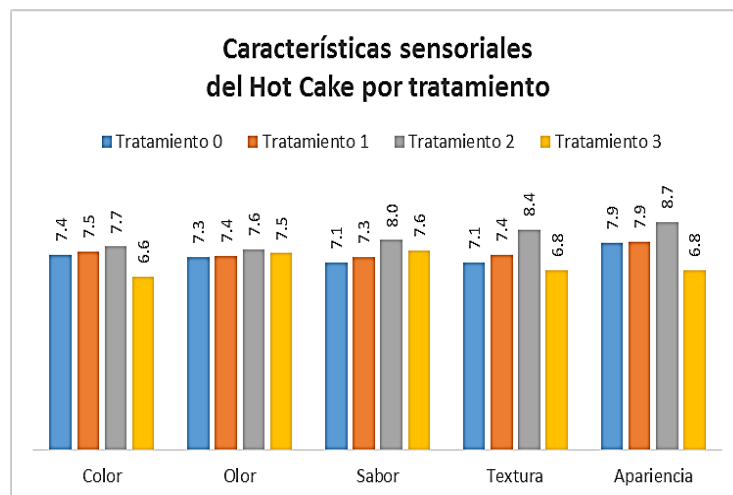
Los hot cakes del tratamiento 2.- 70% Harina comercial gluten free, 15% harina de chícharo y 15% harina de lenteja, mostraron las mejores propiedades de textura, así como mejor sabor olor y color. Como podemos ver en la *tabla 1*. Este tratamiento fue el más aceptado ya que su apariencia era definitivamente más apetecible por su todo dorado- oscuro, además que en su olor y sabor resaltaban lo dulce y respecto a su textura fue más suave pero a la vez daba la sensación de granulada, agradable al paladar y de la apariencia era más esponjoso que el resto.

Tabla 18 Comparación de características sensoriales

Tratamiento	0	1	2	3
Color	7.4	7.5	7.7	6.6
Olor	7.3	7.4	7.6	7.5
Sabor	7.1	7.3	8.0	7.6
Textura	7.1	7.4	8.4	6.8
Apariencia	7.9	7.9	8.7	6.8

El tratamiento 3.- 60% Harina comercial gluten free, 20% harina de chícharo y 20% harina de lenteja. Mostró menor aceptación de textura y apariencia. En la *gráfica 1* se aprecia notablemente.

Podemos decir también que en el tratamiento 3 fue muy difícil de manejar la consistencia al momento de elaborar el hot cake ya que era una masa más fluida que las demás. Fue el hot cake menos esponjoso, más oscuro y de sabor a legumbres por lo que no fue del agrado de los panelistas.



Gráfica 1 Características sensoriales por tratamiento

4. Conclusiones

Después de haber realizado los análisis organolépticos pertinentes, estamos seguros de que nuestro producto garantiza calidad además hay aceptabilidad sustentable en el mercado y se contribuye al aumento del consumo de legumbres para prevenir problemas de desnutrición. Podemos concluir que la hipótesis de que el agregar una porción de leguminosas a la preparación del hot cake lo hace más atractivo para el consumidor.

Los resultados de este trabajo son de gran utilidad ya que con ellos se dará inicio a la comprobación de los parámetros nutricionales de los hot cakes enriquecidos con leguminosas y así demostrar el beneficio que aportarán a la salud del consumidor.

5. Referencias

Alasino, M, Osella.C. de la Torre, M. y Sanchez. H. (2001). Efecto de oxidantes y emulsionantes sobre la calidad de pan elaborado con harina de arvejas (*pisum sativum*) inactivadas enzimáticamente. *Información tecnológica*, 22. 42-50

Oliete.B. y Gomez-Pallarés. M. (2006). Leguminosas. En Gómez-Pallarés, P., León, A.E. y Rossel. C. De tales harinas tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamerica (1ª edición, pag. 403-438)

CAÑELLAS, Emma, Evaluación hedónica de pan de molde por consumidores de distinto origen cultural: Estudio comparativo de dos escalas. (2006).

Celicity, 2018 ¿Qué es el gluten? <http://celicity.com>, 2018.

Evaluación del Potencial Eólico de la Región de Perote, Veracruz, A Diferentes Alturas.

David Rodolfo García Moreno, Ing.¹, Dr. David Reyes González²

¹ David Rodolfo García Moreno, Ingeniero Eléctrico, es Profesor adscrito a la división de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería en Energías Renovables del Instituto Tecnológico Superior de Perote. Estudiante de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Perote, Veracruz. gamodaro@gmail.com

² El PhD. Mat Sci & Eng. David Reyes González es el coordinador de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. Mail: dreyesg@itsm.edu.mx.

Resumen— El presente trabajo evalúa el potencial eólico para la generación eléctrica a través de las rachas de viento en la región de Perote, mediante el análisis de los datos otorgados por el Sistema Meteorológico Nacional (SMN) a través de su estación anemométrica instalada en el Instituto Tecnológico Superior de Perote. Con los datos anteriores se proyecta la velocidad del viento a 10, 30, 50 y 60 metros de altura para la evaluación del potencial eólico con el apoyo del software Windographer, así mismo, se elaboran las correspondientes rosas de vientos para cada una de las proyecciones realizadas. Con la información de velocidad y dirección del viento es posible determinar el potencial eólico de la región, así como la altura adecuada para la utilización de este potencial.

Palabra(s) clave— Aerogenerador, Potencial eólico, Velocidad del viento, Veracruz, Windographer.

Abstract – The present work evaluates the wind potential for the electrical generation through the wind gusts in the Perote region, by means of the analysis of the data granted by the National Meteorological System (SMN) through its anemometric station installed in the Technological Institute Superior of Perote. With the above data the wind speed is projected at 10, 30, 50 and 60 meters high for the evaluation of the wind potential with the support of the Windographer software, likewise, the corresponding wind roses are elaborated for each one of the projections made. With the wind speed and direction information it is possible to determine the wind potential of the region, as well as the appropriate height for the use of this potential.

Key words – Wind turbine, Wind potential, Wind speed, Veracruz, Windographer.

1. Introducción

El uso desenfrenado y la sobre explotación de los recursos fósiles han generado un acelerado cambio climático. Razón por la cual sea incursionado en las energías renovables. Los procesos para generar electricidad convencional se basan en la quema de combustibles fósiles (principalmente carbón y combustóleo) emitiendo cantidades importantes de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes atmosféricos (Campos-Márquez et al, 2008). Las energías renovables son aquellas que se obtienen a través de procesos naturales que se crean de diversas formas, ya sea directa o indirectamente del sol o el calor generado dentro de la tierra. (IEA, 2009). Datos publicados en el documento Renewable Capacity Statistics por la agencia internacional de energía renovables (IRENA) demuestran que hasta el año 2017 se tenía una capacidad de generación de energía eléctrica con fuentes renovables en el mundo de 2,179 GW, el cual representó un incremento del 8.3% respecto con el año pasado.

La energía del viento tiene ventaja sobre otros recursos, poca contaminación ambiental y fuerte competitividad económica, es reconocido como un recurso energético limpio al no causar daños al medio ambiente y evitar futuras crisis (Nematoallahi et al, 2016). Su implementación no contamina, contribuyendo a la disminución y emisiones de dióxido de carbono, aportando de este modo en la solución de la crisis ecológica mundial y a la desaceleración del cambio climático (Gómez, 2016). En México se tiene como fuente principal

en energía renovable a la generación mediante hidroeléctricas, mientras que la utilización del viento como fuente de energía ocupa únicamente el 2.2%. (SENER, 2018).

Se deben considerar numerosos factores locales que influyen o determinan la intensidad y periodicidad de los movimientos del viento (Manwell et al, 2002). Estos factores, difíciles de simplificar por su multiplicidad, son los que permiten referirse a vientos locales, los cuales son en muchos lugares más representativos que los de carácter general (Bechrakis et al, 2004), de ahí la importancia de su estudio y caracterización a nivel local (Hernández-Escobeto et al, 2009). El rápido aumento de la capacidad instalada de generación eólica ha generado una preocupación sobre la confiabilidad del sistema eléctrico debido a la naturaleza intermitente y variable de la energía eólica (Xiao et al, 2011).

El conocimiento del comportamiento del viento es esencial para múltiples aplicaciones como son: Determinar el comportamiento de los ciclones tropicales (Chao et al, 2011); determinar el sitio de evaluación del recurso eólico (Pallabazzer, 2003); diseñar comportamientos de sitios adecuados para la generación de energía eléctrica (Degeilh et al, 2011), así como para determinar la periodicidad del viento (Hernández-Escobeto et al, 2011). En México se han realizado diversos estudios que evalúan el potencial eólico a través de mapas de la velocidad del viento, en los Estados de Yucatán (Soler-Bientz, 2011), Veracruz (Cancino-Solorzano, 2010), sin embargo, estos trabajos no evalúan el potencial en una región específica o municipio del estado a analizar.

En este trabajo se analiza el potencial eólico para su aprovechamiento en la producción de energía eléctrica en la región de Perote, Veracruz a diferentes alturas utilizando dos distintos aerogeneradores, el primero marca VESTAS modelo V20 con capacidad 100kW, el segundo marca AAER modelo A2000-84 con capacidad de 2000KW, analizando los datos proporcionados por la estación anemométrica instalada en el Instituto Tecnológico Superior de Perote (ITSPe).

2. Desarrollo

Datos.

Los datos son proporcionados a través de la estación anemométrica automática (EMA), propiedad del sistema meteorológico nacional que se encuentra instalada dentro de las instalaciones del ITSPe en la ciudad de perote, Veracruz. La figura 1 muestra la ubicación geográfica satelital de la estación anemométrica.



Figura 1: Ubicación geográfica de la EMA.

Como, la figura 2 muestra físicamente la estación meteorológica que proporciona los datos para realizar este estudio, la cual cuenta con un anemómetro, veleta, termómetro y barómetro. Esta estación anemométrica ubicada a 2410 msn almacena el promedio de las mediciones de manera regular cada 10 minutos, para este estudio se tomaron en cuenta 69,821 mediciones, las cuales comprenden el periodo entre el 10 de febrero del año 2017 al 28 de octubre del presente año



Figura 2: Estación anemométrica utilizada para la investigación

Método.

Para la obtención del potencial eólico en cierta área circular específica, se requiere del conocimiento de tres factores importantes: velocidad, densidad del aire y tamaño del rotor. La velocidad del viento no es constante, por lo que se realizan mediciones cada diez minutos durante el tiempo de estudio. Para la densidad del aire se considera el valor de 1.225 kg/m^3 correspondiente a la presión atmosférica promedio a nivel del mar y a 15°C . El tamaño del rotor se toma de acuerdo con el tipo de aerogenerador.

La ecuación 1 describe el cálculo para el potencial eólico. (Rodríguez-López, 2008):

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 \pi r^2 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- P Potencial Eólico (Watts)
- ρ Densidad del aire (kg/m^3)
- v Velocidad Media (m/s)
- π Constante pi (3.1415926535)
- r Radio del rotor (metros)

La ecuación 2 permite calcular la variación de la densidad del aire (ρ).

$$\rho = 1.225 e^{\left[\frac{-z}{8435} - \frac{(T-15)}{288} \right]} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- ρ Densidad del aire (kg/m^3)
- z Valor de la altura (msnm).
- T Temperatura ($^\circ\text{C}$).

El potencial eólico se calcula para cuatro diferentes alturas con dos tipos diferentes de aerogeneradores; con el apoyo del software Windographer se obtiene el promedio de la velocidad del viento a la altura de medición, así mismo, permite proyectar el promedio para las alturas de treinta, cincuenta y sesenta metros.

Lo anterior permite calcular el potencial eólico de acuerdo con la Ecuación 1 para cada uno de los aerogeneradores propuestos.

3. Resultados

En la Tabla 1 se observan los valores obtenidos del promedio de los parámetros de velocidad del viento, presión atmosférica, temperatura, dirección del viento, así como la altura a la que se encuentra la estación anemométrica de la que se obtienen los datos.

Parámetro	Promedio.
Velocidad del viento, m/s.	5.944
Dirección del viento	159.73°
Presión Atmosférica	766.94
Temperatura, °C	13.93
Altura, msnm	2410

Tabla 1.- Promedio de datos de la EMA.

Con los datos de la Tabla 1 se calcula la variación de la densidad del aire, sustituyendo en la Ecuación 2.

$$\rho = 1.225e^{\left[\frac{-(2410)}{8435} - \frac{(13.93-15)}{288} \right]} \quad \text{Ecuación 3}$$

Por lo que la densidad del aire para este estudio es de 0.923986 kg/m^3 , el cual es utilizado en el calculo del potencial eólico de la Ecuación 1.

En las Figura 3 se analizan los datos obtenidos de la EMA con el software Windographer, permitiendo de esta manera proyectar el comportamiento del viento a treinta, cincuenta y sesenta metros de altura, así como se muestra en las figuras 4, 5 y 6 respectivamente.

	Direction	Possible	Valid	DRR	Frequency	Mean	Total	Mean
	Sector	Data Points	Data Points	(%)	(%)	Power (W/m2)	Energy (%)	Speed (m/s)
1	345° - 15°	4,316	4,175	96.73	6.00	292.0	6.86	5.809
2	15° - 45°	5,098	5,098	100.00	7.32	210.2	6.03	5.643
3	45° - 75°	5,710	5,710	100.00	8.20	165.6	5.32	5.414
4	75° - 105°	8,049	8,049	100.00	11.56	181.1	8.20	5.542
5	105° - 135°	7,564	7,564	100.00	10.86	273.1	11.62	6.439
6	135° - 165°	4,693	4,661	99.32	6.69	233.8	6.13	5.776
7	165° - 195°	3,674	3,674	100.00	5.28	179.2	3.70	5.056
8	195° - 225°	5,031	5,031	100.00	7.23	270.7	7.66	5.785
9	225° - 255°	9,945	9,939	99.94	14.27	406.4	22.73	6.970
10	255° - 285°	8,222	8,207	99.82	11.79	315.3	14.56	6.570
11	285° - 315°	4,306	4,306	100.00	6.18	178.8	4.33	5.257
12	315° - 345°	3,213	3,213	100.00	4.61	158.1	2.86	5.033
	All data	69,821	69,627	99.72	100.00	255.3	100.00	5.944

Figura 3: Análisis del comportamiento del viento a 10 metros de altura con Windographer.

	Direction	Possible	Valid	DRR	Frequency	Mean	Total	Mean
	Sector	Data Points	Data Points	(%)	(%)	Power (W/m2)	Energy (%)	Speed (m/s)
1	345° - 15°	4,316	4,004	92.77	5.78	395.4	5.72	6.992
2	15° - 45°	5,098	5,098	100.00	7.36	340.2	6.26	6.994
3	45° - 75°	5,710	5,710	100.00	8.24	290.0	5.98	6.857
4	75° - 105°	8,049	8,049	100.00	11.62	314.1	9.13	7.071
5	105° - 135°	7,564	7,564	100.00	10.92	496.3	13.56	8.232
6	135° - 165°	4,693	4,633	98.72	6.69	364.7	6.10	7.114
7	165° - 195°	3,674	3,673	99.97	5.30	307.7	4.08	6.575
8	195° - 225°	5,031	5,026	99.90	7.26	404.2	7.34	7.079
9	225° - 255°	9,945	9,939	99.94	14.35	584.9	21.00	8.096
10	255° - 285°	8,222	8,047	97.87	11.62	469.9	13.66	7.766
11	285° - 315°	4,306	4,306	100.00	6.22	275.3	4.28	6.421
12	315° - 345°	3,213	3,213	100.00	4.64	249.3	2.89	6.208
	All data	69,821	69,262	99.20	100.00	399.8	100.00	7.294

Figura 4: Proyección del comportamiento del viento a 30 metros de altura con Windographer.

	Direction	Possible	Valid	DRR	Frequency	Mean	Total	Mean
	Sector	Data Points	Data Points	(%)	(%)	Power (W/m2)	Energy (%)	Speed (m/s)
1	345° - 15°	4,316	3,962	91.80	5.72	438.5	4.99	7.528
2	15° - 45°	5,098	5,080	99.65	7.34	445.6	6.50	7.786
3	45° - 75°	5,710	5,710	100.00	8.24	415.6	6.82	7.837
4	75° - 105°	8,049	8,049	100.00	11.62	444.9	10.29	8.035
5	105° - 135°	7,564	7,564	100.00	10.92	643.6	13.99	9.098
6	135° - 165°	4,693	4,632	98.70	6.69	480.9	6.40	8.009
7	165° - 195°	3,674	3,673	99.97	5.30	421.3	4.45	7.543
8	195° - 225°	5,031	5,011	99.60	7.24	497.5	7.16	7.866
9	225° - 255°	9,945	9,939	99.94	14.35	685.0	19.56	8.694
10	255° - 285°	8,222	8,116	98.71	11.72	555.3	12.95	8.353
11	285° - 315°	4,306	4,306	100.00	6.22	331.1	4.10	6.981
12	315° - 345°	3,213	3,213	100.00	4.64	302.8	2.79	6.741
	All data	69,821	69,255	99.19	100.00	502.6	100.00	8.054

Figura 5: Proyección del comportamiento del viento a 50 metros de altura con Windographer.

	Direction	Possible	Valid	DRR	Frequency	Mean	Total	Mean
	Sector	Data Points	Data Points	(%)	(%)	Power (W/m2)	Energy (%)	Speed (m/s)
1	345° - 15°	4,316	3,810	88.28	5.54	424.7	4.14	7.535
2	15° - 45°	5,098	5,037	98.80	7.32	492.7	6.35	8.005
3	45° - 75°	5,710	5,705	99.91	8.29	480.5	7.02	8.229
4	75° - 105°	8,049	7,998	99.37	11.62	564.8	11.57	8.721
5	105° - 135°	7,564	7,559	99.93	10.98	755.5	14.62	9.602
6	135° - 165°	4,693	4,633	98.72	6.73	559.7	6.64	8.448
7	165° - 195°	3,674	3,673	99.97	5.34	487.0	4.58	7.943
8	195° - 225°	5,031	5,017	99.72	7.29	555.6	7.14	8.219
9	225° - 255°	9,945	9,891	99.46	14.37	743.1	18.82	8.958
10	255° - 285°	8,222	7,988	97.15	11.61	605.7	12.39	8.600
11	285° - 315°	4,306	4,305	99.98	6.25	359.3	3.96	7.194
12	315° - 345°	3,213	3,213	100.00	4.67	336.3	2.77	6.960
	All data	69,821	68,829	98.58	100.00	567.4	100.00	8.405

Figura 6: Proyección del comportamiento del viento a 60 metros de altura con Windographer.

De acuerdo con el análisis realizado en la Figura 3 de donde se obtiene una velocidad promedio del viento de 5.94 m/s y el resultado de la Ecuación 3, se realiza el cálculo del potencial eólico de acuerdo con la Ecuación 1, para el aerogenerador Vestas V20 cuyo diámetro de rotor es de 20 metros.

$$P = \frac{1}{2} 0.923986(5.94)^3 \pi(10)^2 = 30.42 \text{ KW} \quad \text{Ecuación 4}$$

Como se observa en la Ecuación 4 la potencia de este aerogenerador es de 30.42 KW, sin embargo, de acuerdo con el límite de Betz, la potencia útil de una turbina de manera teórica es de 59.3%, aunque estudios demuestran que la potencia útil en la práctica es únicamente de cuarenta por ciento. Por lo anterior, se determina que la potencia útil es de 106.52 MWh.

De la misma manera, se evalúa el potencial eólico a la misma altura para un segundo aerogenerador AAER A2000-84 cuyo diámetro del rotor es de 84 metros.

$$P = \frac{1}{2} 0.923986(5.94)^3 \pi(42)^2 = 536.59 \text{ KW} \quad \text{Ecuación 5}$$

La Ecuación 5 indica que el potencial de este aerogenerador es de 536.59 KW, cuya potencia útil es de 1.88 GWh anuales.

De la misma manera que se realizaron los cálculos anteriores, se considera la proyección del software Windographer para 30 metros de altura de la Figura 4 de donde se obtiene una velocidad promedio del viento de 7.29 m/s, aunado a esto se toma el resultado de la Ecuación 3 para realizar el cálculo del potencial eólico de acuerdo con la Ecuación 1, para el aerogenerador Vestas V20 cuyo diámetro de rotor es de 20 metros.

$$P = \frac{1}{2} 0.923986(7.29)^3 \pi(10)^2 = 56.23 \text{ KW} \quad \text{Ecuación 6}$$

Como se observa en la Ecuación 6 la potencia de este aerogenerador es de 56.23 KW, se determina que la potencia útil es de 197.03 MWh. De la misma manera, se evalúa el potencial eólico a la misma altura para un segundo aerogenerador AAER A2000-84 cuyo diámetro del rotor es de 84 metros.

$$P = \frac{1}{2} 0.923986(7.29)^3 \pi(42)^2 = 991.90 \text{ KW} \quad \text{Ecuación 7}$$

La Ecuación 7 indica que el potencial de este aerogenerador es de 991.90 KW, cuya potencia útil es de 3.48 GWh anuales.

El proceso del cálculo se repite dos veces más para cada uno de los aerogeneradores analizados de acuerdo con las proyecciones realizadas a través del software Windographer como muestran las figuras 5 y 6 respectivamente, obteniendo como resultados los mostrados en la Tabla 2.

Altura	Velocidad Promedio m/s.	Aerogenerador Vestas V20	Aerogenerador AAER A2000-84
10 Metros	5.94	536.59 KW 106.52 MWh	536.59 KW 1.88 GWh
30 Metros	7.29	56.23 KW 197.03 MWh	991.9 KW 3.48 GWh
50 Metros	8.05	75.71 KW 265.3 MWh	1.34 MW 4.68 GWh
60 Metros	8.40	86.02 KW 301.43 MWh	1.38 MW 4.82 GWh

Tabla 2.- Resumen del potencial eólico para diferentes alturas.

4. Conclusiones

El uso del software Windographer es oportuno para proyectar el comportamiento del viento a diferentes alturas, esto permite que se puedan realizar este tipo de estudios en diferentes regiones. Por otra parte, el viento tiene un promedio de velocidad adecuado para la producción de energía eléctrica a través de la utilización de esta fuente renovable a las diferentes alturas en que fue evaluado, la cual contribuiría al crecimiento que se ha dado en los últimos años de la utilización de fuentes limpias. Sin embargo, aunque el potencial eólico se muestra adecuado para cubrir la demanda de la región de Perote, Veracruz y un poco más, no basta con evaluar únicamente el comportamiento del viento, sino realizar una serie de estudios adicionales que permitan evaluar la factibilidad de la instalación de alguno de estos aerogeneradores o en su caso un parque eólico en la región, lo que podría contribuir en el crecimiento de la región atrayendo inversiones que generarán empleos.

5. Referencias

- Bechrakis, D., Sparis, P. (2004). Correlation of wind speed between neighbouring measuring stations. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 19, pp. 4000-4006.
- Cancino-Solorzano, Y., Gutierrez-Trashorras, A. J., Xiberta-Bernat, J. (2010). Analytical methods for wind persistence: Their application in assessing the best site for a wind farm in the State of Veracruz, Mexico. *Renewable Energy* 35, pp. 2844-2852.
- Chao, CC., Liu, GR., Liu, CC. (2011). Estimation of the Upper-Layer Rotation and Maximum Wind Speed of Tropical Cyclones via Satellite Imagery. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 50, pp. 750-766.
- Degeilh, Y., Singh, C. (2011) A quantitative approach to wind farm diversification and reliability. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 33, pp. 303-314.

-
- Gómez, L. (2016). Análisis de la viabilidad técnica y financiera de la generación de energía eléctrica a partir del recurso eólico en el municipio de Pereira (*Master's thesis*, Universidad EAFIT).
- Hernández-Escobedo, Q., Manzano-Agugliaro, F., Zapata-Sierra, A. (2009). Wind strength description in the province of Almeria. *DYNA*, 84, pp. 681-686.
- Hernandez-Escobedo, Q., Manzano-Agugliaro, F., Gazquez-Parra, J. A. (2011). Is the wind a periodical phenomenon? The Case of Mexico. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 15, pp. 721-728.
- Manwell, J., McGowan, J., Rogers, A. (2002). Wind energy explained: theory, design and application, *John Wiley & Sons, Ltd, Sussex*, England.
- Nematollahi, O., Hoghooghi, H., Rasti, M., & Sedaghat, A. (2016). Energy demands and renewable energy resources in the Middle East. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1172-1181.
- Pallabazzer, R. (2003). Parametric analysis of wind sitting efficiency. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 91, pp. 1329-1352.
- Rodríguez-López, J. (2008). Seminario de Titulación I “El viento y sus factores de influencia”, *Programa de Ingeniería Química de la UACQ*, Zacatecas, México.
- Soler-Bientz, R. (2011). Preliminary results from a network of stations for wind resource assessment at North of Yucatan Peninsula. *Renewable Energy*. 36, pp. 538-548.
- Xiao, J, Hodge Bri-mathias, S., Pekny, JF. et al. (2011). Operating reserve policies with high wind power penetration. *Computers & Chemical Engineering*, 35, pp. 1876-1885.

6. Notas biográficas

El **Ing. David Rodolfo García Moreno**. Este autor es profesor de Ingeniería Industrial, Ingeniería en Electromecánica e Ingeniería en Energías Renovables en el Instituto Tecnológico Superior de Perote, en Perote, Veracruz, México. Actualmente es estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla en Misantla, Veracruz, México.

El **PhD. Mat Sci & Eng. David Reyes González** es Dr. en Ciencias e Ingeniería de Materiales, actualmente se desempeña como profesor investigador por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla y coordinador de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, México.

Metodología de Análisis del flujo vehicular a través de Simulación Discreta para reducir congestionamientos viales a través de rutas alternas en Misantla Veracruz

Ing. Ind. Magaly López Lagunes¹, I.G.E. César Alberto Hernández Sánchez², Dr. David Reyes González³, Dr. Saúl Santiago Cruz⁴, M.I.I. José Aparicio Urbano⁵

¹ La Ing. Magaly López Lagunes, es alumno del programa de postgrado del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. Mail: maguikeyla@hotmail.com

² El Ing. César Alberto Hernández Sánchez, es alumno del programa de postgrado del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. Mail: albertohdz2306@gmail.com

³ El Dr. David Reyes González, docente del programa de postgrado del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. Mail: dreyesg@itsm.edu.mx

⁴ El Dr. Saúl Santiago Cruz, docente del programa de postgrado del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. Mail: ssantiagoc@itsm.edu.mx

⁵ El MII. José Aparicio Urbano es egresado del programa de postgrado de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, México. Mail: joseapariciourbano@gmail.com

Resumen— El presente trabajo de investigación es inherente a un enfoque descriptivo dentro del programa anual de operaciones de la Administración Municipal de Misantla, Veracruz, ejercicio 2018. El modelo permite diagnosticar las tendencias del flujo vehicular en la cabecera municipal, y así; reducir congestionamientos viales en el flujo vehicular de dos vías de acceso hacia la zona centro. Misantla es un municipio localizado en la zona centro-norte en el Estado de Veracruz. El estudio se realizó tomando como indicadores: el aforo vehicular, el tiempo de recorrido y la semaforización actual. El diagnóstico toma en consideración la recolección de datos e información para analizar e interpretar el estado actual del sistema con el fin de determinar las áreas de oportunidad para su mejora. Se utilizó un método que describe en 10 pasos las acciones para realizar una simulación. Se plantearon dos vías de acceso: Misantla-Martínez de la Torre y Misantla-Xalapa. Se utilizaron conceptos de modelación de procesos a partir de la simulación asistida por computadora, apoyado de una simulación estocástica, como resultado se obtiene un modelo en el software Arena que permite visualizar el proceso, además de generar estadísticos útiles para medir cuantitativamente el desempeño del sistema. El resultado de la simulación permitió identificar con base en el modelo las vías alternas que disminuyen el congestionamiento vial en cada vía de acceso, disminuyendo además el tiempo de recorrido.

Palabra(s) clave— Congestionamiento vial, flujo vehicular, simulación, vías alternas.

Abstract— The present research work is inherent to a descriptive approach within the annual operations program of the Municipal Administration of Misantla, Veracruz, fiscal year 2018. The model allows to diagnose the tendencies of the vehicular flow in the municipal seat, and thus; reduce traffic congestion in the traffic flow of two access roads to the downtown area. Misantla is a municipality located in the center-north zone in the State of Veracruz. The study was carried out taking as indicators: the traffic capacity, the time of travel and the current traffic signaling. The diagnosis takes into consideration the collection of data and information to analyze and interpret the current state of the system in order to determine the areas of opportunity for improvement. We used a method that describes in 10 steps the actions to perform a simulation. Two access roads were proposed: Misantla-Martínez de la Torre and Misantla-Xalapa. Process modeling concepts were used from the computer-aided simulation, supported by a stochastic simulation. As a result, a model was obtained in the Arena software that allows visualizing the process, as well as generating useful statistics to quantitatively measure the performance of the system. The result of the simulation allowed to identify, based on the model, the alternate roads that reduce road congestion in each access road, also decreasing the travel time.

Key words – Alternate road, traffic congestion, traffic flow, simulation.

1. Introducción

Actualmente, la simulación se utiliza para ayudar a la toma de decisiones al proporcionar una herramienta que permite que el comportamiento actual de un sistema pueda ser analizado y comprendido (Greasley A, 2003). Esta herramienta es de utilidad en la disminución de costos operaciones y apoyan la toma de decisiones previa a la decisión final, es amigable también para un entendimiento del estado actual de la empresa. (Delgado F., 2011).

Se puede deducir que la simulación busca la creación de un modelo virtual de una situación real con mínima incertidumbre, por lo tanto, se puede constituir en una gran herramienta para el proceso de toma de decisiones. Asimismo, puede ayudar a predecir el rendimiento de ese sistema en una serie de escenarios determinados por el tomador de decisiones. El resultado de la simulación se ha convertido en un método sistemático utilizado por las organizaciones para examinar los procesos como parte de una estrategia de gestión del riesgo o la incertidumbre, (Helquist y col., 2012). Es decir, ya está dentro de la planeación estratégica que son los cimientos de una compañía, (Orozco E., 2012).

La modelación de sistemas productivos depende en gran medida de parámetros aleatorios, como la demanda o tiempos de servicio, lo cual los convierte hoy día en un amplio campo de investigación [Urquía M., 2013]. En particular, la modelación asistida por computador es empleada en diversas áreas como la prestación de servicios, [Rodríguez y col., 2013]. Un modelo es una representación simplificada del sistema en un instante de tiempo o espacio concreto realizada para comprender el sistema real, (Cachutt C., 2009).

En la presente investigación, la simulación asistida por computadora es de utilidad para diagnosticar la situación actual del proceso y a partir de ello proponer la optimización de los recursos que se utilizan para la gestión de sus operaciones.

La movilidad es una necesidad básica en el ser humano porque el desplazarse de un punto a otro permite al individuo realizar sus tareas cotidianas, además el transporte se hace con distintos propósitos y a diferentes horas del día. En el entorno urbano la actividad humana organiza el intercambio de mercancías para la satisfacción de sus múltiples necesidades. La libertad de tránsito y libre acceso a las vialidades, la variedad de usos económicos y sociales que permiten las infraestructuras y la presencia simultánea de distintos usuarios en las calles, son factores que acompañan la lucha cotidiana por el espacio ciudadano (Obregón Biosca & Betanzo Quezada, 2015).

El crecimiento rápido de la población y el parque automotor regularmente es una problemática para tener una movilidad eficiente y a la vez son las que constantemente sufren, debido a la incomodidad en el servicio de transporte público y los largos tiempos requeridos para su desplazamiento. La poca efectividad de las soluciones que actualmente se establecen para mejorar la movilidad es evidente (Atoche & Rojas, 2013).

La movilidad vehicular se puede mejorar con un conocimiento adecuado de su funcionamiento (Quintero González, 2017). En este sentido, el flujo vehicular se puede tomar como una función de distribución cambiante con el tiempo, el cual se puede modelar con la teoría de líneas de espera. De esta manera, se puede obtener un modelo de tráfico vehicular (Puerto Hernández, Forero Forero, Rivera Ayab, & Herrera Cuartas, 2015). Un caso particular ocurre para mejorar el flujo vehicular en Bogotá, donde se implementaron diversas estrategias como: modificación del funcionamiento de los semáforos, políticas de restricción de tránsito tanto por zonas como por horas (pico y placa) y concientización de la cultura de conducción, medidas que en muchas ocasiones son insuficientes.

Cada vez es mayor el número de usuarios que necesitan transportarse hacia las ciudades para realizar diversas actividades económicas, sociales, culturales, turísticas y de cualquier tipo, este transporte no se limita únicamente a usuarios, si no que los productos que cotidianamente se consumen y comercializan también necesitan ser transportados, esto agudiza el problema de incremento del número de vehículos que transitan a través de las ciudades. Una buena planificación vial es un factor trascendental en la calidad de vida de una ciudad moderna, se deben realizar estudios que permitan tener un diagnóstico de la realidad y así tomar decisiones que ayuden a minimizar o evitar problemas de congestión vial (Albrecht, Kleine, & Abele, 2014).

En las últimas décadas, la tendencia creciente en el uso del transporte privado (automóvil) ha generado conflictos que van más allá de los congestionamientos viales, aumento de accidentes, disminución de espacios públicos, efectos sobre el medio ambiente, contaminación acústica y efectos sociales como en la salud e inseguridad (Céspedes Álvarez & De Oliveira Silva, 2015).

En muchas ocasiones, la realidad es bastante compleja como para ser estudiada directamente y es preferible la formulación de un modelo que contenga las variables más relevantes que aparecen en el fenómeno de estudio y las relaciones más importantes entre ellas (Cao Abad, 2002). Una definición de la simulación se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente en un computador con un software apropiado (García Dunna , García Reyes , Cárdenas Barrón, & Mancilla Espinosa, 2013).

El congestionamiento vial genera consecuencias como demoras adicionales a las personas, más allá de las requeridas para hacer un viaje a una velocidad segura y constante, colas de vehículos o personas que se generan en tramos de vía, cruces o paradas de transporte público y estacionamiento de vehículos privados. Se generan también detenciones involuntarias de vehículos o usuarios, que ocurren en los lugares antes mencionados producto del avance y estancamiento de una cola.

En la práctica común, cada usuario define como llegar a un destino, eligiendo la que a su parecer sea la mejor ruta, sin considerar objetivamente, los tiempos de recorrido y el flujo de vehículos por determinada vía, sin considerar que mediante un modelo de simulación se pueden identificar rutas alternas que contemplen los factores como costo, tiempo, accesibilidad y seguridad.

2. Desarrollo

El presente trabajo se desarrolló con fundamento en la metodología de las etapas del estudio de simulación de (Giraldo García, Sarache Castro, & Castrillón Gómez, 2010) y (Puerto Hernández, Forero Forero, Rivera Ayab, & Herrera Cuartas, 2015). Ver Figura 1.

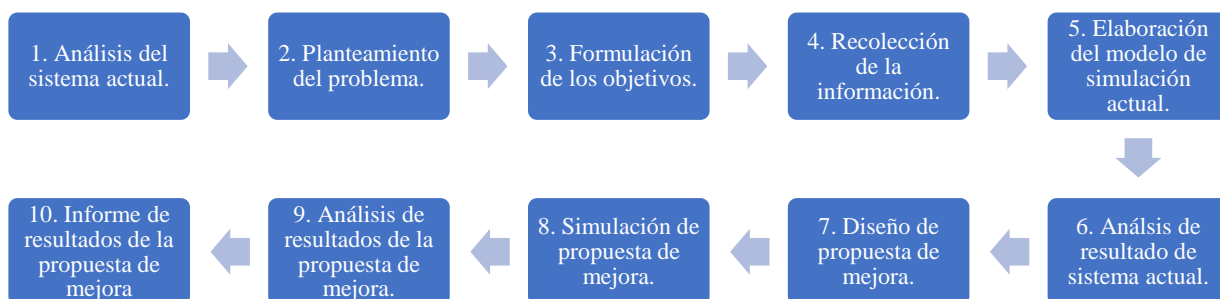


Figura 1: Metodología utilizada para la investigación.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Giraldo García, Sarache Castro, & Castrillón Gómez, 2010) y (Puerto Hernández, Forero Forero, Rivera Ayab, & Herrera Cuartas, 2015).

2.1 Análisis del sistema actual

El municipio de Misantla, Veracruz está localizado en los 19°55'51.86" latitud Norte y a los 96°51'6.09"longitud Oeste, a una altura de 400 metros sobre el nivel del mar, en la región montañosa de la zona centro del estado (CEIEG, 2018).

En Misantla existe una crecimiento demográfico, tal que, en el año 1995 se presentaba un total de 59,794 habitantes mientras que en el año 2017, la suma total de población fue de 65,996 habitantes, de los cuales 32,280 son hombres y 33,716 son mujeres (CEIEG, 2018).

De acuerdo la población actual existe un parque vehicular conformado por diferentes tipos de transportes: automóviles 5,344; de los cuales 278 pertenecen al servicio público y 5,065 al servicio particular y 1oficial; 19 camiones de pasajeros, de los cuales 18 son públicos y 1 particular; 4,982 camiones y camionetas de carga, de los cuales 36 de servicio público y 4944 particulares y 2 oficiales; un total de motocicletas de 770.(SEFIPLAN, 2015).

Adicional, es pertinente contemplar a los vehículos que aún no cuentan con registro y a los registrados en otros municipios o estados pero que circulan en el municipio. Los principales accesos a la cabecera municipal

que se tomaron en cuenta para el desarrollo de este estudio son, por el lado Noroeste la carretera Misantla-Martínez de la Torre y por el lado Este la carretera Misantla-Xalapa.

2.2 Planteamiento del problema

Debido al congestionamiento vial, derivado del crecimiento productivo de la ciudad el cual genera un incremento en el parque vehicular, demoras, accidentes y riesgos para los automovilistas y peatones, se requieren vías descongestionadas y accesibles mediante la identificación de vías alternas que coadyuven al mejoramiento de la movilidad vehicular agilizando el tráfico y reduciendo riesgos.

El presente trabajo pretende realizar un análisis de utilizar rutas alternas, debido a que actualmente se utilizan principalmente dos vías de flujo vehicular para llegar al centro de la ciudad de Misantla y estas vías están congestionadas durante la mayor parte del día, ocasionando molestias entre los conductores y la población de la ciudad.

2.3.- Formulación de los objetivos.

El objetivo general es diseñar un modelo de simulación del flujo vehicular desde las principales entradas a la ciudad de Misantla, Veracruz, con dirección a la zona centro, para proponer vías alternas y reducir congestionamientos viales.

Se plantean objetivos específicos como: identificar los principales accesos a la ciudad de Misantla, elaborar un formato para recolectar información del flujo vehicular de entradas y salidas a la ciudad, realizar el aforo vehicular, analizar los resultados del aforo vehicular, realizar la medición de tiempos de recorrido en las rutas de acceso, identificar los puntos de interrupción del flujo vehicular, elaborar diagramas de flujo para la modelación en el software de simulación, diseñar el modelo actual de acuerdo a las distribuciones propias de los datos, correr el modelo, identificar las vías alternas y anexarlas al modelo y finalmente analizar el nuevo modelo de simulación.

2.4.- Recolección de la información del sistema.

La recolección de información para el presente estudio de simulación se inició al identificar el flujo de vehículos particulares y públicos, para el traslado de personas y carga, divididos en cuatro categorías: taxis, autos y camionetas particulares, autobuses y camionetas de pasajeros, vehículos de carga y motos. El aforo vehicular se llevó a cabo durante seis días, cuatro horas diarias corridas de las 15:00 a las 19:00 horas, en intervalos de 20 minutos en horarios con mayor flujo de vehículos. La recolección de datos se realizó en los dos principales accesos a la ciudad de Misantla. Las Figuras 2, 3,4 y 5 muestran el aforo vehicular en los principales accesos a la ciudad de Misantla, Veracruz, medidos en los horarios antes descritos, en donde se observa mayor flujo vehicular.

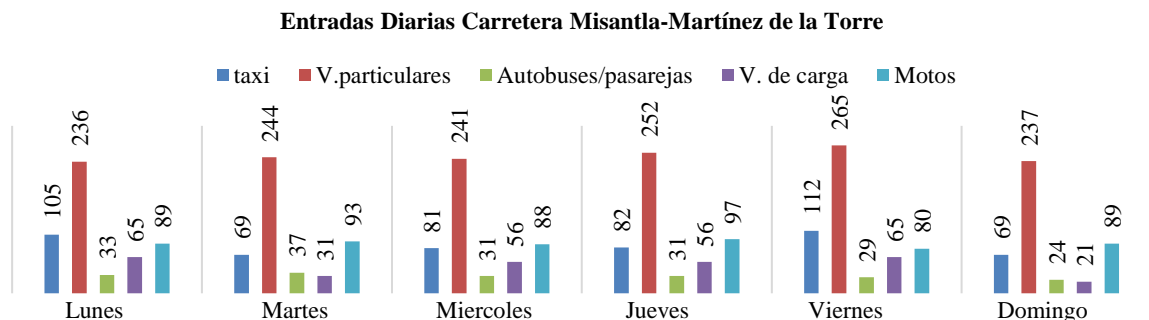


Figura 2: Aforo vehicular en la entrada Noreste carretera Misantla-Martínez de la Torre

Fuente: Elaboración propia.

Salidas Diarias Carretera Misantla-Martínez de la Torre

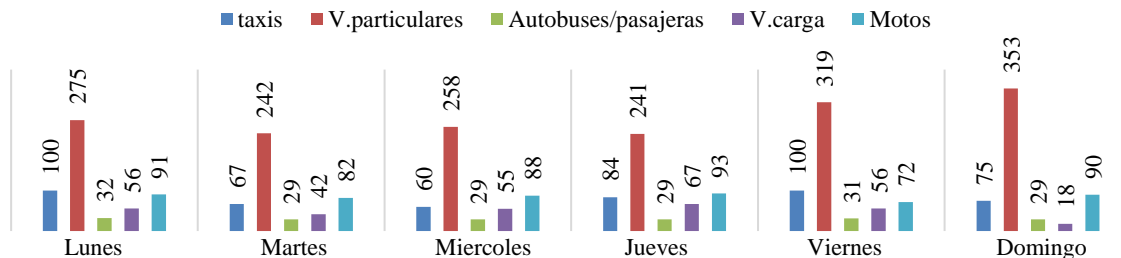


Figura 3: Aforo vehicular en la salida Noreste carretera Misantla-Martínez de la Torre

Fuente: Elaboración propia.

Entradas Diarias Carretera Misantla-Xalapa

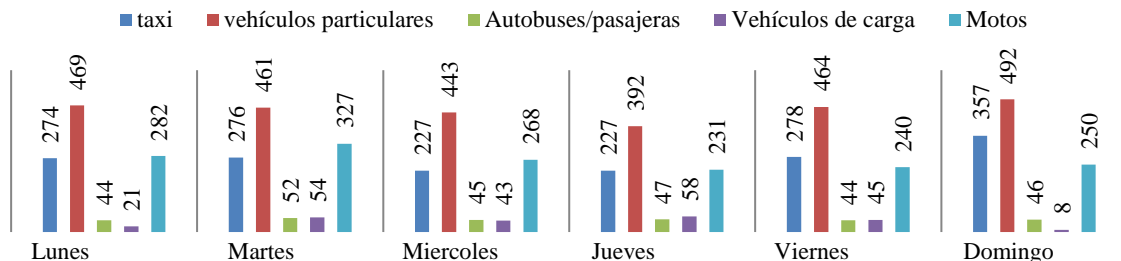


Figura 4: Aforo vehicular en la entrada Este carretera Misantla-Xalapa.

Fuente: Elaboración propia.

Salidas Diarias Carretera Misantla-Xalapa

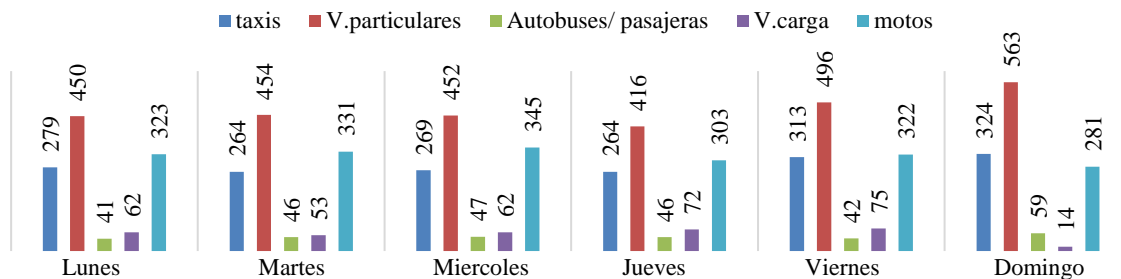


Figura 5: Aforo vehicular en la salida Este carretera Misantla-Xalapa.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la medición del tiempo de recorrido para las rutas de acceso considerando la ruta tradicional y las rutas alternas, en condiciones reales en los horarios de mayor flujo vehicular, para llegar a un punto en el centro de la ciudad. El punto estratégico designado en la Ciudad de Misantla fue en la intersección de la Avenida Ignacio Zaragoza y la Avenida José María Morelos y Pavón, determinado así derivado de un estudio previo realizado por la oficina de Transito del Estado, donde el 80% de los conductores se dirigían a este lugar.

Después de identificar el punto estratégico, se procedió a elegir las posibles vías alternas que van al destino identificado desde los dos principales accesos ya mencionados anteriormente, para ello, se propusieron las rutas menor transitadas o menos conocidas por los usuarios de los vehículos automotores, sin embargo, estas rutas que se identificaron permiten llegar al mismo destino, se disminuye tiempo de espera en los semáforos, y

presentan menores factores que ocasionen demoras de tiempo por algún contratiempo o emergencia. Por lo cual, se tienen para el acceso de la carretera Misantla-Martínez de la Torre:

Por la vía tradicional: Boulevard Ávila Camacho, por 5 de Mayo, Zaragoza hasta el Monumento Hermanos Martínez Gil, con una distancia de 2.0 Kilómetros, recorridos en un tiempo promedio de 9 minutos 38 segundos.

Por la vía alterna 1 del acceso Noreste: Calle Daniel Vázquez Muñoz, calle Benito Juárez, por Ferrer Guardia, por Pino Suárez, por Sebastián Lerdo de Tejada, con una distancia de 2.5 Kilómetros, en un tiempo de 8 minutos 3 segundos.

Por la vía alterna 2 del acceso Noreste Calle Gabriela Mistral, mano derecha por calle Miguel Hidalgo, por calle Carlos Salinas de Gortari, por calle Rafael Murillo Vidal, por calle Aquiles Serdán, por calle Zotuco, calle Álvaro Obregón llegando por la calle Cánovas, con una distancia de 3.4 Kilómetros en un tiempo de 9 minutos 18 segundos.

Por otra parte, para el acceso de la carretera Misantla-Xalapa se tiene que por la vía tradicional: Calle Rafael Murillo Vidal, por la Avenida Manuel Ávila Camacho, por 5 de Mayo, Zaragoza hasta el Monumento Hermanos Martínez Gil, con una distancia de 1.9 Kilómetros y un tiempo de 7 minutos 7 segundos.

Por la vía alterna 1 del acceso este: Calle Rafael Murillo Vidal, por calle Aquiles Serdán, por calle Teherán, por Calle Álvaro Obregón, por Ferrer Guardia, por 5 de Mayo, Zaragoza hasta el Monumento Hermanos Martínez Gil, con una distancia de 1.8 Kilómetros en un tiempo de recorrido de 5 minutos 3 segundos.

Por la vía alterna 2 del acceso este: Calle Teherán, por calle Zotuco, calle Álvaro Obregón llegando por la calle Cánovas., con una distancia de 2.3 Kilómetros en un tiempo de recorrido de 3 minutos con 40 segundos.

2.5 Elaboración del modelo de simulación actual.

Para modelar se utiliza el software Arena® y se define primero la estructura del mismo, teniendo en cuenta la secuencia de actividades, las distribuciones de probabilidad definidas y los recursos registrados (Giraldo García, Sarache Castro, & Castrillón Gómez, 2010), (Puerto Hernández, Forero Forero, Rivera Ayab, & Herrera Cuartas, 2015). Ver Figuras 8 y 9.

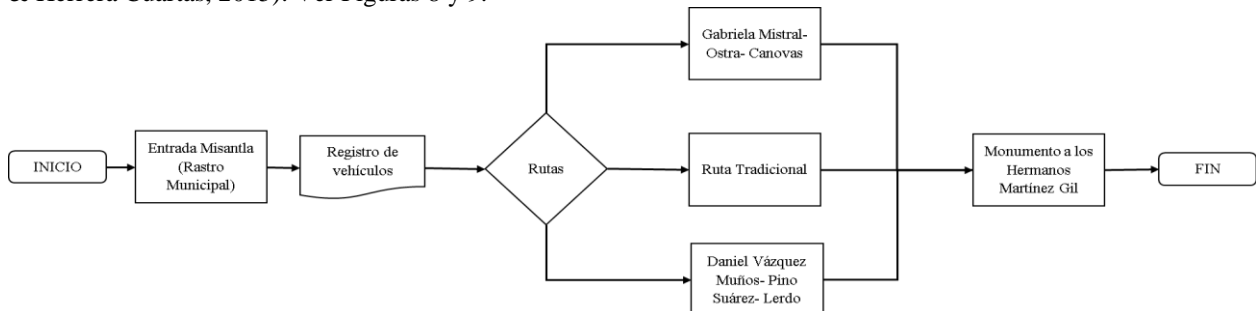


Figura 8: Diagrama de flujo del modelo de simulación entrada este carretera Misantla-Xalapa.

Fuente: Elaboración propia.

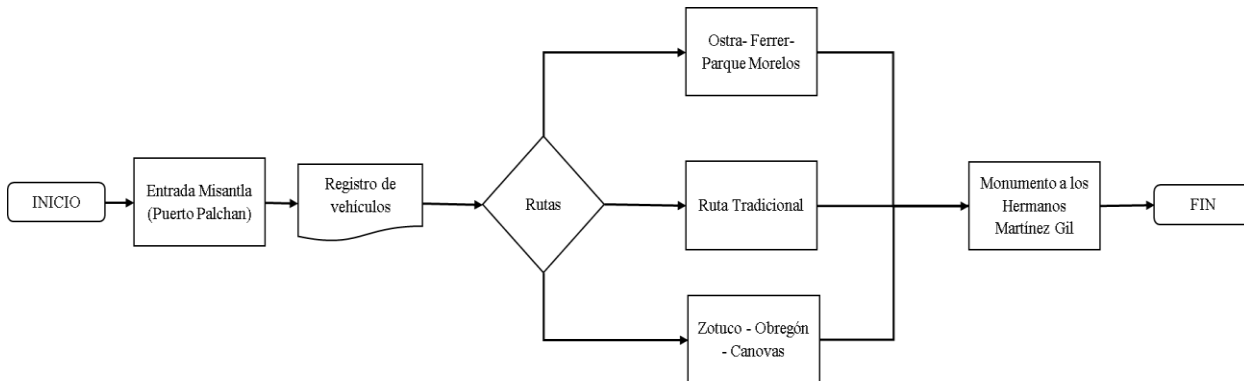


Figura 9: Diagrama de flujo modelo de simulación entrada Noreste carretera Misantla-Xalapa.
Fuente: Elaboración propia.

Se identificó la entrada de vehículos y el tipo de distribución presentada. Ver Tablas 1 y 2.

Distribuciones Probabilísticas del Modelo de Simulación.
(Entrada de Vehículos Misantla-Xalapa)

Tipo de Vehículos	Vía Tradicional	Alternativa 1	Alternativa 2
Taxis	TRIA(13.5, 18, 33.5)	GAMM(0.75, 3.28)	BETA(1.56, 2.02)
Vehículos particulares	NORM(30.6, 6.29)	NORM(12.2, 2.61)	BETA(3.17, 3.63)
Autobuses/Pasajeras	TRIA(0.5, 4.39, 10.5)		
Vehículos de carga	BETA(1.56, 1.74)	BETA(1.02, 1.73)	BETA(2, 3.5)
Motos	NORM(13.9, 2.82)	NORM(11.4, 2.51)	NORM(4.31, 1.1)

Tabla 1: Tabla de distribuciones arrojadas por el conjunto de datos del aforo vehicular en el acceso carretera Misantla-Martínez de la Torre.

Fuente: Elaboración propia.

Distribuciones Probabilísticas del Modelo de Simulación.
(Entrada de Vehículos Misantla -Martínez de la Torre)

Tipo de Vehículos	Vía Tradicional	Alternativa 1	Alternativa 2
Taxis	NORM(4.7, 1.75)	NORM(4.87, 1.41)	POIS(0.0185)
Vehículos particulares	NORM(13.9, 3.17)	NORM(11.8, 2.8)	NORM(1.61, 0.524)
Autobuses/Pasajeras	ERLA(1.13, 3)		
Vehículos de carga	TRIA(-0.5, 2, 10.5)	GAMM(0.852, 2.48)	WEIB(0.886, 1.9)
Motos	WEIB(5.5, 2.14)	WEIB(2.82, 1.94)	BETA(1.56, 1.4)

Tabla 2: Tabla de distribuciones arrojadas por el conjunto de datos del aforo vehicular en el acceso carretera Misantla-Xalapa.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificadas las distribuciones se construyó el modelo en el software Arena® como se muestra en las Figuras 10 y 11.

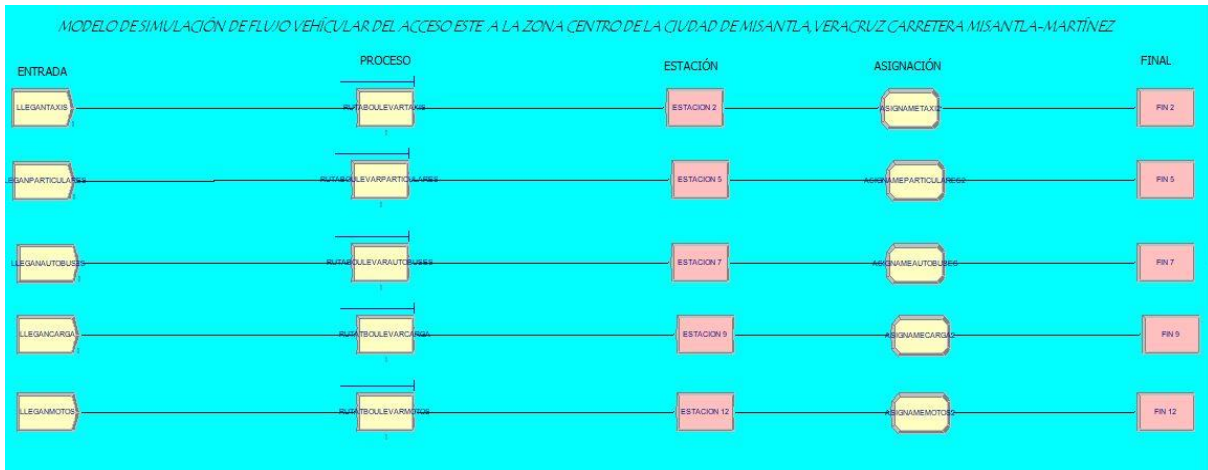


Figura 10: Modelo de Simulación en Arena® del escenario actual para el acceso carretero Misantla-Martínez de la Torre.

Fuente: Elaboración propia.

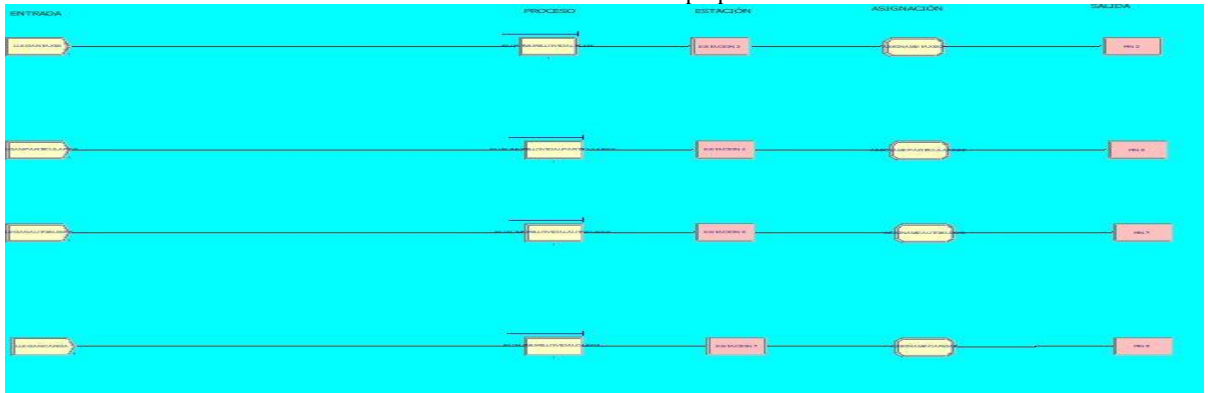


Figura 11: Modelo de Simulación en Arena® del escenario actual para el acceso carretero Misantla-Xalapa.

Fuente: Elaboración propia.

2.6 Análisis de resultados de la simulación actual.

Mediante la corrida del modelo de simulación del escenario actual se demuestra que existe un alto flujo vehicular y concentraciones importantes de vehículos, generados por las interrupciones del tráfico en algunos puntos del recorrido.

2.7 Diseño de propuesta de mejora.

Basado en los resultados obtenidos, se analizaron las vías alternas propuestas y su mejora en el flujo vehicular.

Se considera que mediante el uso de vías alternas el flujo vehicular pueda ser segmentado y volverse más fluido. A continuación se muestra a estructura del modelo con la propuesta de mejora, es decir con la consideración de las vías alternas.

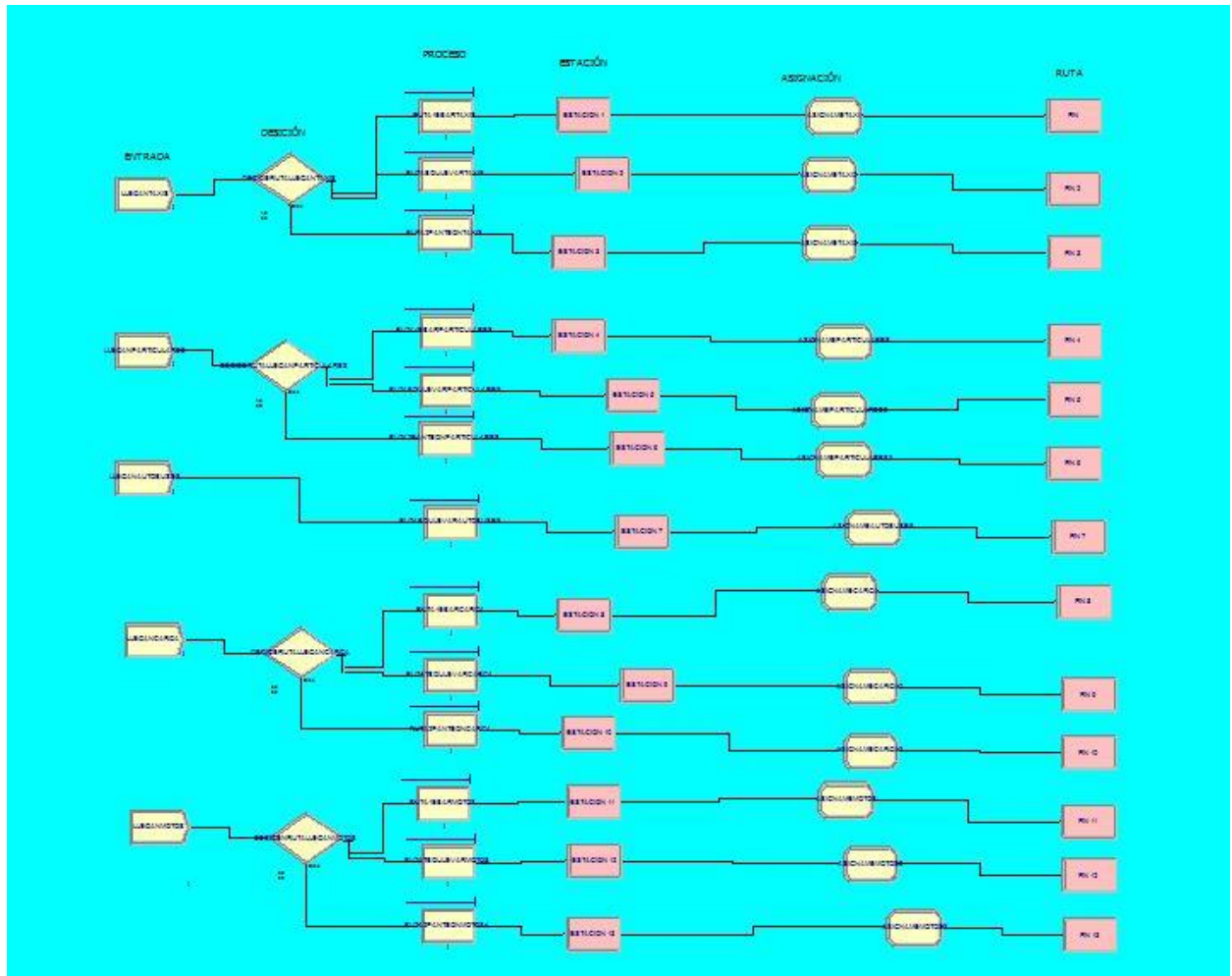


Figura 12: Modelo de Simulación en Arena® del escenario propuesto para el acceso carretera Misantla-Martínez de la Torre.

Fuente: Elaboración propia.

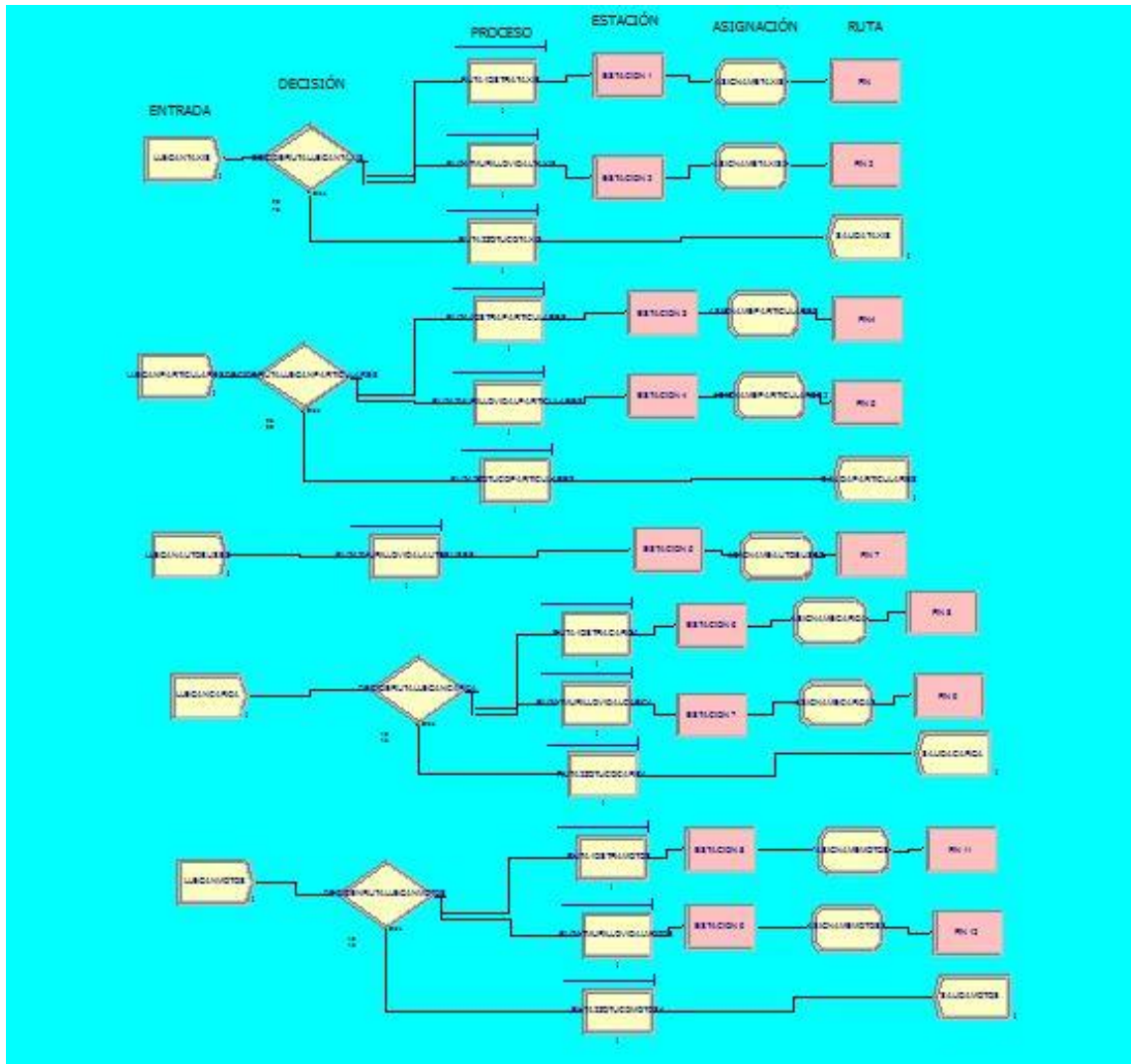


Figura 13: Modelo de Simulación en Arena® del escenario propuesto para el acceso carretera Misantla-Xalapa
Fuente: Elaboración propia.

2.8 Simulación de la propuesta de mejora.

Se realiza la simulación del modelo con la propuesta de vías alternas, que pudieran ser adecuadas para el mejoramiento del congestionamiento vial que se produce debido a que comúnmente los vehículos circulan en su mayoría por la vía tradicional ocasionando una carga vehicular en los diferentes puntos del recorrido donde se ve interrumpido el flujo ya sea por la existencia de semáforos o por la misma cola que se genera al circular.

2.9 Análisis de resultados de la propuesta de mejora.

En la corrida de simulación se detectó una considerable mejoría en el flujo vehicular debido a la segmentación de vehículos y al uso de vías alternas para desplazarse hacia el centro de la ciudad. Ver Tabla 3.

Entrada Vía Misantla-Martínez de la Torre.			Entrada Vía Misantla-Xalapa.		
Horario	Ruta Tradicional	Rastro-Centro de Salud-Parque-Parisina	Horario	Ruta Tradicional	Ostra-Centro de Salud-Parisina
6:40-7:00 p.m.	Semaforo Rastro Rojo	1 Minuto	4:00-4:20 p.m.	Semaforo Centro de Salud	56 Segundos
	Semaforo Rastro Verde	50 Segundos		Semaforo Casa de la Cultura Rojo	56 Segundos
	Semaforo Centro de Salud	54 Segundos		Semaforo Parque	38 Segundos
	Semaforo Casa de la Cultura	2:06 Minutos	Total	7 Minutos	
	Semaforo Parque	38 Segundos			
	Total	9:38 Minutos			
6:20-6:40 p.m.	Ruta Alterna 1		Ruta Alterna 1		Ostra-Parque
	Semaforo Rastro(1er. resultado)	4:55 Minutos	Semaforo Parque	38 Segundos	
	Semaforo Rastro(2do. resultado)	8 Minutos	Total	5 Minutos	
5:40-6:00 p.m.	Ruta Alterna 2		Ruta Alterna 2		Zotuco
	Total	9:18 Minutos	Total	3:40 Minutos	

Tabla 3: Resultados de la simulación.**Fuente:** Elaboración propia.

2.10 Informe de resultados de la propuesta de mejora.

Los resultados obtenidos se detallarán en el apartado tres.

3. Resultados

El modelo planteado simuló el comportamiento del flujo vial que se presentan en la Ciudad de Misantla Veracruz. Los resultados del modelo de simulación ofrecen alternativas viales para los automovilistas, y así definir la ruta más conveniente para trasladarse y a su vez beneficios para peatones que circularán con menor riesgo en el centro de la ciudad.

La simulación indicó que la ruta alterna 1, denominada como EBAR, es la mejor vía cuando se entra a la ciudad a través de la carretera Misantla-Martínez de la Torre, debido a que su tiempo de recorrido es menor comparado con la vía tradicional. Además al simularse los recorridos de la entrada a la ciudad vía Misantla-Xalapa, el menor tiempo de recorrido se presentó en la alternativa 2.

De acuerdo a la corrida del modelo de simulación de mejora, se corroboró que la difusión y utilización de vías alternas es necesaria para la disminución del congestionamiento vial en la vía tradicional de acceso a la zona centro de la Ciudad de Misantla, Veracruz.

4. Conclusiones

El objetivo general de éste artículo se cumplió al diseñar un modelo de simulación del flujo vehicular desde las principales entradas a la ciudad de Misantla, Veracruz, con dirección a la zona centro, para proponer vías alternas y reducir congestionamientos viales.

Los objetivos específicos se cumplieron al identificar los principales accesos a la ciudad de Misantla, además de elaborar un formato para recolectar información del flujo vehicular de entradas y salidas a la ciudad, analizar los resultados del aforo vehicular, realizar la medición de tiempos de recorrido en las rutas de acceso, identificar los puntos de interrupción del flujo vehicular, así también elaborar diagramas de flujo para la modelación en el software de simulación, diseñar el modelo actual de acuerdo a las distribuciones propias de los datos, correr el modelo, identificar las vías alternas y anexarlas al modelo y finalmente analizar el nuevo modelo de simulación.

El realizar esta investigación permite la identificación y la propuesta de vías alternas para disminuir el congestionamiento vial y reducir el tiempo de recorrido para llegar al centro de la ciudad. Además este trabajo propone como siguiente etapa el rediseño en las rutas de transporte público, rutas de autobuses foráneos y regulación del tránsito de vehículos de carga, restringiendo el acceso a las rutas tradicionales en determinados horarios, además analizar la variable velocidad con la que el vehículo recorre las vías. Este es un factor importante en el estudio del comportamiento de las colas vehiculares.

5. Referencias

- Albrecht, F., Kleine, O., & Abele, E. (2014). Planning and optimization of changeable production systems by applying an integrated system dynamic and discrete event simulation approach. *Elsevier*, 386-391.
- Atoche, W., & Rojas, J. (2013). Transito en una carretera usando simulación. *Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity*.
- Cao Abad, R. (2002). *Introducción a la Simulación y a la Teoría de de Colas*. Coruña: Netbiblo.
- CEIEG. (03 de Octubre de 2018). *CEIEG 2018*. Obtenido de <http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2016/05/Misantla.pdf>
- Céspedes Álvarez, D. A., & De Oliveira Silva, F. (2015). Accesibilidad al transporte público: Condiciones de acceso: El automovil. *Revista Nacional de Gerenciamiento de Ciudades*, 1-16.
- García Dunna, E., García Reyes, H., Cárdenas Barrón, L., & Mancilla Espinosa, L. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. México: Pearson.
- Giraldo García, J. A., Sarache Castro, W. A., & Castrillón Gómez, O. D. (2010). Metodología Integral soportada en simulación para el mejoramiento de sistemas de producción Job Shop. Aplicaciones en pymes metalmeccanicas. *Ingeniería e Investigación*, 97-106.
- Obregón Biosca, S. A., & Betanzo Quezada, E. (2015). Análisis de la movilidad urbana de una ciudad media mexicana, caso de estudio: Santiago de Querétaro. *Economía, Sociedad y Territorio*, 61-98.
- Puerto Hernández, S., Forero Forero, S., Rivera Ayab, E., & Herrera Cuartas, J. (2015). Modelo y simulación de una intersección vial usando el software Arena. *Revista MUTIS*, 66-73.
- Quintero González, J. R. (2017). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. *Ambiente y Desarrollo*, 57-72.

6. Notas Biográficas

- La **Ing. Magaly López Lagunes**, es estudiante del programa de postgrado de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, México. Mail: magukeyla@hotmail.com
- El **Ing. César Alberto Hernández Sánchez**, es estudiante del programa de postgrado de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, México. Mail: albertohdz2306@gmail.com
- El **Dr. David Reyes González**, es docente del programa de postgrado del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. Mail: dreyesg@itsm.edu.mx
- El **Dr. Saúl Santiago Cruz**, docente del programa de postgrado del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz. Mail: ssantiagoc@itsm.edu.mx
- El **MII. José Aparicio Urbano** es egresado del programa de postgrado de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, México. Mail: joseapariciourbano@gmail.com

Propuesta de un sistema de eficiencia energética en el alumbrado público del Municipio de Misantla Veracruz

Rodolfo Alberto Román Montano M.G.C.¹, C. Oscar Ruiz Acosta², Dr. Iván Valencia Salazar³, MC Jorge Arturo Mendoza Sosa⁴, Dr. Felipe Rodríguez Valdés⁵

¹ Rodolfo Alberto Román Montano, Maestro en Gestión de la Calidad, es catedrático de Ingeniería Industrial y de la Maestría en Eficiencia Energética y Energías Renovables del Instituto Tecnológico de Veracruz. ra_roman@hotmail.com

² C. Oscar Ruiz Acosta es egresado de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Veracruz. oscarr.acosta28@gmail.com

³ El Doctor en Ingeniería Industrial y Producción. Iván Valencia Salazar es Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y catedrático de la Maestría en Eficiencia Energética y Energías Renovables del Instituto Tecnológico de Veracruz. ivvasa@itver.edu.mx

⁴ El Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica Jorge Arturo Mendoza Sosa es catedrático de Ingeniería Mecatrónica y de la Maestría en Eficiencia Energética y Energías Renovables del Instituto Tecnológico de Veracruz. Jams2415@hotmail.es

⁵ El Doctor en Electrónica. Felipe Rodríguez Valdés es catedrático de Ingeniería Eléctrica y de la Maestría en Eficiencia Energética y Energías Renovables del Instituto Tecnológico de Veracruz. ferova55@yahoo.commx

Resumen— El propósito de esta investigación es analizar la situación actual del alumbrado público del municipio de Misantla Veracruz y en base a los resultados obtenidos, proponer alternativas de eficiencia y el ahorro energético al sistema de alumbrado público del municipio. Las preguntas de investigación son: ¿El sistema de alumbrado público del municipio de Misantla Veracruz cumple con la norma NOM-031-ENER-2012?, y ¿El sistema de alumbrado público cuentan con las condiciones adecuadas para una iluminación eficiente y el ahorro energético? Estas son las preguntas a las cuales se pretende dar respuesta con la presente investigación. Los materiales eléctricos en los sistemas de alumbrado público, por lo general no consideran las características necesarias para cumplir con una buena iluminación y reducir el consumo energético, y por ende contribuir a la disminución de la contaminación provocada por la emisión de CO₂ en la generación de energía eléctrica. Por lo general al instalar un sistema de alumbrado público, lo más importante a considerar es el ahorro económico. Los resultados de la investigación determinarán si el sistema de alumbrado público de Misantla Veracruz cumple con el Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal, y en base a ello, se propondrán las adecuaciones necesarias para su cumplimiento.

Palabras clave— Eficiencia energética, ahorro energético, alumbrado público, normativa.

Abstract— The purpose of this research is to analyze the current situation of street lighting in the municipality of Misantla Veracruz and based on the results obtained, propose efficiency alternatives and energy savings to the public lighting system of the municipality. The research questions are: Does the public lighting system of the municipality of Misantla Veracruz comply with the NOM-031-ENER-2012 standard ?, and ¿The public lighting system have the right conditions for efficient lighting and energy saving ? These are the questions to which we intend to respond with the present investigation. The electrical materials in public lighting systems do not usually consider the necessary characteristics to comply with good lighting and reduce energy consumption, and therefore contribute to the reduction of pollution caused by the emission of CO₂ in the generation of electricity. electric power. Usually when installing a public lighting system, the most important thing to consider is the economic savings. The results of the investigation will determine if the public lighting system of Misantla Veracruz complies with the National Project of Energy Efficiency in Municipal Public Lighting, and based on this, the necessary adaptations for its fulfillment will be proposed

Keyword (s)— Energy efficiency, energy saving, public lighting, regulations.

1. Introducción

La urbanización se ha convertido hoy en día en una tendencia global que nos afecta a la mayoría de los ciudadanos del mundo. El 50% de la población mundial vive actualmente en ciudades y las estadísticas pronostican que de aquí al 2050 los centros urbanos tendrán que acoger a tres mil millones de personas adicionales. Esto quiere decir que el 70% de la población mundial deberá vivir en ciudades. (La Nueva Agenda Urbana, 2017)

El alumbrado público es un servicio clave prestado por los municipios. Una buena iluminación garantiza la visibilidad en la oscuridad a peatones, automovilistas y ciclistas, reduciendo accidentes. También incide en la prevención de diversos delitos, aumentando el sentido de seguridad personal, así como de las propiedades públicas y privadas adyacentes. El servicio de alumbrado público es uno de los que mayor demanda la población en virtud del crecimiento urbano y su relación directa con la imagen urbana y la seguridad pública. (CONUEE, 2016)

Sin embargo, muchas instalaciones de alumbrado público son anticuadas y altamente ineficientes. Esto conduce a una mayor necesidad de energía y de mantenimiento, lo que se refleja en costos que tiene que pagar el ayuntamiento, mayores necesidades de infraestructura eléctrica e impactos ambientales que resultan de la generación de electricidad. A su vez, el cambio tecnológico en el campo de la iluminación permite hoy tener niveles aceptables y con calidad de luz en exteriores, con consumos de energía hasta 80% menores a los que se tienen en muchas instalaciones. (CONUEE, 2016)

El deficiente manejo del alumbrado tiene consecuencias negativas, una de las principales es la afectación al medio ambiente debido al manejo, producción y consumo de combustibles fósiles los cuales generan mayores emisiones de dióxido de carbono (CO₂), el principal gas generador del efecto invernadero implicado en el cambio climático y el calentamiento global, otra de las consecuencias es la afectación económica ya que una excesiva e incorrecta iluminación supone un enorme gasto innecesario en electricidad lo que conlleva a una derrama económica innecesaria lo cual es aún más criticable en tiempos de crisis y en países en vías de desarrollo, así como el mal manejo de la energía trae consecuencias, la falta de ella también trae repercusiones ya que se ha demostrado que las zonas con poca o nula iluminación son más propensas a que actos delictivos sean cometidos.

De acuerdo con cifras de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en 2015 el consumo de energía eléctrica en alumbrado público representó 5,293 GWh, lo que equivale al 2.5% del consumo de energía eléctrica nacional. El precio actual que pagan los ayuntamientos se ubica en el rango de 2.8 a 3.4 pesos por kWh, que es de los más altos para todos los servicios de la CFE, el costo de proveer el servicio de alumbrado público representa una fracción importante de su gasto corriente. De acuerdo con el reporte de tendencias en municipios analizados por una agencia calificadora de valores en México, el servicio de alumbrado público, incluyendo el mantenimiento, representa el 5% y 10% del gasto corriente de un ayuntamiento, siendo el gasto corriente el 80.4% de los ingresos disponibles. Bajo esta perspectiva, el gasto por el servicio de alumbrado público, incluyendo el mantenimiento, figura como una importante área de oportunidad para las finanzas municipales, así como el beneficio medioambiental que esto representa. (SENER, 2016)

Por lo anteriormente descrito, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿El sistema de alumbrado público actual del Municipio de Misantla Veracruz, cuenta con las condiciones adecuadas para ofrecer un servicio de iluminación eficiente y reducir el consumo de energía eléctrica?

El objetivo general de la investigación es: Analizar si el sistema de alumbrado público actual del municipio de Misantla Veracruz funciona eficientemente de manera tal que contribuya a la reducción en el consumo de energía eléctrica, al mejoramiento de la imagen urbana y seguridad de los habitantes y a la disminución de gases de efecto invernadero.

2. Desarrollo

Método

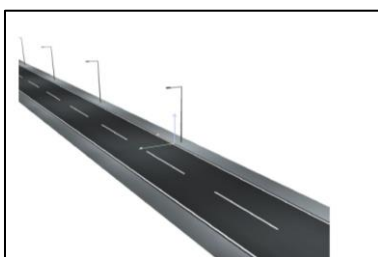
El Tipo de Investigación se define “Mixta”, ya que en ella participan la investigación aplicada al utilizar los conocimientos adquiridos y la investigación documental al indagar, recolectar, organizar, analizar e interpretar la información escrita en torno al tema objeto de estudio.

Por otra parte, en cuanto a la tendencia y la forma en que son abordadas las variables de estudio la investigación es cuantitativa, ya que describe y analiza las variables, dando un aporte científico al objeto bajo estudio; el cual es tangible, observable y medible. En cuanto al grado de profundidad con que se aborda el objeto de estudio, el alcance de la investigación es descriptiva, ya que se miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes para ver cómo se manifiestan las variables del objeto de estudio. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

El diseño de investigación que se utilizó para dar respuesta a la pregunta de investigación, cumplir con los objetivos del estudio es “No Experimental”, ya que se realizó sin manipular deliberadamente las variables

y se basó fundamentalmente en la observación de fenómenos tal como se presentaron en su contexto natural. El tipo específico de Diseño No Experimental utilizado fue “Transversal”, ya que se recolectaron datos sobre cada una de las categorías, conceptos, variables, contextos y se reportaron los datos obtenidos.

Situación Actual: El sistema de alumbrado público del municipio de Misantla Veracruz, cuenta con las siguientes características:



- Espacio entre postes es de 35 m.
- La altura de las luminarias es de 8 m.
- 2,598 lámparas son de vapor de sodio de 150 Watts.

Figura 1. Tarifa de alumbrado Público de Baja Tensión (DIALux)

Según Rodríguez (2007), entre los criterios de calidad para evaluar la eficiencia del alumbrado público se encuentra la luminancia media, el cual se refiere a la luminancia media de la superficie de la calle y sus alrededores, determina el estado de adaptación de los ojos de los usuarios, por tal situación la luminancia media se considera relevante en la capacidad de ver de los usuarios, su confort visual y por ende en la seguridad vial. (Rodríguez, 2007)

Otro criterio por considerar es el factor de borde el cual se define como el cociente entre la iluminancia media en hileras, 5 m de ancho junto a los bordes de la calzada y la iluminancia media en hileras 5 m de ancho en la calzada. El objetivo de iluminar los alrededores directos de la carretera es hacer visibles los objetos grandes cercanos a los alrededores. (Aguilar Vargas, 2014)

El deslumbramiento es causado por la presencia de fuentes luminosas en el campo de visión del observador y este puede ser molesto e incómodo por tanto es otro criterio por considerar. El deslumbramiento perturbador es otro criterio causado por fuentes de luz directa en los ojos, que se superpone en la imagen en la retina provocando una reducción en el contraste de la imagen reduciendo la capacidad de ver contrastes bajos u objetos pequeños.

La orientación vial es otro criterio importante para la seguridad del tráfico. Una buena orientación vial se logra cuando la fila de luminarias proporciona una indicación del curso de la carretera clara y fidedigna. Desde esta perspectiva, la luminaria es el conjunto óptico cuyo objetivo principal es el de distribuir el flujo lumínico generado por la lámpara para conseguir una distribución de iluminación adecuada a las necesidades de los usuarios y controlar o reducir posibles molestias. (Aguilar Vargas, 2014)

3. Resultados

La tarifa del alumbrado público de baja tensión de CFE, para el Municipio de Misantla del mes de noviembre del presente año se presenta en la siguiente figura:

CFE
Comisión Federal de Electricidad

NUESTRA EMPRESA | CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN | INVERSIONISTAS | TRANSPARENCIA | CONCURSOS
Clientes | Tarifas | Ahorro de energía | Conoce tu recibo | Productos y servicios

CFE > Negocio > Conoce tu tarifa > Consulta tu tarifa

Tarifa APBT (Diciembre 2017 - 2018)

Consultar tarifas de: 2018

Alumbrado público en baja tensión

1.- Aplicación
Esta tarifa sólo se aplicará al suministro de energía eléctrica en baja tensión, para el servicio a semáforos, alumbrado y alumbrado ornamental por temporadas, de calles, plazas, parques y jardines públicos en todo el país.

2.- Horario
Del anochecer al amanecer del día siguiente, excepto el servicio a semáforos; o el que se establezca en los convenios que en cada caso suscriban las partes contratantes.

3.- Cuotas aplicables en el mes de: NOVIEMBRE de 2018.

3.1 Identifica tu región tarifaria

VERACRUZ
MISANTLA
ORIENTE

Oriente

Tarifa	Descripción	Cargo	Unidades	NOV-18
APBT	Alumbrado público en baja tensión	Fijo	\$/mes	46.61
		Variable (Energía)	\$/kWh	4.516

Figura 2.- Tarifa de Alumbrado Público de Baja Tensión por Municipio. (CFE, 2018)

El consumo de energía por tipo de luminario se presenta en la siguiente tabla:

Cantidad de Luminarias	Tipo de Luminaria	Carga (kW)	Horas al año	Tarifa (kWh-CFE)	Costo del Consumo	Emisiones kgs de CO2
1	Vapor de Sodio	0.15	4,380	\$4.516	\$2,967.01	382
1	LED	0.054	4,380	\$4.516	\$1,068.12	137

Tabla 1.- Análisis Unitario del Consumo de Energía por Tipo de Luminario. (Fuente Propia)

De acuerdo con la tabla anterior, al sustituir una lámpara de vapor de sodio por led, el ahorro en el consumo anual por luminaria es de \$1,898.89 y la reducción en emisiones de CO2 son de 245 Kg/anales.

En el sistema de alumbrado de Misantla hay un total de 2,598 lámparas de vapor de sodio que al sustituirse por lámparas led generarían los resultados representados en la tabla 2 siguiente:

Cantidad de Luminarias	Tipo de Luminaria	Carga (kW)	Horas al año	Tarifa (kWh-CFE)	Costo del Consumo	Emisiones kgs de CO2
2,958	Vapor de Sodio	0.15	4,380	\$4.516	\$8,776,421.00	1,131,062.00
2,958	LED	0.054	4,380	\$4.516	\$3,159,512.00	407,182.00

Tabla 2.- Análisis del Consumo de Energía de 2,958 Luminarios de Vapor de Sodio y Led. (Fuente Propia)

Puede observarse un ahorro anual considerable al sustituir las lámparas de vapor de sodio por led, además de la significativa reducción de misiones de CO2, los cuales se destacan a continuación:

Ahorro del consumo anual total: \$5,616,909.00

Emisiones de CO2 evitadas: 723,880 kg/anuales

4. Conclusiones

El análisis es contundente, es preciso cambiar las luminarias de vapor sodio por tecnología Led, por los tanto se presenta la siguiente propuesta de luminaria led:

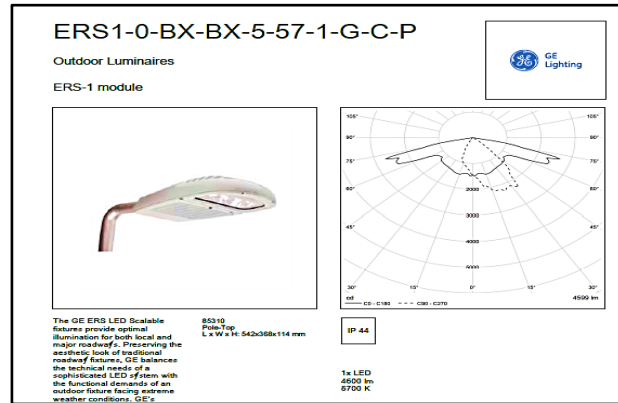


Figura 3.-Luminaria Led GE de 54 Watts (Tungsram, 2018).

El nivel de iluminancia a nivel de calle de acuerdo a la norma NOM-013-ENER-2013 se cumple con esta propuesta, la cual se comprobó mediante una simulación con el programa DIALux, la cual se presenta en la figura 4 siguiente:

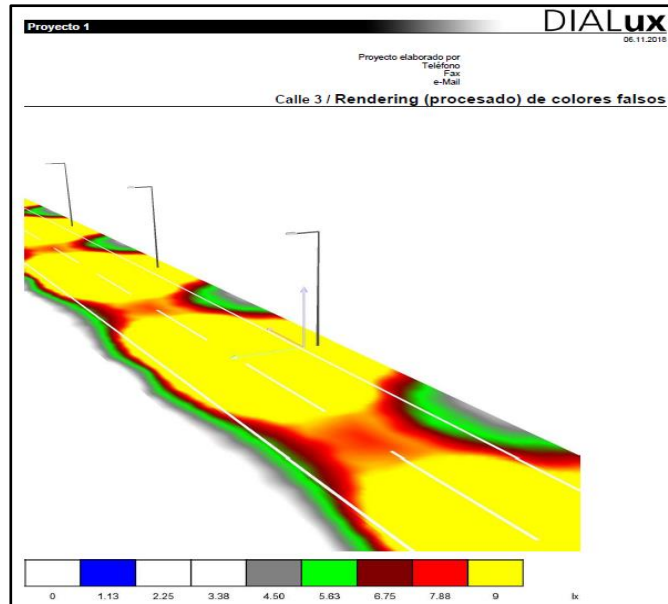


Figura 4.- Nivel de Iluminancia según Norma.
 (Valencia Salazar & Román Montano, 2018)

La mejor opción para el ahorro energético y la reducción de emisiones contaminantes es sustituir las luminarias de vapor de sodio por luminarias de tecnología led, que además de las ventajas anteriormente

descritas se pueden considerar adicionalmente el mejoramiento de la imagen urbana debido a una mejor iluminación y por ende a una mayor seguridad para los habitantes.

5. Referencias

- Aguilar Vargas, U. (2014). *Proyecto de Alumbrado Público Sustentable para la Zona Centro de la Ciudad de Toluca. Estado de México*. Toluca de Lerdo: Universidad Autónoma del Estado de México.
- CFE. (2018). *Tarifa APBT (Diciembre 2017-2018)*. Misantla Ver.: Comisión Federal de Electricidad
- CONUEE. (2016). *Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal: Balance 2010-2016*. México: Secretaría de Energía
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Aguilar Vargas, U. (2014). *Proyecto de Alumbrado Público Sustentable para la Zona Centro de la*
- La Nueva Agenda Urbana. (24 de Agosto de 2017). *gob.mx*. Obtenido de Nueva Metodología para la Elaboración y Actualización de Programas Municipales de Desarrollo Urbano:
<https://www.gob.mx/nuevaagendaurbana/articulos/nueva-metodologia-para-la-elaboracion-y-actualizacion-de-pmdu>
- Rodríguez, A. (2007). *Alumbrado Público Exterior*. Colombia: Libertad y Orden.
- SENER. (2016). *Prospectiva de Energías Renovables 2016 - 2030*. México: Secretaría de Energía.
- Tungram. (Noviembre de 2018). *Tungram E-Catalogue/Luminaires & Systems / Outdoor Luminaries*. Obtenido de <https://catalog.tungram.com/luminaire/outdoor-luminaires/road-street/ers/f=ers-1-module/p=ers1-0-ax-bx-5-57-1-g-c-p/d=1/>
- Valencia Salazar, I., & Román Montano, R. A. (2018). DIALux. Veracruz: DIAL.

Proyección de costos de producción del dulce artesanal “jamoncillo” a través de regresión lineal múltiple

¹Lic. Martín Claudio García Moreno, ²Ing. Manuel Leonardo Luna Olarte, ³Administradora del Hospital General de Perote, Veracruz María Alejandra Fernández Carreón, ⁴Dr. Saúl, Santiago Cruz.

¹García Moreno Martín Claudio, Licenciado en Administración de Empresas, es profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Perote, Veracruz, maclagamo@gmail.com

²Manuel Leonardo Luna Olarte, Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones, es profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Perote, Veracruz, makitomoon@hotmail.com

³María Alejandra Fernández Carreón, es administradora del Hospital General de Perote, Veracruz, alejandrafcarreon@hotmail.com

⁴Saúl Santiago Cruz, Doctor en Medio Ambiente, es profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, ssantiagoc@itsm.edu.mx

Resumen- El presente trabajo trata sobre el cálculo de las proyecciones que se dan en el costo de producción en la elaboración de diferentes cantidades de jamoncillo de sabor pepita, cacahuete y coco a través del uso de las herramientas de la Ingeniería Industrial como son el diseño de experimentos y la regresión lineal múltiple, tomando como variable dependiente al costo y como variables independientes los tres tipos de sabores de jamoncillo. Se tomó una muestra de 19 meses de producción en donde los datos fueron analizados en diferentes softwares, como son Excel, Minitab y el IBM SPSS statistics para poder calcular dicha regresión.

Se detectó el nivel de significancia de las variables independientes y se descartaron las que sobrepasan el valor de 0.05; por lo que se procedió a calcular nuevamente la regresión con las variables independientes restantes que tuvieron significancia sobre el costo de producción, realizando al mismo tiempo, las pruebas de Colinealidad y Heteroscedasticidad. Por último se realiza una prueba de Durbin Watson, para verificar si existe una tendencia entre los residuos.

Palabra(s) clave- Regresión lineal múltiple, significancia, variables dependientes e independientes.

Abstract- the present work is about the forecast of production costs by producing different quantities of pepita jamoncillo, peanut jamoncillo and coconut jamoncillo; so we proceed to use the design of experiments tool called multiple linear regression, taking cost as a depend variable and the three types of jamoncillo as independent variables. A sample of 19 months of production is taken and this data is analyzed in different software's such as Excel, Minitab and IBM SPSS statistics to get this regression. The level of significance of independent variables is detected and those that surpass the 0.05 value are discarded. So we proceed to calculate the regression again with the remaining independent variables that have significance over production cost, performing at the same time the test of collinearity and heteroscedasticity. At last a Durbin Watson test is performed to verify if there is a tendency among the waste.

Keywords- Multiple linear regression, significance, dependent and independent variables.

1. Introducción

El presente trabajo utiliza a la regresión lineal múltiple por ser una herramienta que sirve para entender la relación que existe entre una variable dependiente y las variables independientes (Ronald E. Walpole, 2005), es decir, cuáles son las causas que afectan a la variable dependiente. se analizó una muestra estadística de producción del dulce artesanal llamado jamoncillo elaborado en un negocio de la Ciudad de Perote, Ver., en el cual se realizó un análisis de regresión lineal múltiple para visualizar las proyecciones del costo de producción que es ocasionado por la cantidad de Jamoncillos que son producidos por mes. Las Pruebas de significancia de las variables independientes son realizadas con el fin de saber cuáles son las que influyen en el costo de producción (Gujarati, 2006), así como, el cálculo del R ajustado, cálculo de la ecuación de regresión, pruebas de colinealidad, Heteroscedasticidad y pruebas de Durbin Watson.

2. Desarrollo

Método

El estudio en cuestión fue realizado en la Ciudad de Perote en el Estado de Veracruz, los datos de la producción fueron proporcionados por la señora Felisa Contreras Bandala, dueña del establecimiento.

La muestra que se utilizó, es un estadístico de la producción de 19 meses. Esta muestra se analizó con una técnica de diseño de experimentos llamada Regresión Lineal Múltiple en donde los datos son ingresados en tres diferentes programas de computadora que facilitan la obtención de información más detallada y profunda de los resultados que se desean obtener.

Los datos que se analizaron se muestran en la siguiente tabla 1:

Y	X1	X2	X3
Costo	Jamoncillo		
	Pepita	Cacahuate	Coco
\$44,439	515	541	928
\$43,936	929	692	711
\$44,464	800	710	824
\$41,533	979	675	758
\$46,343	1,165	1,147	635
\$44,922	651	939	901
\$43,203	847	755	580
\$43,000	942	908	589
\$40,967	630	738	682
\$48,582	1,113	1,175	1,050
\$45,003	1,086	1,075	984
\$44,303	843	640	828
\$42,070	500	752	708
\$44,353	813	989	804
\$45,968	1,190	823	904
\$47,781	1,200	1,108	1,120
\$43,202	731	590	1,065
\$44,074	1,089	607	1,132
\$44,610	786	513	839

Tabla 4. Muestra de las variables.

En esta tabla 1, se muestran tres columnas que indican la producción mensual de 3 productos de jamoncillo que son fabricados con diferentes sabores, como son: Pepita, Cacahuate y Coco; Así mismo, se señala el costo mensual de fabricación de la suma de los 3 productos. (Pulido H. G., 2012)

La resolución de este problema se realiza por diferentes etapas, la primera de ellas es la identificación de la variable dependiente y las variables independientes. (Rojo, 2007) En este caso la variable dependiente es el COSTO y las variables independientes son PEPITA, CACAHUATE y COCO. Una vez definido las variables, se procede a la realización de un modelo teórico de la ecuación de regresión lineal múltiple, como se muestra a continuación. (José Carlos Vega Vilra, 2011)

$$\text{Costo} = \beta_0 + \beta_1 \text{Pepita} + \beta_2 \text{Cacahuate} + \beta_3 \text{Coco} + e_i \quad \text{Ec. (1)}$$

El siguiente paso es la inserción de datos en el programa de Minitab 18, colocándolos en sus columnas correspondientes. Una vez hecho esto, se escoge la opción de regresión lineal múltiple, definiendo la variable dependiente y las independientes. (Rojo, 2007)

Los resultados que arroja esta función permiten observar unas tablas que indican, la ecuación del modelo obtenido, el resumen del modelo, el análisis de la varianza, entre otros.

Al mismo tiempo en el programa Excel, se ingresan los datos por sus columnas correspondientes y se procede a efectuar la función de análisis de datos con una regresión lineal. De igual manera, se define la variable dependiente y las independientes. Después de esto, se observa que se despliegan unas tablas que permiten realizar la toma de decisiones sobre la relación y la influencia de las variables independientes con la variable dependiente.

De aquí se toma una tabla del Análisis de la varianza que muestra el nivel de significancia de las variables independientes.

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	35102.90045	1837.226911	19.10645889	6.11198E-12
Pepita	2.065953296	1.664981779	1.240826369	0.23372682
Cacahuate	4.176355531	1.681252566	2.484073849	0.025287785
Coco	4.790641037	1.789316107	2.677358695	0.017222643

Tabla 5. Nivel de significancia.

En esta tabla se observa que la variable independiente PEPITA tiene un valor de significancia de 0.23372682, por lo tanto, al sobrepasar el límite 0.05 se descarta esta variable, indicando que no es significativa para la realización del modelo. De tal modo que, se volverá a realizar el procedimiento de regresión omitiendo la variable PEPITA.

Mediante la realización de la regresión lineal múltiple contemplando como variables independientes CACAHUATE y COCO. Se observa que los valores de significancia de estas variables cambian como se muestra en la siguiente tabla.

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	35475.30255	1842.860853	19.25012543	1.72346E-12
Cacahuate	5.320968077	1.429095476	3.72331182	0.001849065
Coco	5.417137848	1.745311646	3.103822668	0.006825007

Tabla 6. Nivel de significancia.

Las variables independientes CACAHUATE y COCO son significativas para la realización del modelo, debido a que sus valores están por debajo de 0.05. Con la ejecución del modelo se muestra la tabla Estadística de regresión que indica los coeficientes de determinación, correlación, R ajustado y el Error típico.

Estadísticas de la regresión		
Coefficiente de correlación múltiple	0.780421232	
Coefficiente de determinación R ²	0.609057299	
R ² ajustado	0.560189461	56.02%
Error típico	1273.715391	
Observaciones	19	

Tabla 7. Estadísticas de la regresión.

La ecuación del modelo obtenido se muestra a continuación:

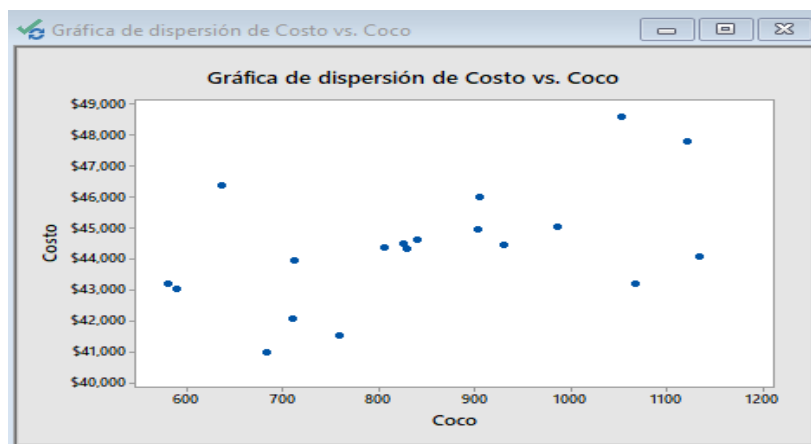
Ecuación de regresión

Costo = 35475 + 5.32 Cacahuates + 5.42 Coco

Ecuación de regresión.

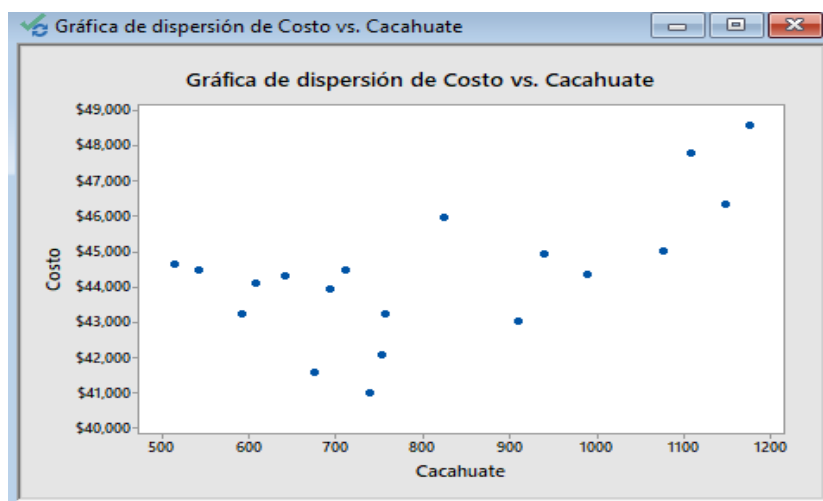
Esta ecuación indica que cualquier incremento en la variable CACAHUATE o en la variable COCO, efectuará un incremento en el COSTO del jamoncillo.

El siguiente paso será la realización de gráficas de dispersión, donde se muestre la relación entre las variables independientes con la variable dependiente por medio de una nube de puntos, los cuales muestran una posible tendencia o proyección. (Rojo, 2007)



Gráfica 1. Gráfica de dispersión de Costo vs Coco.

Esta gráfica de dispersión muestra que no existe como tal una tendencia en los datos, por lo cual se concluye que la variable independiente COCO no ayuda a la predicción del COSTO del jamoncillo, de igual manera, se observa que hay varios datos atípicos, lo cual indica que representan una figura anómala.



Gráfica 2. Gráfica de dispersión de Costo vs Cacahuate.

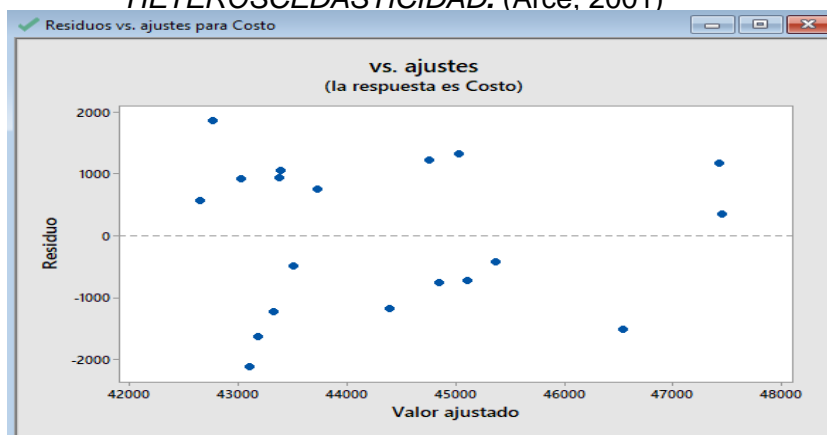
Esta gráfica de dispersión muestra que existe una tendencia regular en los datos, por lo cual se concluye que la variable independiente CACAHUATE es la que mejor predice el COSTO del jamoncillo.

Con la ayuda del tercer programa de computadora llamado IBM SPSS Statistics se visualiza una tabla que facilita la detección de la MULTICOLINEALIDAD. En esta tabla se observa que las variables independientes tienen una correlación PARCIAL de 0.681 y 0.613, lo cual indica que al ser menores de 0.75 señalan que NO existe multicolinealidad. (Pulido, 2012)

Correlaciones			Estadísticos de colinealidad	
Orden cero	Parcial	Semiparcial	Tolerancia	FIV
.611	.681	.582	.997	1.003
.520	.613	.485	.997	1.003

Tabla 8. Tabla de correlaciones.

HETEROSCEDASTICIDAD. (Arce, 2001)



Gráfica 3. Prueba de Durbin Watson.

Se observa que parece NO haber Heteroscedasticidad debido a que los datos no presentan como tal un comportamiento o tendencia al presentarse de forma aleatoria, por lo tanto, los datos se ajustan bien al modelo de Regresión Lineal Múltiple.

Por último se realiza una prueba de Durbin-Watson para verificar si existe una tendencia en los residuos. Esta prueba se obtiene del programa IBM SPSS Statistics y despliega la siguiente información. [2]

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	.780 ^a	.609	.560	1273.715	2.525

a. Variables predictoras: (Constante), Coco, Cacahuate

b. Variable dependiente: Costo

Tabla 9. Resumen del modelo.

De D-W que es de 2.525 se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para asegurar que hay una independencia entre los residuos. (José Carlos Vega Vilra, 2011)

3. Resultados

Mediante la ecuación de:

$$\text{Costo} = 35,475 + 5.32\text{Cacahuate} + 5.42\text{Coco}$$

El coeficiente de determinación ajustado es del 56% que representa el grado de correlación baja entre el costo de producción y los jamoncillos cacahuate y coco; de igual manera se obtuvo un valor en la prueba de Durbin Watson de 2.52, el cual sobrepasa el límite que es de 2, y que refleja que los residuales de las variables independientes presentan un ligero patrón;

4. Conclusiones

Esta técnica estadística del Diseño de Experimentos, que es la Regresión Lineal Múltiple sirve para pronosticar en situaciones futuras y ante planteamientos de problemas muy diferentes, el comportamiento que pueden tener las proyecciones de costos, ventas, y utilidades para determinar de las variables independientes, la que mayor significancia e influencia pueda tener en el comportamiento de la variable dependiente con respecto a su minimización o maximización dependiendo de la situación que se presente.

5. Referencias

- Arce, P. R. (2001). "Conceptos básicos sobre la Heterocedasticidad en el modelo básico de regresión lineal".
Gujarati. (2006). Principios de Econometría. Mc Graw Hill.
José Carlos Vega Vilra, J. G. (2011). "Regresión PLS y PCA como solución al problema de Multicolinealidad en Regresión Múltiple". Teoría y Aplicaciones 2011.
Juan del Valle Moreno, C. W. (2012). "La Multicolinealidad en Modelos de regresión Lineal Múltiple".
Ciencias técnicas Agropecuarias.
Pulido, A. y. (2001). Modelos Económicos. Madrid: Piramide.
Pulido, H. G. (2012). Analisis y Diseño de Experimentos. México, D.F.: Mc Graw Hill.
Rojo, J. M. (2007). Regresión Lineal Múltiple. Madrid: Instituto de Economía y Geografía.
Ronald E. Walpole, R. H. (2005). Probabilidad y Estadística. México, D.F.: Mc Graw Hill.
william Mendenhall, R. J. (21014). Introducción a la Probabilidad y Estadística. Nueva York: Cengage Learning.