



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Industrial

**PROPUESTA DE UN MODELO PARA LA ADMINISTRACION DE INVENTARIOS DE
REPUESTOS DE EJES CON SUSPENSION NEUMATICA PARA LA FLOTA DE VEHICULOS
DE UNA EMPRESA FABRICADORA Y DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS**

Jorge Alfredo Chavez Orantes

Asesorado por el Mtro. Brian Enrique Chicol Morales

Guatemala, agosto de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN MODELO PARA LA ADMINISTRACION DE INVENTARIOS DE
REPUESTOS DE EJES CON SUSPENSION NEUMATICA PARA LA FLOTA DE VEHICULOS
DE UNA EMPRESA FABRICADORA Y DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JORGE ALFREDO CHAVEZ ORANTES

ASESORADO POR ING. BRIAN ENRIQUE CHICOL MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

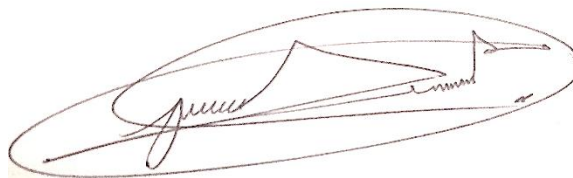
DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo Gonzáles Trejo
EXAMINADOR	Ing. Selvin Estuardo Joachin Juarez
EXAMINADOR	Ing. Nora Leonor Garcia Tobar
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE UN MODELO PARA LA ADMINISTRACION DE INVENTARIOS DE
REPUESTOS DE EJES CON SUSPENSION NEUMATICA PARA LA FLOTA DE VEHICULOS
DE UNA EMPRESA FABRICADORA Y DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 05 de abril de 2022.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval border. The signature is stylized and appears to read 'Jorge Alfredo Chavez Orantes'.

Jorge Alfredo Chavez Orantes



EEPFI-PP-0644-2022
Guatemala, 26 de abril de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.


El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **PROPUESTA DE UN MODELO PARA LA ADMINISTRACION DE INVENTARIOS DE REPUESTOS DE EJES CON SUSPENSION NEUMATICA PARA LA FLOTA DE VEHICULOS DE UNA EMPRESA FABRICADORA Y DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Logística integral**, presentado por el estudiante **Jorge Alfredo Chavez Orantes** carné número **201020191**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Brian Enrique Chicol Morales
Ingeniero Electrónico CUI 10885
Mtro. INGENIERÍA DE AUTOMATIZACIÓN
Mtro. Brian Enrique Chicol Morales
Asesor(a)


Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría


Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-0644-2022

El Director de la Escuela Ingenieria Mecanica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PROPUESTA DE UN MODELO PARA LA ADMINISTRACION DE INVENTARIOS DE REPUESTOS DE EJES CON SUSPENSION NEUMATICA PARA LA FLOTA DE VEHICULOS DE UNA EMPRESA FABRICADORA Y DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS.**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Alfredo Chavez Orantes**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Mtro. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingenieria Mecanica Industrial

Guatemala, abril de 2022



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.459.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE UN MODELO PARA LA ADMINISTRACION DE INVENTARIOS DE REPUESTOS DE EJES CON SUSPENSION NEUMATICA PARA LA FLOTA DE VEHICULOS DE UNA EMPRESA FABRICADORA Y DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS**, presentado por: **Jorge Alfredo Chavez Orantes** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, agosto de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 459 CUI: 2573181782201

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por dirigir mi camino en todo momento, por darme la sabiduría y entendimiento en cada etapa de mi vida.

Mis padres

Por ser parte fundamental en mi vida, por todo el apoyo, la comprensión, los consejos brindados en todas las etapas de mi vida.

Mi esposa

Por el amor, paciencia, comprensión y estar siempre a mi lado.

Mis hermanos

Por los consejos y apoyo incondicional en toda mi formación escolar y profesional.

Familia y amigos

Por todos los conocimientos compartidos y acompañamiento en el proceso de estudio.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser parte fundamental en mi aprendizaje.

Facultad de Ingeniería

Por permitirme adquirir los conocimientos y poder aplicarlos en la industria.

Mis amigos

Por el acompañamiento en todo momento y por el apoyo brindado.

Mi asesor

Msc. Ing. Brian Chicol, por el apoyo y acompañamiento en el proceso de los seminarios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SIMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Contexto general	7
3.2. Descripción del problema	8
3.3. Formulación del problema	8
3.4. Delimitación del problema	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Historia y evolución del transporte de carga.....	17
7.1.1. Definición.....	17

7.1.2.	Características	19
7.1.3.	Ventajas y desventajas	19
7.1.4.	Tipos de transportes de carga.....	20
7.2.	Mantenimiento automotriz	21
7.2.1.	Mantenimiento preventivo	22
7.2.2.	Mantenimiento correctivo	22
7.2.3.	Mantenimiento predictivo	23
7.2.4.	Importancia de los mantenimientos preventivos	23
7.2.5.	Repuestos automotrices para ejes neumáticos.....	23
7.2.6.	Proveedores.....	25
7.3.	Administración de inventarios	25
7.3.1.	Definición	26
7.3.2.	Tipos de inventario	27
7.3.3.	Clasificación ABC.....	27
7.3.4.	Políticas de reabastecimiento	28
7.3.4.1.	Revisión continua	29
7.3.4.2.	Revisión periódica	30
7.3.5.	Modelo probabilístico	30
7.3.5.1.	Nivel de servicio:	31
7.3.5.2.	Inventario de seguridad	32
7.3.6.	Puntos de reorden.....	33
7.4.	Pronósticos de la demanda.....	35
7.4.1.	Definición	35
7.4.2.	Características	35
7.4.3.	Métodos para pronosticar.....	36
7.4.3.1.	Métodos cualitativos	36
7.4.3.2.	Métodos Cuantitativos	37
7.4.4.	Modelos de pronóstico	37
7.4.4.1.	Series de tiempo.....	38

7.4.5.	Método de Croston	43
7.4.6.	Medición del error de pronóstico	44
7.4.7.	Administración de riesgos del pronóstico	46
7.4.8.	Herramientas de análisis de sensibilidad.....	47
7.4.8.1.	Solver.....	47
7.5.	Costos de inventario.....	48
7.5.1.	Costo de mantener	50
7.5.2.	Costo de ordenar.....	50
7.5.3.	Costo del inventario de seguridad	50
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	51
9.	METODOLOGÍA.....	55
9.1.	Características del estudio	55
9.2.	Unidades de análisis	56
9.3.	Variables.....	56
9.4.	Fases.....	58
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS	61
11.	CRONOGRAMA.....	63
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	65
13.	REFERENCIAS.....	67
14.	APÉNDICES.....	71
15.	ANEXO.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Eje neumático	24
Figura 2.	Clasificación ABC.....	28
Figura 3.	Inventario de seguridad.....	31
Figura 4.	Inventario de seguridad.....	33
Figura 5.	Punto de reorden	34
Figura 6.	Definición de variables.....	39
Figura 7.	Costo total.....	49
Figura 8.	Cronograma de actividades	63

TABLAS

Tabla 1.	Detalle de fases	16
Tabla 2.	Resumen para métodos de series de tiempo	42
Tabla 3.	Definición de variables.....	56
Tabla 4.	Recursos necesarios para la investigación.....	66

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
n	Cantidad de datos
EOQ	Cantidad económica del pedido
μ	Demanda promedio
MAD	Desviación absoluta media
σ	Desviación estándar
MSE	Error cuadrático medio
MAPE	Error porcentual absoluto medio
SS	Inventario de seguridad
%	Porcentaje
ROP	Punto de reorden
Σ	Sumatoria
Q	Tamaño de lote
t	Tiempo

GLOSARIO

Abastecimiento	Es el proceso mediante el cual los proveedores facilitan medios al resto de grupos económicos o individuos, los cuales consiguen un determinado nivel de satisfacción o utilidad.
Demora	Es el retraso en el cumplimiento de una obligación desde el momento en el que es exigible se solicita.
Eficiencia	Es la capacidad de lograr un efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles o en el menor tiempo posible.
Flota	Conjunto de vehículos automotores y no automotores los cuales utilizan para las distintas distribuciones.
Inventario	Es el registro del conjunto de bienes tangibles que se encuentran en existencia el cual asegure el cumplimiento de los servicios hacia los clientes.
Neumática	Es el uso de aire a presión para realizar un trabajo.
Triada	Conjunto de tres elementos que tienen un vínculo particular.
Vía	Lugar o espacio físico donde circulan vehículos el cual conecta distintas ciudades.

1. INTRODUCCIÓN

En todas las organizaciones donde existen procesos logísticos para la distribución de productos terminados, materias primas o insumos el transporte en sus distintas dimensiones juega un papel importante ya que es el encargado de transportar las mercancías al cliente final. Por lo tanto, los distintos tipos de transportes terrestres deben tener la capacidad para realizar los traslados de las mercancías con la calidad de la materia, de lo contrario las organizaciones serán afectadas por retrasos y dejan de percibir utilidades y son menos rentables, los impactos se pueden dar en daños por la calidad del servicio.

La organización posee una flota propia para realizar la distribución de sus diferentes productos. Para disponer del total de unidades es importante que los mantenimientos preventivos y correctivos se ejecuten en los tiempos establecidos. Para cumplir con estos tiempos es necesario disponer de un inventario de repuestos en el almacén con las dimensiones necesarias para hacer frente a la demanda de los mismos y que al mismo tiempo este cuidadosamente cuantificado para evitar el sobre costo de mantenimiento de dichos inventarios.

Actualmente se tienen demoras en ejecutar reparaciones a las unidades que operan con suspensión neumática de la flota propia. Esto afecta directamente en la distribución por lo que es importante realizar una gestión basada en la administración de inventarios que permita la disponibilidad de los repuestos.

Hoy en día existe una diversidad de métodos para el abastecimiento de inventarios por lo que se analizará la metodología aplicada actualmente y se determinarán puntos de mejora que permitan un abastecimiento del inventario de repuestos para ejes de suspensión con operación neumática.

Este análisis será de mucha ayuda para la organización, ya que se espera contar con la disponibilidad de los repuestos para realizar las reparaciones relacionadas a los mantenimientos correctivos de la flota en los tiempos esperados.

2. ANTECEDENTES

La eficiencia de una logística de transporte está determinada por los tiempos de entrega de un punto “A” hacia un punto “B”. El transporte en las organizaciones es el encargado que los productos terminados, semielaborados y materias primas entre otros. Estos se espera que lleguen a su destino en óptimas condiciones, por esta razón es importante que las distintas flotas estén operando en óptimas condiciones para atender las necesidades en la cadena de suministro.

La evolución del transporte para carga pesada debe ir orientado en la integración de los procesos logísticos (Mora, 2014). Con el fin de aumentar los servicios logísticos, ofrecer un valor agregado en las organizaciones y para lograr que las flotas de transporte terrestre sumen valor a la cadena de suministros, deben existir estrategias que permitan ejecutar los mantenimientos preventivos y correctivos de forma óptima.

Para lograr cumplir la ejecución de los mantenimientos se debe disponer de un inventario de repuestos que logre cubrir la demanda relacionada a las distintas reparaciones.

Según Medina (2002) “el inventario es el conjunto de suministros, materias primas, productos en proceso y productos terminados, el mantener almacenados todos estos elementos representa un costo para la empresa” (p. 3). Por tal razón es importante incorporar una estrategia de abastecimiento de inventario que permita controlar los excedentes o déficit en los almacenes de una organización.

Krajewski et al. (2008) sostienen que uno de los grandes desafíos en la administración de inventarios consiste en mantener la disponibilidad necesaria almacenada para que la cadena de suministro opere correctamente con el objetivo que las organizaciones logren alcanzar la eficiencia y productividad deseada, esto con lleva a realizar un análisis sobre la metodología aplicada en los abastecimientos.

De acuerdo con Ballou (2004) “los enfoques innovadores en la estrategia logística y de la cadena de suministros pueden representar una ventaja competitiva” (p. 35). Por ese motivo es importante analizar y aplicar una estrategia que este enfocada a la mejora continua del abastecimiento de repuestos.

Las organizaciones buscan mantener alejados todos aquellos factores que puedan retrasar sus procesos productivos, las pequeñas empresas basan sus controles y administración de inventarios en métodos empíricos (Garzón, 2005). Al ejecutar un pronóstico de esta forma se originará un deficiente control en la administración de inventarios.

Para lograr un control eficiente en los inventarios, es importante mantener registros de consumos actualizados y deben ser evaluados periódicamente.

En la investigación que realizó sostiene Nallusamy (2017):

La gestión correcta de la gestión de inventarios se relaciona con crear un plan de compras que garantice la disponibilidad de los distintos productos en el momento que se requieran en el proceso productivo y que un

inventario mal administrado creara problemas en la cadena de suministro y en los aspectos financieros de la organización. (p. 146)

Esta investigación tiene como propósito diseñar un modelo que permita ejecutar las compras de repuestos y mantener el stock necesario para atender las necesidades requeridas por los talleres.

La definición de estrategias en los controles de inventario debe ir enfocadas a los máximos y mínimos y así evitar excedentes o déficit de inventarios, estos deben ser controlados debido a las implicaciones como recurso ocioso desde el punto de vista financiero y por lo tanto tienen un valor económico que debe ser considerado. Todo inventario almacenado y sin movimiento representa un costo en activos para la empresa (Gómez y Brito, 2020).

Para Martínez y Osorio (2018) “los inventarios de piezas de repuestos difieren de los inventarios de producto en proceso y producto terminado” (p. 3). Sin embargo, su variable de decisión es la misma. Los inventarios de repuestos deben tener la importancia necesaria para que estos no afecten los procesos productivos dentro de la cadena de suministro.

Según Rupay (2018):

Se necesita un control efectivo de inventario para manejar el máximo movimiento de repuestos y un elevado volumen de negocios con la menor inversión posible, pero que al mismo tiempo pueda satisfacer con su disponibilidad un alto porcentaje de las necesidades del cliente. (p. 17)

Para lograr la disponibilidad y la reducción de los tiempos en las reparaciones es importante un control óptimo de consumos para proyectar los abastecimientos necesarios.

De acuerdo con Barreto (2015):

El problema que uno enfrenta al investigar el área de gestión de inventarios es el pronóstico de la demanda, muchos autores han propuesto metodologías basadas en información histórica de consumo y reparaciones, formulaciones estadísticas y nuevas filosofías, sin embargo, hay otra corriente que considera que la demanda de repuestos puede ser pronosticada valiéndose del monitoreo basado en la condición. (p. 26)

Por lo que es importante analizar la información de los consumos y todos aquellos factores que puedan aportar para lograr definir un método adecuado de pronóstico.

Según Schroeder et al. (2011) “en los inventarios un número pequeño de artículos dan cuenta de la mayor parte del valor de los inventarios” (p. 376). Por tal razón se debe analizar la metodología de segmentación ABC para determinar el nivel de importancia que se le dará a los al inventario de repuestos.

En general una óptima gestión de los inventarios es determinante para las organizaciones ya que permite optimizar todas las áreas involucradas, la búsqueda continua de aumentar la productividad en las áreas, reducir los costos y principalmente contribuir a las estrategias corporativas de las organizaciones.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

La falta de una propuesta de un modelo para la administración de inventarios afecta la disponibilidad de los repuestos y los tiempos de entrega por parte del taller afecta directamente al departamento de transportes y distribución obligando a subcontratar otro vehículo para cumplir con la demanda diaria de entrega. Por lo que es importante que los almacenes mantengan la disponibilidad de repuestos para ejes con suspensión neumática que permitan ejecutar las reparaciones requeridas en un tiempo oportuno y de esta manera los talleres puedan cumplir con los tiempos establecidos.

La distribución de los productos se realiza utilizando el recurso de la flota propia, por lo que es necesario tener la disponibilidad de las unidades para cumplir con la entrega en las distintas bodegas en todo el país.

La empresa cuenta con talleres propios para atender las necesidades de las unidades de la flota y tanto los mantenimientos preventivos como los correctivos tienen tiempos establecidos para su ejecución. Cuando un vehículo ingresa al taller con fallas en la suspensión neumática los tiempos de reparación se extienden debido a que no se cuentan con la disponibilidad inmediata de los repuestos.

La investigación propuesta se centrará en el área de almacén, el cual es el responsable de controlar los inventarios de los repuestos para los ejes con suspensión neumática.

3.2. Descripción del problema

Una propuesta en la gestión de inventarios es necesaria para el departamento de flota el cual tiene dentro de su inventario de vehículos unidades tipo remolque las cuales utilizan ejes de suspensión neumática; cuando las unidades presentan fallas en el sistema estas ingresan a taller para la evaluación de los daños.

Las evaluaciones de las fallas en este tipo de eje las realiza el personal técnico de los talleres, existen ocasiones comunes en donde las evaluaciones requieren reparaciones inmediatas por lo que es importante disponer de los repuestos.

Las demoras en taller por falta de repuestos para ejes con suspensión neumática son alrededor de tres a cuatro semanas; por el tipo y la calidad de repuesto que se requiere no se logra ubicar con proveedores locales y se opta por realizar la compra en otro país.

Actualmente no se tiene definido un plan de abastecimiento que permita mantener el repuesto disponible, al no tener el stock necesario afecta la distribución de los productos.

3.3. Formulación del problema

Para la formulación del problema se realizará una pregunta central que es la que define el problema que se desea resolver y luego están las preguntas auxiliares.

- Pregunta central

¿Cómo garantizar el abastecimiento óptimo de repuestos para ejes con suspensión neumática que cumplan las características y necesidades actuales?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Los procesos definidos para el abastecimiento de repuestos cubren las necesidades actuales?
 - ¿Los métodos aplicados al abastecimiento de inventarios para repuestos de ejes con suspensión neumática cumplen con las necesidades requeridas?
 - ¿Cuáles son los costos que son impactados al no tener disponibles los repuestos?

3.4. Delimitación del problema

La propuesta de un modelo para la administración de inventario se delimitará en el área de almacén del departamento de Escuintla, se determinará la metodología aplicada actualmente sobre el abastecimiento de inventarios y se tiene proyectado ejecutarse en el primer semestre del 2022.

4. JUSTIFICACIÓN

En la empresa productora en estudio la administración de inventarios debe cubrir las necesidades que surgen en los mantenimientos correctivos, por esta razón la se debe realizar el abastecimiento de los repuestos.

Con base a la línea de investigación de administración de inventarios se diseñará una estrategia que permita controlar los niveles de inventario de repuestos para ejes con suspensión neumática.

Debido a que las grandes empresas deben manejar y controlar los inventarios para evitar por un lado los retrasos en los procesos productivos o de servicio y por otro los altos costos de almacenamiento, la estrategia deberá contemplar un análisis de los procesos actuales para realizar una propuesta que permita cumplir con las necesidades de los diferentes departamentos y así evitar compras innecesarias, excedentes en inventarios.

Para mantener una flota de vehículos en condiciones adecuadas se debe disponer con talleres e instalaciones con herramientas, mano de obra calificada y un stock de repuestos que permita cubrir las necesidades de los talleres.

El trabajo de investigación contribuirá a mejorar la administración de inventarios de los repuestos existentes.

Es importante una correcta planificación y comunicación con las áreas involucradas incluyendo los proveedores con la finalidad de proponer una mejora en la administración de inventario actual en donde deberá definirse una

metodología que permita un abastecimiento óptimo que tendrá como finalidad reducir los tiempos de las unidades que ingresan a los talleres por falta de repuesto.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar una estrategia para la administración y control de inventarios de repuestos para ejes con suspensión neumática requeridos para el mantenimiento de la flota de vehículos, que permita garantizar el abastecimiento y disponibilidad de los repuestos.

5.2. Específicos

1. Identificar los procedimientos de abastecimiento del inventario de repuestos que se siguen en la empresa actualmente para determinar puntos de mejora.
2. Establecer un sistema de control y abastecimiento de inventario que permita la disponibilidad de los repuestos para ejes con suspensión de operación neumática.
3. Evaluar el costo total que impacta en la operación por el déficit de no tener disponible los repuestos para ejes con suspensión de operación neumática y métricas que permitan validar la propuesta.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Para la empresa es necesario llevar un control de sus inventarios ya que estos son clave para los procesos productivos o de servicios ofrecidos, se debe tener una administración de inventarios que permita controlar los consumos y abastecimientos de los repuestos.

Es importante evaluar la situación actual de la organización en relación con la administración de inventarios de repuestos para analizar los procedimientos que actualmente se aplican.

Además de realizar el análisis de los procesos productivos es importante para las empresas implementar una segmentación de sus inventarios para determinar la importancia que se le dará a cada uno, en base a la rotación o consumo que estos tengan en un tiempo determinado.

Se deberá realizar un análisis a los distintos métodos de pronóstico que permitan un abastecimiento oportuno y en el tiempo requerido, el método de pronóstico propuesto deberá contemplar todos los factores que involucran el consumo de repuestos para ejes con suspensión neumática.

La administración de inventarios debe considerar los costos relacionados en los procesos productivos, ya que es importante realizar un análisis que permita evaluar los costos en que incurren la organización al no tener la disponibilidad de los repuestos.

A continuación, se detalla la propuesta del desarrollo del trabajo de investigación la cual será implementada en cuatro fases:

Tabla 1.

Detalle de fases

Fase	Detalles por fase	Actividades	Tiempo
1	Situación actual: debe de realizarse un análisis de los procesos actuales sobre el abastecimiento de repuestos	1. Visita a instalaciones de almacén -. Evaluar espacios físicos y existencias Elaboración de tablas con la data y uso de unidades de medida(sistema internacional) 2. Evaluación de la metodología aplicada -. Evaluar si existe una segmentación -. Determinar los criterios para el abastecimiento -. Determinar método de pronóstico -. Determinar si existe comunicación con las áreas involucradas.	3 Semanas
2	Evaluar la segmentación apropiada	1. Determinar el tipo de segmentación apropiada. -. Evaluar los ítems a estudiar -. Evaluar la estadística de consumos -. Determinar los costos por ítems -. Analizar los criterios para la segmentación	8 Semanas
3	Evaluar los metodos de pronostico para determinar el mas adecuado	1. Evaluar tiempos de respuesta y disponibilidad de los proveedores. -. Medición de tiempos entre solicitudes, despachos y almacenaje. -. Tiempos de respuesta 2. Evaluar los ítems por consumo 3. Estudiar los métodos de pronóstico que aplican. -. Realizar las diferentes graficas para determinar el método mas apropiado.	7 Semanas
4	Evaluación de costos	1. Evaluación de los costos relacionados 2. Evaluar los costos de mantener el repuesto disponible -. Almacenaje -. Costo de los repuestos almacenados 3. Evaluar el costo que impacta de no tener el repuesto disponible. -. Costo de subcontratar transporte	4 Semanas

Nota. Detalle de las fases y actividades de la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Historia y evolución del transporte de carga

Partiendo del invento de la rueda, la cual es parte de la evolución del transporte terrestre y con ello llegar a diferentes lugares en menor tiempo.

7.1.1. Definición

Según Mora (2014) “desde que el hombre asumió su condición humana, uno de los principales problemas por resolver fue con seguridad el método que permitiese movilizar objetos de un lugar a otro” (p. 1). Esta fue una gran lucha para la humanidad debido al grado de dificultad que se tenía para el desarrollo de los medios de transporte.

Hoy en día todavía se manejan enigmas sobre como las antiguas comunidades lograban realizar los traslados de cargas de arena, rocas y otros materiales con dimensiones y volúmenes sin utilizar ninguna herramienta o tecnología. Sin duda la mano de obra jugaba un papel importante para el traslado de estos materiales.

La evolución del transporte inicia en la apertura y desarrollo de puertos y muelles de algunos países más sin embargo era complicado debido a las maniobras que se tenía que realizar para la carga y la descarga de las mercancías.

Posterior a este gran avance en el transporte marítimo se da lugar a la revolución industrial en donde una de las grandes invenciones más notorias como lo fue la rueda y la evolución de esta impacta en el desarrollo del transporte terrestre que hoy en día se puede apreciar.

“Por su parte, en la carrera por agilizar y modernizar el transporte de mercancía, alrededor de 1830 hace su aparición los primeros vagones halados por trenes” (Mora, 2014, p. 4). Con la aparición y desarrollo de las estructuras de las líneas de tren en las cuales se inicia el traslado de las mercancías por vía terrestre para los años 70 hacen sus apariciones los contenedores que son transportados en buques de carga, de esta manera se puede ver la forma evolutiva y los cambios que ha surgido para el traslado de las mercancías.

Hoy en día es de mucha importancia para organizaciones el transporte terrestre para el buen desempeño de la distribución de materias primas, productos terminados e insumos.

En cuanto a traslado de las mercancías, el transporte de carga tradicional y la distribución se ha enfocado en el transporte físico de mercancías, donde la diferenciación ha sido el flete.

Con las exigencias de los mercados globales y la necesidad de las organizaciones de buscar un socio estratégico con la excelencia en la gestión del transporte y la distribución para hacer llegar los productos o servicios a sus clientes.

7.1.2. Características

Una de las características para el transporte de carga según Anaya (2015) es la calidad del servicio que este presta en las organizaciones derivado de las exigencias del mercado englobando una serie de requerimientos:

- Tarifas
- Disponibilidad por tipo de vehículo en relación con la carga a transportar
- Disponibilidad de seguro todo riesgo
- Seguridad y aspectos de higiene
- Información y control de salida de la llegada para las mercancías

Una correcta gestión del transporte, desde el punto de vista logístico, obliga a que la entidad responsable esté involucrada no solo en las tareas del día a día como normalmente ocurre si no que también participe en los planes estratégicos y tácticos de las organizaciones para adatar los recursos hacia las necesidades existentes.

7.1.3. Ventajas y desventajas

Dentro de las ventajas que se tienen para el transporte terrestre de carga se puede mencionar “la utilización de una infraestructura vial universal la cual permite en teoría, el acceso a casi cualquier punto desde el origen de la carga sin necesidad de efectuar transbordos” (Mora, 2014, p. 25).

Es importante para las organizaciones contar con infraestructura vial para el traslado eficiente de las diferentes mercancías, materias primas entre otros.

Para las desventajas se puede mencionar la cantidad de peso o volúmenes de carga que se debe transportar por las diferentes vías ya que se debe regir por las leyes de pesos y dimensiones de cada país, agregado a respetar las leyes de cada país, se puede mencionar el transito que surge en las diferentes vías y anidado el tema de accidentes viales o desastres naturales que puedan interrumpir las vías.

7.1.4. Tipos de transportes de carga

Según Flores y Pérez (2013) “hoy en día existen varios tipos de transportes terrestres especiales para cada mercancía dependiendo el tamaño, peso y voluminosidad, si es liquido o gaseoso cada uno enfoca su tiempo a transportar de manera segura y eficiente” (p. 4).

Entre ellos se pueden mencionar:

- Plataformas planas: estas usualmente se utilizan para transportar derivados de metales, cemento entre otros.
- Furgones: existen varios tipos y dimensiones entre los cuales están furgones refrigerados o cajas secas, estos transportan diferentes mercancías o materias primas entre los cuales están los productos de línea blanca, línea de limpieza, alimentos entre otros.
- Remolques: existen diferentes tipos por capacidad de carga, estos tienen una característica particular ya que la carga y descarga de los productos se realizar en la parte lateral.

- Góndolas: estas se utilizan en su mayoría de veces para transportar toda la parte de granos básicos.
- Tanques: usualmente llamado pipas las cuales se utilizan para trasportar toda la parte de hidrocarburos líquidos, entre ellos se pueden mencionar combustibles y gas propano entre otros.
- Contenedor: este es utilizado en una combinación de transporte marítimo y terrestre el cual es utilizado para transporta mercadería o materia prima entre continentes.

7.2. Mantenimiento automotriz

El mantenimiento automotriz es importante para las diferentes organizaciones en donde se manejan distintos tipos vehículos según su clasificación con motor y sin motor, los cuales tienen como objetivo disponer de las unidades para las distintas operaciones.

Dentro del mantenimiento automotriz se encontrarán tareas preventivas, correctivas y predicativas.

Cuando estas tareas son programadas y planificadas correctamente aportan a las organizaciones ventajas competitivas. “En la medida que el desarrollo científico técnico ha ido avanzando, aparecen casi sucesivamente diversos métodos de mantenimiento” (Moreano y Pérez, 2020, p. 313). Estos ayudan a las necesidades que surgen dentro de los talleres de mantenimiento en la industria.

7.2.1. Mantenimiento preventivo

“Es el mantenimiento que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas y mantener un nivel determinado de los equipos” (Moreano y Pérez, 2020, p. 314).

Es importante dentro de la cadena automotriz aplicar correctamente las tareas preventivas en el tiempo oportuno. Para esto es necesario la definición de las tareas preventivas, tiempo y recorrido desde que se adquieren los distintos tipos de vehículos.

7.2.2. Mantenimiento correctivo

Este se aplica cuando se realiza un cambio de componente en los distintos tipos de vehículos, para Moreano y Pérez (2020) es el mantenimiento donde se corrigen los defectos que se presentan en los equipos.

Dentro del mantenimiento correctivo se tiene los planificados y no planificados:

- Planificados: son aquellos que de alguna manera se aplican según recomendaciones de los fabricantes.
- No planificados: son todos aquellos que fallan de manera inesperada y se pueden definir como emergencias.

7.2.3. Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento es basado en la revisión periódica de las unidades para determinar el estado general de la operatividad mediante la experiencia y las recomendaciones del fabricante (Moreano y Pérez, 2020).

7.2.4. Importancia de los mantenimientos preventivos

Los mantenimientos preventivos son de mucha importancia para las organizaciones los cuales deben aplicarse correctamente según los tipos de vehículos que se tiene disponibles para cumplir las funciones de la cadena de suministro.

Según Peralta (2019) “El mantenimiento preventivo como tal es un tema que contiene diversas definiciones, pero la más importante es su finalidad” (p. 1). Estos deben definirse según recomendaciones del fabricante y al momento de realizar la compra en donde se debe realizar un listado de tareas y revisiones que se deben aplicar.

Los mantenimientos preventivos deben ser planificados para evitar atrasos en la disponibilidad.

7.2.5. Repuestos automotrices para ejes neumáticos

Son el conjunto de piezas o repuestos por el cual está compuesto el eje neumático dentro de los cuales se pueden detallar los siguientes:

- Bolsa de suspensión
- Buje trifuncional

- Kit de tornillos para buje trifuncional
- Cámara de aire
- Kit de rodaje
- Percha
- Amortiguador
- Kit de tuercas de eje
- Kit de tubo de leva

Figura 1.

Eje neumático



Nota. El gráfico muestra un eje de suspensión neumática. Obtenido de Hendrickson Internacional (2020). *Literatura, 11192 piezas de servicio populares de intraax aat.* (www.hendrickson-intl.com), consultado el 16 de marzo de 2022. De dominio público.

7.2.6. Proveedores

Hoy en día es importante para las organizaciones tener aliados estratégicos los cuales puedan proveer los insumos, repuestos, materia prima entre otros para la obtención del producto final o la reparación de equipo, maquinaria o vehículos.

De acuerdo con Sarache et al. (2004):

El enfoque logístico se convierte en un agente generador de valor a partir de una sólida integración de la triada proveedor-empresa-cliente.

Evaluar y seleccionar de manera permanente a los mejores proveedores en función del nivel de desempeño integral que estos ofrezcan en torno a los múltiples criterios que la estrategia de operaciones de la organización. (p. 219)

Sin embargo, es necesario establecer relaciones de colaboración en doble vía empresa-proveedor y viceversa a mediano y largo plazo.

7.3. Administración de inventarios

La administración de inventarios se puede definir como “la planificación y control de los inventarios para cumplir las prioridades competitivas de la organización” (Krajewski et al., 2008, p. 462).

Para todas las organizaciones es importante conservar el control de los inventarios ya que estos impactan fuertemente en los activos, también son parte fundamental en la cadena de suministro, por lo cual debe existir un equilibrio entre el costo y la disponibilidad.

7.3.1. Definición

Para Chopra & Meindl (2013) “son los bienes tangibles que se tiene disponibles para la venta o para ser consumidos en la producción de bienes” (p. 450). Los cuales posteriormente se comercializarán, y entre estos bienes se pueden mencionar los siguientes:

- Materias primas
- Trabajos en proceso
- Productos terminados

Según Render & Heizer (2009):

El inventario es uno de los activos más costosos de muchas compañías, llega a representar hasta un 50% del capital total invertido. Los administradores de operaciones de todo el mundo reconocen que la buena administración del inventario es crucial. Por un lado, una empresa puede reducir sus costos al disminuir el inventario; por el otro, la falta de un artículo puede detener la producción y dejar insatisfechos a los clientes. (p. 484)

Es por tal razón se deben establecer políticas que ayuden a tener un control óptimo de los inventarios.

7.3.2. Tipos de inventario

Los inventarios se clasifican en distintas categorías según el rol de las organizaciones, entre los cuales se pueden encontrar:

- Inventario de materias primas: es todo aquel material o insumo que se compra pero que está pendiente de ser transformado.
- Inventario de trabajos en proceso (WIP): también se les conoce como semi elaborados los cuales ya sufrieron una transformación pero que aún están pendientes de ingresar a nuevos procesos para luego ser productos terminados.
- Inventario de bienes terminados: son todos aquellos en donde la materia prima o insumo sufrió cambios en un proceso productivo y como resultado se obtuvo el producto terminado listo para ser distribuido.
- Inventarios de mantenimiento, reparación y operaciones (MRO): estos son representados por todos aquellos componentes los cuales servirán para realizar las distintas reparaciones en la maquinaria, equipos de cómputo, vehículos entre otros (Render & Heizer, 2009).

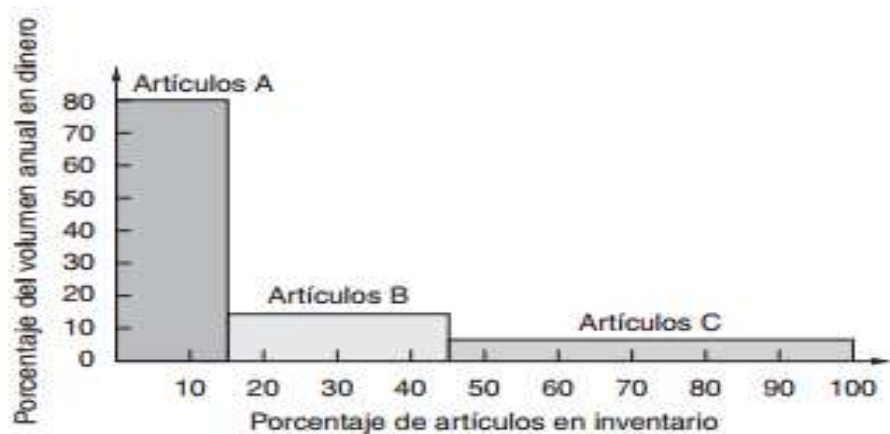
7.3.3. Clasificación ABC

La clasificación ABC consiste en realizar una segmentación por categorías también conocida como el principio de Pareto. “El principio de Pareto establece

que hay pocos artículos cruciales y muchos triviales” (Render & Heizer, 2009, p. 485).

Para obtener una clasificación de la demanda anual de productos o servicios es importante incluir los costos de los productos para evaluar la clasificación.

Figura 2.
Clasificación ABC



Nota. El gráfico muestra un ejemplo de la clasificación ABC. Obtenido de B. Render y J. Heizer (2014). *Principios de administración de operaciones*. (https://www.academia.edu/81572150/PRINCIPIOS_DE_ADMINISTRACION_DE_OPERACIONES?hid=29380771753&swp=rr-rw-wc-21487388), consultado el 1 de marzo de 2022. De dominio público.

7.3.4. Políticas de reabastecimiento

Las políticas de reabastecimiento según Chopra & Meindl (2013) es donde se definen las estrategias respecto cuando y cuanto ordenar estas decisiones

consideran los inventarios de seguridad en conjunto con el nivel del servicio deseado del ciclo.

Las políticas de reabastecimiento pueden dividirse en varias formas entre las cuales se pueden mencionar:

7.3.4.1. Revisión continua

Esta revisión se da cuando se está evaluando la disponibilidad del inventario constantemente y se realizan los pedidos de abastecimiento cuando el inventario llega al punto mínimo de realizar un nuevo pedido (Chopra & Meindl, 2013).

Para la revisión continua es necesario calcular el tamaño del lote a ordenar.

- Tamaño del lote

Para las revisiones del inventario es importante definir un tamaño de lote y esto está dado por:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

- EOQ = Tamaño del lote o cantidad óptima a ordenar
- D: Demanda
- H: Costo de mantener una unidad, este costo también se puede desglosar de la siguiente forma; $H = hC$; donde h =Costo por retención; C : costo por unidad.
- S: Costo de hacer un pedido o preparar un lote.

7.3.4.2. Revisión periódica

Esta revisión resulta cuando el inventario se evalúa en intervalos de tiempo prolongados y no se está revisando constantemente para esta revisión se realizan los pedidos en base al nivel requerido por las organizaciones (Chopra & Meindl, 2013).

- Periodo de revisión(P)

Esto indica cada cuanto tiempo se debe revisar el inventario y se calcula de la siguiente manera:

$$P = \frac{EOQ}{D}$$

Donde EOQ es igual al tamaño del lote y D es la demanda.

7.3.5. Modelo probabilístico

“Modelo estadístico aplicable cuando la demanda del producto o cualquier otra variable se desconoce, pero puede especificarse mediante una distribución de probabilidad” (Render & Heizer, 2009, p. 502). Al no manejar la data histórica del comportamiento de la demanda se eleva las probabilidades de faltantes y estos impactaran de alguna manera la cadena de suministro.

Para la determinación del modelo probabilístico se deben considerar los siguientes aspectos:

- Nivel de servicio

- Inventario de seguridad

7.3.5.1. Nivel de servicio

El nivel de servicio es “la probabilidad deseada de no quedarse sin inventario durante el ciclo de pedido, que comienza en el momento en que se coloca un pedido y termina cuando éste se recibe y los artículos solicitados llegan al inventario” (Krajewski et al., 2008, p. 478). El nivel de servicio está relacionado a un porcentaje de probabilidad el cual debe ser analizado en las organizaciones que permita su vez tener la certeza de no quedar sin la disponibilidad en los inventarios.

Figura 3.

Inventario de seguridad nivel de servicio



Nota. La gráfica muestra el nivel de servicio para el inventario de seguridad. Obtenido de B. Render y J. Heizer (2014). *Principios de administración de operaciones.* (https://www.academia.edu/81572150/PRINCIPIOS_DE_ADMINISTRACION_DE_OPERACIONES?hid=29380771753&swp=rr-rw-wc-21487388), consultado el 28 de febrero 2022. De dominio público.

7.3.5.2. Inventario de seguridad

Según Chopra & Meindl (2013) “el inventario de seguridad es aquel que se mantiene para satisfacer la demanda que supera la cantidad pronosticada para un periodo determinado” (p. 314).

Todas las organizaciones que maneja altos porcentajes de error en los pronósticos o la demanda es variable es importante manejar el inventario de seguridad y de esta forma mantener la disponibilidad de los repuestos.

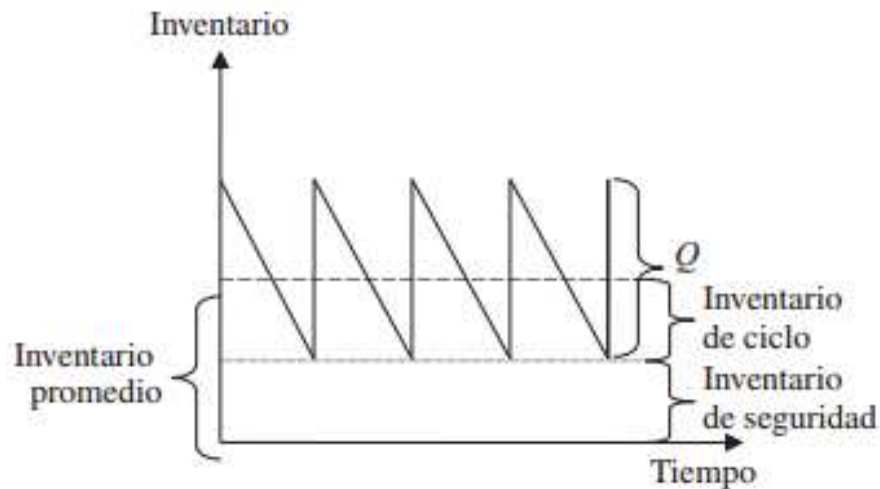
Para los modelos probabilísticos el inventario de seguridad (SS), se tiene la siguiente fórmula:

$$SS = Z\sigma_{P+L}$$

Donde Z es igual al número de desviaciones estándar dadas por las propiedades bajo la curva normal.

Figura 4.

Inventario de seguridad



Nota. La gráfica muestra el ciclo del inventario de seguridad. Obtenido de S. Chopra & P. Meindl (2008). *Administración de la cadena de suministro*. (https://www.academia.edu/9418480/Administraci%C3%B3n_de_la_cadena_de_suministro?rhid=29392426816&swp=rr-rw-wc-11761467), consultado el 5 de marzo de 2022. De dominio público.

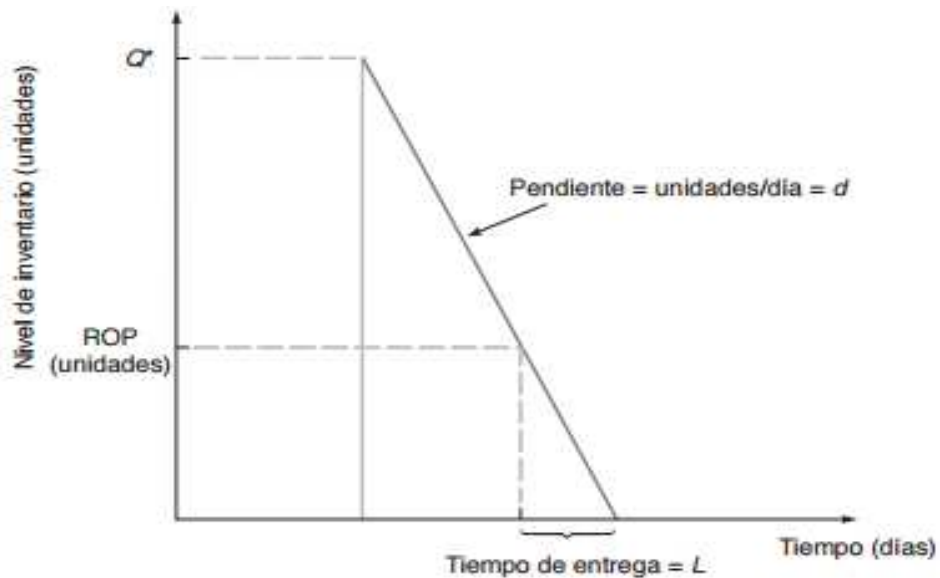
7.3.6. Puntos de reorden

“Es el Nivel de inventario en el cual se emprenden acciones para reabastecer el artículo almacenado.” (Render & Heizer, 2009, p. 496).

Los puntos de reorden deben tener exactitud y estos dependen de la información que se maneja en los almacenes de cada organización.

Figura 5.

Punto de reorden



Nota. La gráfica muestra el punto de reorden. Obtenido de B. Render y J. Heizer (2014). *Principios de administración de operaciones*. (https://www.academia.edu/81572150/PRINCIPIOS_DE_ADMINISTRACION_DE_OPERACIONES?hid=29380771753&swp=rr-rw-wc-21487388), consultado el 1 de marzo de 2022. De dominio público.

Para modelo probabilístico el punto de reorden (ROP):

$$ROP = (Demanda * Tiempo de entrega) + SS$$

Cuando la demanda es variable es necesario agregar el inventario de seguridad en el punto de reorden.

- Tiempo de entrega

“En los sistemas de compras es el tiempo que transcurre entre colocar y recibir una orden” (Render & Heizer, 2009, p. 495).

- Cálculo

$$\text{Lead time} = \text{fecha de recepcion} - \text{Fecha en que se coloco la orden}$$

7.4. Pronósticos de la demanda

Los pronósticos son de mucha importancia para las organizaciones ya que estos plantean los posibles comportamientos que tendrán los factores relacionados al estudio.

7.4.1. Definición

“Un pronóstico es una predicción de acontecimientos futuros que se utiliza con propósitos de planificación” (Krajewski et al., 2008, p. 522).

Es importante saber que los pronósticos no solo están relacionados directamente con los acontecimientos futuros de las ventas, se pueden aplicar en distintas áreas en donde se necesite evaluar data histórica para tomar decisiones, entre ellas se puede mencionar el comportamiento de la demanda.

7.4.2. Características

- Los pronósticos no son estimaciones o proyecciones reales se debe contemplar siempre un margen de error.

- Según “los pronósticos en el largo plazo son menos precisos que los de corto plazo; es decir, los primeros tienen una mayor desviación estándar del error en relación con la media que los segundos” (Chopra & Meindl, 2013, p. 179).
- Cuando no se conoce la estabilidad o el comportamiento de la demanda mayor será el porcentaje de error en la predicción.
- Cuando la demanda en variable es importante evaluar correctamente la metodología que se quiere aplicar.

7.4.3. Métodos para pronosticar

Es importante evaluar el comportamiento de la demanda para definir el método de pronóstico apropiado para el análisis de la información “hay dos enfoques generales para pronosticar, de la misma forma que existen dos maneras de abordar todos los modelos de decisión. Un enfoque es el análisis cuantitativo; el otro es el enfoque cualitativo” (Render & Heizer, 2009, p. 108).

7.4.3.1. Métodos cualitativos

También llamados métodos de juicio los cuales se aplican cuando no se manejan datos numéricos que permitan realizar enfoques de pronóstico de tipo cuantitativo. “Sin embargo, los métodos de juicio pueden utilizarse en combinación con enfoques cuantitativos a fin de mejorar la calidad del pronóstico” (Krajewski et al., 2008, p. 528). Entre ellos se pueden mencionar la metodología de Delphi.

7.4.3.2. Métodos cuantitativos

Estos se utilizan cuando se manejan datos históricos de tipo numérico que permitirán analizar la información del pronóstico que se requiera utilizar, entre ellos se pueden mencionar: “los pronósticos cuantitativos utilizan una variedad de modelos matemáticos que se apoyan en datos históricos y/o en variables causales para pronosticar la demanda” (Render & Heizer, 2009, p. 108).

Entre los modelos de pronósticos se pueden encontrar:

- Métodos causales
- Métodos de series de tiempo
- Métodos de simulación

7.4.4. Modelos de pronóstico

Es importante evaluar el modelo de pronósticos con el cual se va a realizar el análisis de la información. Existe diversidad de metodologías para realizar los pronósticos en las organizaciones y para esta investigación se evaluarán diferentes modelos los cuales dependerán del comportamiento de la demanda.

De acuerdo con Chopra & Meindl (2013):

Los cinco puntos siguientes son importantes para que una organización pronostique con eficiencia:

1. Entender el objetivo del pronóstico.
2. Integrar la planeación y el pronóstico de la demanda a través de la cadena de suministro.

3. Identificar los principales factores que influyen en el pronóstico de la demanda.
4. Pronosticar al nivel apropiado de agregación.
5. Establecer medidas de desempeño y error para el pronóstico. (p. 181)

7.4.4.1. Series de tiempo

Según Chopra & Meindl (2013):

Los métodos de pronóstico de series de tiempo utilizan la demanda histórica para hacer un pronóstico. Se basan en la suposición de que la historia de la demanda pasada es un buen indicador de la demanda futura. Estos métodos son más apropiados cuando el patrón de la demanda básica no varía significativamente de un año al siguiente. Son los métodos más sencillos de implementar y pueden servir como un buen punto de inicio para el pronóstico de una demanda. (p. 180)

Para determinar el comportamiento la demanda en el tiempo es necesario realizar la gráfica de los datos que se desean analizar.

Figura 6.

Definición de variables

L_t = estimación del nivel al final del periodo t
 T_t = estimación de la tendencia al final del periodo t
 S_t = estimación del factor estacional en el periodo t
 F_t = pronóstico de la demanda en el periodo t (hecho en el periodo $t - 1$ o antes)
 D_t = demanda real observada en el periodo t
 $E_t = F_t - D_t$ = error de pronóstico en el periodo t

Nota. La imagen muestra las diferentes variables para un pronóstico por series de tiempo. Obtenido de S. Chopra & P. Meindl (2008). *Administración de la cadena de suministro*. (https://www.academia.edu/9418480/Administraci%C3%B3n_de_la_cadena_de_suministro?rhid=29392426816&swp=rr-rw-wc-11761467), consultado el 5 de marzo de 2022. De dominio público.

- Promedio móvil

“El método de promedio móvil se emplea cuando la demanda no tiene tendencia o estacionalidad observables” (Chopra & Meindl, 2013, p. 189).

Para aplicar este método se tiene lo siguiente:

Promedio durante N periodos:

$$L_t = (D_t + D_{t-1} + D_{t-N+1})/N$$

Estimación:

$$F_{t+1} = L_t \text{ y } F_{t+n} = L_t$$

- Suavizamiento exponencial simple

“El método de suavizamiento exponencial simple es apropiado cuando la demanda no tiene una tendencia o estacionalidad observable” (Chopra & Meindl, 2013, p. 189).

Para aplicar este método se tienen las siguientes fórmulas:

Promedio de todos los datos históricos:

$$L_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_t$$

Pronóstico actual

$$F_{t+1} = L_t \text{ y } F_{t+n} = L_t$$

Estimación:

$$L_{t+1} = \alpha D_{t+1} + (1 - \alpha)L_t$$

- Modelo de Holt

“El método de suavizamiento exponencial corregido por tendencia (modelo de Holt) es apropiado cuando se supone que la demanda tiene un nivel y una tendencia en el componente sistemático, pero no estacionalidad” (Chopra & Meindl, 2013, p. 190).

Para aplicar este método se tiene las siguientes fórmulas:

Pronóstico:

$$F_{t+1} = L_t + T_t \text{ y } F_{t+1} = L_t + nT_t$$

Estimaciones:

$$L_{t+1} = \alpha D_{t+1} + (1 - \alpha)(L_t + T_t)$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta)T_t$$

- Modelo de Winter

“Este método es apropiado cuando el componente sistemático de la demanda tiene un nivel, una tendencia y un factor estacional” (Chopra & Meindl, 2013, p. 192).

Para aplicar este método se tiene las siguientes fórmulas:

Pronóstico:

$$F_{t+1} = (L_t + T_t)S_{t+1} \text{ y } F_{t+1} = (L_t + lT_t)S_{t+1}$$

Estimaciones

$$L_{t+1} = \alpha \left(\frac{D_{t+1}}{S_{t+1}} \right) + (1 - \alpha)(L_t + T_t)$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta)T_t$$

$$S_{t+p+1} = \gamma(D_{t+1}/L_{t+1}) + (1 - \gamma)S_{t+1}$$

Como resumen de los métodos más utilizados de regresión se tiene la siguiente tabla:

Tabla 2.

Resumen para métodos de series de tiempo

Método de pronóstico	Aplicabilidad
Promedio móvil	Sin tendencia o estacionalidad
Suavizamiento exponencial simple	Sin tendencia o estacionalidad
Modelo de Holt	Tendencia pero no estacionalidad
Modelo de Winter	Tendencia y estacionalidad

Nota. La tabla muestra los métodos de series de tiempo y su aplicación. Obtenido de S. Chopra & P. Meindl (2008). *Administración de la cadena de suministro*. (https://www.academia.edu/9418480/Administraci%C3%B3n_de_la_cadena_de_suministro?rhid=29392426816&swp=rr-rw-wc-11761467), consultado el 8 de marzo de 2022. De dominio publico

- Coeficiente de variación

“El coeficiente de variación mide la magnitud de la incertidumbre en relación con la demanda” (Chopra & Meindl, 2013, p. 317).

Cálculo:

$$cv = \frac{\sigma}{\mu}$$

σ = Desviacion estandar

μ = Demanda promedio

cv = Coeficiente de variacion

7.4.5. Método de Croston

El método de Croston se basa en analizar demandas intermitentes y erráticas.

Según Santa Cruz y Correa (2017):

Utiliza como base la atenuación exponencial simple separando la serie de tiempo en dos partes: la primera, una serie con valores positivos de demanda, y la segunda, con los tiempos entre demandas consecutivas no nulas. En cada una de esas series se estima la previsión por medio de suavización exponencial y luego, ambos valores son actualizados cuando existe un valor no nulo de demanda. (p. 10)

El método de pronóstico de Croston se puede calcular de la siguiente manera:

$$\hat{n}_t = \alpha n_t + (1 - \alpha) \hat{n}_{t-1}$$

$$\hat{z}_t = \alpha n_t + (1 - \alpha) \hat{z}_{t-1}$$

$$\hat{X}_t = \frac{\hat{z}_t}{\hat{n}_t}$$

Donde $0 \leq \alpha \leq 1$

X_t = Demanda en el periodo t

Y_t = variable igual a 1 si la demanda es >

0 en el periodo t . de lo contrario es igual a cero

$$Z_t * Y_y =$$

Tamaño de la demanda ocurrida en el periodo t

n_t = Numero de periodos transcurridos desde la ultima demanda mayor a cero en el periodo t

\hat{n}_t = Valor estimado de n al final del periodo t

\hat{z}_t = Valor estimado de z al final del periodo t

7.4.6. Medición del error de pronóstico

Para Render & Heizer (2009):

En la práctica se usan varias medidas para calcular el error global de pronóstico. Estas medidas pueden usarse para comparar distintos modelos de pronóstico, así como para vigilar los pronósticos y asegurar su buen desempeño. Las tres medidas más populares son la MAD (mean absolute deviation; desviación absoluta media), el MSE (mean squared error; error cuadrático medio), y el MAPE (mean absolute percent error; error porcentual absoluto medio). (p. 115)

Todo modelo de pronóstico que se aplica en las organizaciones se debe aplicar una medición de error, el cual ayudará a evaluar el desempeño del modelo que se eligió, por tal razón es importante la exactitud de la data histórica.

- Desviación absoluta media (MAD)

“Es una medición del error global de pronóstico” (Render & Heizer, 2009, p. 115).

El cálculo se realiza con la sumatoria de los valores absolutos para posterior dividirlo con el total de los datos en estudio.

$$MAD = \frac{\sum |Real - Pronostico|}{n}$$

- Error cuadrático medio (MSE)

Este se da cuando se realiza un “promedio de los cuadrados de las diferencias encontradas entre los valores pronosticados y observados” (Render & Heizer, 2009, p. 116).

$$MSE = \frac{\sum (Errores de pronostico)^2}{n}$$

- Error porcentual absoluto medio (MAPE)

Este error se da con el “promedio de las diferencias absolutas encontradas entre los valores pronosticados y los reales, expresado como un porcentaje de los valores reales” (Render & Heizer, 2009, p. 117).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n 100 |Real_i - Pronostico_i| / Real_i}{n}$$

7.4.7. Administración de riesgos del pronóstico

Cuando se planifica para el futuro deben considerarse los riesgos asociados con el error de pronóstico. Los errores en el pronóstico pueden dar lugar a una mala asignación de los recursos en el inventario, las instalaciones, el transporte, el aprovisionamiento, los precios, e incluso en la administración de la información.

Los errores de pronóstico durante el diseño de una red pueden hacer que se construyan muchas instalaciones, pocas o inadecuadas. Los planes se determinan a partir de pronósticos, así que los planes reales de inventario, producción, transporte, aprovisionamiento y de fijación de precios que una compañía produce y sigue dependen de pronósticos precisos. (Chopra & Meindl, 2013, p. 204)

Por tal razón es importante manejar datos reales y evitar así incluir datos que pueda alterar los resultados esperados en el control de las proyecciones.

Cuando se elige el modelo apropiado con respecto al comportamiento de la demanda, el porcentaje de error será menor y esto a su vez ayuda a tener mayor confianza en las decisiones que se puedan tomar, para los abastecimientos futuros.

7.4.8. Herramientas de análisis de sensibilidad

Existen varios programas que ayudan a evaluar la sensibilidad del comportamiento de las variables en estudio, es importante definir el modelo a utilizar según el propósito.

Existen varios modelos los cuales dependen de la forma de cuantificar las variables en estudio.

- Modelos determinísticos
- Modelos probabilísticos

En el modelo probabilístico según Gutiérrez (2007) “las variables de entrada toman valores de acuerdo con una distribución de las probabilidades” (p. 21). Este modelo considera la incertidumbre y por lo tanto existirán varias respuestas.

En el programa de Microsoft Excel se pueden aplicar varias funciones entre ellas está la función solver.

7.4.8.1. Solver

“Es la herramienta del programa de Excel que permite modificar simultáneamente un conjunto de variables de entrada para optimizar el resultado de una variable de salida” (Gutiérrez, 2007, p. 50).

Cuando se aplica un modelo de pronósticos y se obtiene el porcentaje de error, es necesario utilizar una herramienta para evaluar la sensibilidad del porcentaje de error obtenido, con el solver se evaluará la optimización de las

variables en estudio y ayude a tomar decisiones sobre las proyecciones de las compras futuras.

Para evaluar las variables en estudio en el programa de Excel con la herramienta de solver es necesario seguir los siguientes pasos:

- Definir la variable a optimizar, esta debe estar relacionada en función de las otras variables en estudio.
- Definir las restricciones, estas deben ir relacionadas a la disponibilidad de los recursos.
- Aplicación de la herramienta (Gutiérrez, 2007).

7.5. Costos de inventario

Son todos aquellos gastos los cuales incurre una empresa para mantener la disponibilidad del inventario y tiene como objetivo mantener el ritmo de trabajo de las distintas áreas involucradas en la cadena de suministro (Render & Heizer, 2009).

El costo total del inventario está dividido de la siguiente manera:

Costo total (TC) = Costo de preparación + Costo de mantener + Costo del producto.

Considerando la fórmula:

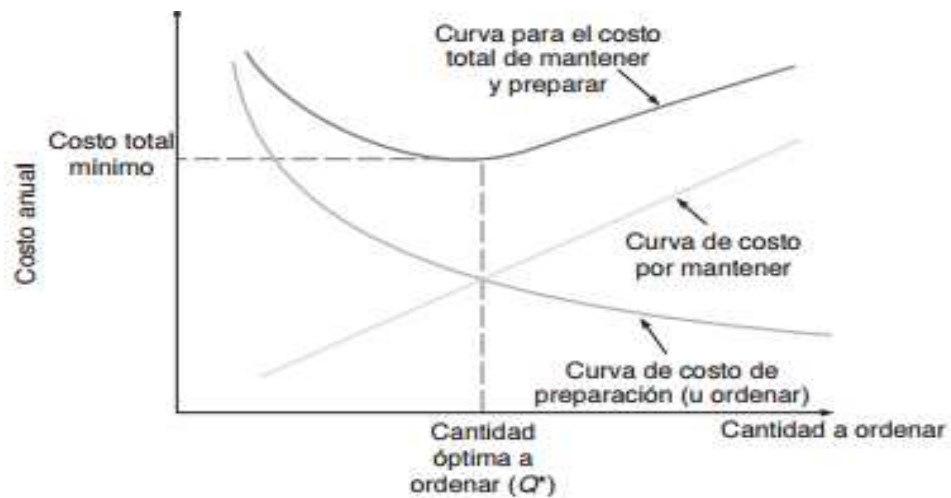
$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD$$

Donde:

- D = Demanda
- Q = Tamaño de lote
- H = Costo de mantener
- P = Precio
- S = Costo de preparar u ordenar

Figura 7.

Costo total



Nota. La gráfica muestra el comportamiento del inventario de seguridad. Obtenido de B. Render & J. Heinzer (2014). *Principios de administración de operaciones*. (https://www.academia.edu/81572150/PRINCIPIOS_DE_ADMINISTRACION_DE_OPERACIONES?hid=29380771753&swp=rr-rw-wc-21487388), consultado el 1 de marzo de 2022. De dominio público.

7.5.1. Costo de mantener

“Son los costos asociados con guardar o llevar el inventario a través del tiempo. Por lo tanto, los costos de mantener inventario también incluyen obsolescencia y otros costos relacionados con el almacenamiento, como seguros, personal adicional y pago de intereses” (Render & Heizer, 2009, p. 490).

$$\text{Costo de mantener inventario} = \frac{Q}{2}H$$

7.5.2. Costo de ordenar

Estos están relacionado a los costos de suministros, documentación, colocación de pedidos, personal de apoyo entre otros (Render & Heizer, 2009).

$$\text{Costo de ordenar} = \frac{D}{Q}S$$

7.5.3. Costo del inventario de seguridad

Es el costo que incurren las organizaciones por mantener la disponibilidad para cubrir la demanda en todo momento.

$$\text{Costo por mantener} = PD$$

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

2. MARCO TEORICO

2.1. Historia y evolución del transporte de carga

2.1.1. Definición

2.1.2. Características

2.1.3. Ventajas y desventajas

2.1.4. Vehículos tipo arrastre para carga

2.1.5. Vehículo tipo remolque

2.2. Mantenimiento automotriz

2.2.1. Mantenimiento preventivo

2.1.2. Mantenimiento correctivo

2.1.3. Mantenimiento predictivo

2.1.4. Importancia de los mantenimientos preventivos

2.1.5. Repuestos automotrices para ejes neumáticos

- 2.1.6. Proveedores
- 2.3. Administración de inventarios
 - 2.3.1. Definición
 - 2.3.2. Tipos de inventario
 - 2.3.3. Clasificación ABC
 - 2.3.4. Políticas de abastecimiento
 - 2.3.4.1. Sistema de revisión continuo
 - 2.3.4.2. Sistema de revisión periódica
 - 2.3.5. Modelos probabilísticos
 - 2.3.5.1. Nivel de servicio
 - 2.3.5.2. Inventario de seguridad
 - 2.3.6. Punto de reorden
- 2.4. Pronóstico de la demanda
 - 2.4.1. Definición
 - 2.4.2. Características
 - 2.4.3. Métodos de pronóstico
 - 2.4.3.1. Métodos cualitativos
 - 2.4.3.2. Métodos cuantitativos
 - 2.4.4. Modelos de pronóstico
 - 2.4.4.1. Series de tiempo
 - 2.4.4.2. Método de Croston
 - 2.4.5. Medición del error de pronóstico
 - 2.4.6. Administración de riesgos del pronóstico
 - 2.4.7. Herramientas de análisis de sensibilidad
 - 2.4.7.1. Solver
- 2.5. Costos de inventario
 - 2.5.1. Costos de matener
 - 2.5.2. Costos de ordenar
 - 2.5.3. Costos del inventario de seguridad

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 3.1. Situación actual de la empresa
- 3.2. Propuesta de un sistema para el control de inventario de repuestos
- 3.3. Evaluación y validación de la propuesta

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Situación actual de la empresa
- 4.2. Propuesta de un sistema para el control de inventario de repuestos
- 4.3. Evaluación y validación de la propuesta

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

El presente diseño de la investigación se desarrollará en el marco de una propuesta a partir de la evaluación actual. Para la obtención de la información histórica se observará y analizará cada uno de los procesos de abastecimiento de repuestos para ejes con operación neumática.

La investigación adoptará un diseño no experimental y el enfoque para el diseño será de tipo cuantitativo.

9.1. Características del estudio

A continuación, se detallan las características que formarán parte de la investigación:

- El enfoque que se le dará a esta investigación será de tipo cuantitativo ya que se utilizará análisis estadístico para facilitar el ordenamiento de la información recabada de la situación actual, como también para el análisis de la propuesta para la administración de inventarios de repuestos para ejes con operación neumática.
- El alcance que tendrá la propuesta es de tipo descriptiva y de campo, ya que se determinará la situación actual de la gestión de inventarios para repuestos con operación neumática y se realizará un análisis a partir de la información obtenida.

- El diseño a utilizar será no experimental debido a que no se modificarán las variables actuales.

9.2. Unidades de análisis

La población en estudio partirá de la gestión del inventario de repuestos de 15 skus, los cuales corresponden al mantenimiento del eje de operación neumática y se analizará los datos históricos de los consumos dentro del periodo de enero a diciembre del 2021, los cuales serán analizados en su totalidad.

9.3. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación:

Tabla 3.

Definición de variables

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Variabilidad de la demanda para repuestos	Evaluación de la variabilidad de la demanda.	Evaluación del coeficiente de variación de la demanda. $cv = \frac{\sigma}{\mu}$ $\sigma = \text{Desviación estándar}$ $\mu = \text{Demanda promedio}$ $cv = \text{Coeficiente de variación}$
Inventario de seguridad de repuestos	Cantidad de repuestos por tipo el cual permitirá abastecer la demanda	Cantidad de repuestos en unidades. $SS = Z\sigma_{P+L}$

Continuación de la Tabla 3.

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Tamaño del lote	Cantidad de repuestos optima por lote	<p>Cantidad de repuestos en unidades:</p> $EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$ <p>EOQ = Tamaño del lote D: Demanda S: costo por pedido H: costo de mantener una unidad en el inventario</p>
Lead time	Es el tiempo invertido desde que se coloca la orden de compra hasta que ingresa al almacén.	<p>Tiempo de respuesta se medirá en días para el ingreso de los repuestos al almacén.</p> $t(dias)$ <p>= <i>Ingreso de orden al almacen – colocacion de orden</i></p>
Punto de reorden (P)	Cantidad de repuestos mínima para colocar un nuevo pedido de repuestos con demanda y tiempo variable	<p>La medición se realizará en unidades y se aplicará la siguiente fórmula:</p> $ROP = (D * t) + Z\sigma_{P+L}$ <p>ROP= Punto de reorden d = Demanda t= Tiempo de entrega $Z\sigma_{P+L}$ = Inventario de seguridad</p>
Costo total del inventario	Son todos los costos relacionados que incurre la organización para mantener los repuestos	<p>Costo de mantener el inventario, costo de reordenar, costo de reparación, costo invertido.</p> $TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD$ <p>D=Demanda Q=Tamaño de lote H= Costo de mantener P= Precio S= Costo de preparar u ordenar</p>

Nota. Detalle de las fases y actividades de la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

9.4. Fases

Para las fases de estudio se detallarán y analizarán los procesos actuales en los cuales se obtendrá la información necesaria para realizar la propuesta.

- Fase 1. En esta fase se observará y evaluará el espacio físico que se tiene disponible para:
 - Almacenar los repuestos para ejes con suspensión neumática
 - Determinar la metodología para el abastecimiento del inventario
 - Obtención de data de los consumos del periodo junio a diciembre del 2021.
 - Posteriormente se tabularán las tablas con la información obtenida para el análisis.
 - Para esta fase es importante determinar la forma en que los departamentos evalúan los criterios para abastecer el inventario de repuestos para ejes neumáticos entre ellos la segmentación actual y el tipo de pronóstico.
 - También se evaluará si se tienen órdenes de compra abiertas o pendientes de enviar a los proveedores, los tiempos de entrega por parte de los proveedores y los tipos de negociación actual esto con el fin de determinar si existen clausulas entre proveedor y cliente.
- Fase 2. En base a los resultados obtenidos de la fase uno se realizar una propuesta para la clasificación de los repuestos con operación neumática que pueda determinarse en base a los consumos obtenidos en donde se

utilizarán tablas y gráficos para la determinación de la segmentación óptima.

- En base a la clasificación obtenida es importante la evaluación de tiempos de entrega por parte de los proveedores al almacén, determinar si las compras son locales o internacionales, evaluar la disponibilidad de los repuestos por parte de los proveedores.
- Fase 3. Es importante determinar el método de pronóstico para realizar la propuesta de cuándo y cuánto pedir, en esta fase se debe utilizar la información tabulada obtenida en la fase uno, para realizar gráficos que permitan evaluar método para la definición de la propuesta.
- Fase 4. Para esta fase se evaluarán los costos en que incurre la organización por la falta de los repuestos para ejes neumáticos. Es importante obtener una media de los tiempos que las unidades tipo remolque con ejes de operación neumática pasan en taller por falta de repuestos, considerando que este tipo de unidades son las que se utilizan para la distribución de las bebidas no carbonatadas hacia los centros de distribución.

Para las diferentes fases se utilizarán las herramientas de:

- Observación directa
- Entrevistas
- Recolección de data histórica
- Revisión documental y bibliográfica para lograr detallar la información de manera ordenada.
- Tablas para la tabulación de datos.

- Gráficos para determinar los comportamientos de los movimientos, los cuales servirán para determinar el tipo de pronóstico adecuado para la planificación de las compras futuras de los repuestos.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Se realizará un análisis estadístico de la información recopilada de la situación actual de la administración de inventarios, para evaluar el comportamiento de la demanda de repuestos para ejes con operación neumática, en donde se estará aplicando las siguientes herramientas:

- Tablas de la clasificación ABC: la clasificación ABC se utilizará para ordenar los repuestos por rotación y costo del inventario de repuestos.
- Gráficos de barras de la clasificación: los gráficos de barras se utilizarán para analizar gráficamente el comportamiento de la clasificación que se obtendrá.
- Pronósticos: en base al comportamiento de la demanda se aplicará el método el método de pronóstico que mejor se adapte para la planificación y la toma de decisiones de compras futuras.
- Gráficos para pronósticos: se necesita realizar el gráfico para cada método de pronóstico con el fin de analizar el comportamiento de la demanda.
- Tablas de datos: las tablas de datos son importantes para esta investigación ya que servirán para realizar la tabulación de la información histórica y propuesta.
- Recolección de datos: esta técnica se aplicará para obtener la información requerida en el almacén de repuestos para evaluar inventarios de

seguridad, la disponibilidad de los repuestos y la data histórica de los consumos y verificar la información contra el ERP.

- Entrevistas: se realizará las conversaciones con los departamentos involucrados en la administración de inventarios para resaltar aspectos de relevancia en la investigación.

Las herramientas estadísticas para utilizar serán:

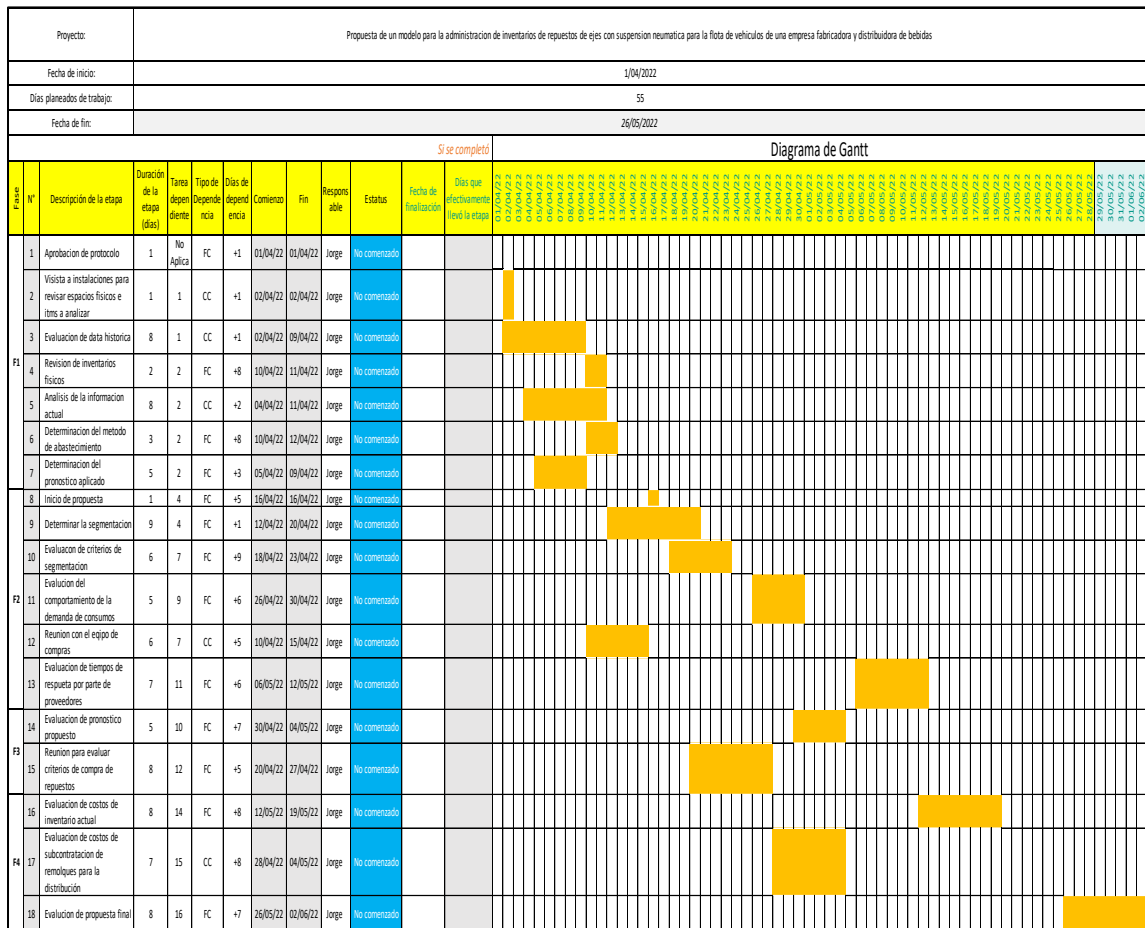
- Se utilizará la herramienta de solver del programa de Excel para validar y ajustar los pronósticos en conjunto con el porcentaje de error y lograr validar el comportamiento de la demanda.

11. CRONOGRAMA

El siguiente cuadro muestra las actividades que se llevarán a cabo para el desarrollo de la investigación.

Figura 8.

Cronograma de actividades



Nota. La figura muestra las actividades de la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La presente investigación se desarrollará en el almacén de repuestos de una empresa distribuidora de bebidas del departamento de Escuintla, la cual proporcionará datos históricos para el análisis de la situación actual sobre la administración de inventarios de repuestos de ejes con operación neumática. Posteriormente se busca presentar una propuesta de mejora en la gestión del inventario de repuestos.

El desarrollo de la investigación se realizará con recursos propios, apoyados de las herramientas de estadística descriptiva y se invertirá los siguientes recursos.

- Humanos: se empleará el recurso humano del área del almacén para verificar información relacionada a la investigación.
- Equipo de cómputo: la organización facilitara el uso del equipo de cómputo para la revisión de la data histórica.
- Infraestructura: se tiene la autorización para acceder al área de almacén para la revisión física de los repuestos los cuales están contemplados en la investigación.
- Acceso a información: se cuenta con los permisos para acceder a la información histórica en el sistema ERP.

Tabla 4.

Recursos necesarios para la investigación

Recurso	Costo
Hojas de papel bond	Q20.00
Impresiones	Q30.00
Lápiz, borrador, zaca puntas y lapiceros (rojo, blanco y azul)	Q20.00
Combustible super (visitas)	Q300.00
Depreciación vehículo	Q333.00
Total	Q703.00

Nota. La figura muestra el cronograma de actividades de la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

Evaluando los recursos detallados para el desarrollo de la investigación, se considera que es factible ejecutar el estudio.

13. REFERENCIAS

- Anaya, T. (2015). *El transporte de mercancías*. Madrid, España: Esic Editorial.
<https://books.google.com.gt>
- Ballou, R. (2004). *Logística, administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Education. <https://www.academia.edu/>
- Barreto, D. (2015). *Modelos de control de inventarios para la reducción de costos de repuestos de mantenimiento en taladros de perforación offshore en la provincia de tumbes*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú]. Repositorio institucional.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Education. <https://edupointvirtual.com/wp-content/uploads/2020/03/Administracion-de-la-cadena-de-suministro-5ed-Sunil-Chopra-y-Peter-Meindl.pdf>
- Flores, O., y Pérez, J. (2013). La evolución en el transporte de las mercancías. *Revista Academia de Economía*, 186.
<https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2013/mercancia.html>
- Garzón, Q. (2015). *Diseño de un modelo de gestión y control de inventarios caso de estudio: distribuidora de productos de consumo masivo en la ciudad de Ibagué*. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 2(1), 44-47.
<https://doi.org/10.23850/2422068X.386>

- Gómez, I., y Brito, J. (2020). *Administración de operaciones*. Guayaquil, Ecuador: UIDE/GUAYAQUIL/2020. <https://repositorio.uide.edu.ec/>
- Gutiérrez, J. (2007). *Modelos financieros con Excel*. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones. <https://books.google.com.gt/>
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. México: Pearson Education. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/566458/Administracion De Operaciones - LEE J. K-comprimido.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/566458/Administracion_De_Operaciones_-_LEE_J._K-comprimido.pdf)
- Martínez N., y Osorio J. (2018). Gestión de inventarios de repuestos considerando el riesgo. *Revista Espacios*, 39(44), 29.
- Medina, E. (2002). *Análisis, administración y control de inventarios en empresas de manufactura (un enfoque conceptual)*. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Archivo digital. <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te>
- Mora, G. (2014). *Logística de transporte y distribución de carga*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones, Ltda. <https://books.google.es>
- Moreano, F., y Pérez, E. (2020). Plan de mantenimiento preventivo para la mejora del índice de falla de un sistema de transporte neumático. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 6(4), 307-323.
- Nallusamy, S. (2017). Modelo propuesto para la política de revisión de inventarios a través de análisis ABC en una industria de fabricación de automóviles. *Revista internacional de investigación en ingeniería en África*, 29(1), 165-174. <https://www.researchgate.net/>

Peralta, G. (2019). *Propuesta de un modelo de gestión estratégica para mejorar el mantenimiento preventivo en un taller automotriz de servicios rápidos utilizando como base la herramienta de cuadro de mando integral (CMI)*. [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional.

Render, B., & Heizer, J. (2009). *Principio de administración de operaciones*. México: Pearson Education.
<https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/47cb70cab6ec78aa65b34e6c70ce8822.pdf>

Rupay H. (2018). *Modelo de inventario para la gestión de mantenimiento de tracto camiones*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio institucional.

Santa Cruz, R., y Correa, C. (2017). Previsión de demanda intermitente con métodos de series de tiempo y redes neuronales artificiales. *Revista DYNA*, 84(203), 9-16.

Sarache, W., Hoyos, C., & Burbano, J. (2004). Procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas multicriterio. *Revista Scientia et Technica*, X(24), 219-224.

Schroeder R., Goldstein S., & Rungtusanatham M. (2011). *Administración de operaciones*. México: McGraw-Hill. <https://www.untumbes.edu.pe/>

14. APÉNDICES

A continuación, se presentan los consumos de repuestos correspondientes al año 2021.

Apéndice 1.

Consumo de maching brake

Mes	Maching brake
Ene	35
Feb	25
Mar	0
Abr	22
May	60
Jun	0
Jul	10
Ago	16
Sep	0
Oct	14
Nov	45
Dic	0

Nota. La tabla muestra los consumos por mes del repuesto Maching Breake. Elaboración propia.

Apéndice 2.

Consumo de buje trifuncional

Mes	Buje trifuncional
Ene	0
Feb	15
Mar	18
Abr	0
May	4
Jun	8
Jul	0
Ago	6
Sep	5
Oct	0
Mes	Buje trifuncional
Nov	17
Dic	26

Nota. La tabla muestra los consumos por mes del buje trifuncional. Elaboración propia.

Apéndice 3.

Consumo de tubos de leva

Mes	Tubo de leva "S"
Ene	0
Feb	18
Mar	14
Abr	0
May	4
Jun	10
Jul	0
Ago	8
Sep	0
Oct	7
Nov	0
Dic	12

Nota. La tabla muestra los consumos por mes del repuesto tubo de leva. Elaboración propia.

Apéndice 4.

Consumo de bolsa de suspensión primaria

Mes	Bolsa de suspensión primaria
Ene	2
Feb	1
Mar	0
Abr	8
May	4
Jun	0
Jul	3
Ago	14
Sep	0
Oct	6
Nov	10
Dic	0

Nota. La tabla muestra los consumos por mes del repuesto bolsa de suspensión primaria.
Elaboración propia.

Apéndice 5.

Consumo de amortiguadores

Mes	Amortiguador
Ene	9
Feb	0
Mar	21
Abr	0
May	6
Jun	0
Jul	3
Ago	6
Sep	0
Oct	11
Nov	7
Dic	5

Nota. La tabla muestra los consumos por mes del repuesto tubo de leva. Elaboración propia.

Apéndice 6.

Consumo de bujes trifuncionales

Mes	Kit de tornillos de bujes trifuncionales
Ene	16
Feb	2
Mar	1
Abr	0
May	2
Jun	14
Jul	0
Ago	3
Sep	8
Oct	1
Nov	0
Dic	6

Nota. La tabla muestra los consumos por mes del repuesto tubo de leva. Elaboración propia.

Apéndice 7.

Consumo de válvula reguladora de control de altura

Mes	Válvula reguladora de control de altura
Ene	0
Feb	0
Mar	0
Abr	5
May	1
Jun	0
Jul	3
Ago	2
Sep	0
Oct	8
Nov	4
Dic	0

Nota. La tabla muestra los consumos por mes de válvula reguladora de control de altura.

Apéndice 8.

Consumo de bolsa de suspensión secundaria

Mes	Bolsa de suspensión secundaria
Ene	12
Feb	0
Mar	0
Abr	10
May	1
Jun	4
Jul	1
Ago	0
Sep	9
Oct	1
Nov	0
Dic	10

Nota. La tabla muestra los consumos por mes de bolsa de suspensión secundaria. Elaboración propia.

Apéndice 9.

Consumo de tapadera frontal de bufa

Mes	Tapadera frontal de bufa
Ene	0
Feb	0
Mar	7
Abr	0
May	5
Jun	0
Jul	2
Ago	0
Sep	12
Oct	0
Nov	3
Dic	1

Nota. La tabla muestra los consumos por mes de la tapadera frontal de bufa. Elaboración propia.

Apéndice 10.

Consumo de tuerca de precisión

Mes	Tuerca de precisión
Ene	3
Feb	0
Mar	0
Abr	0
May	6
Jun	0
Jul	1
Ago	0
Sep	0
Oct	2
Nov	0
Dic	1

Nota. La tabla muestra los consumos por mes de la tuerca de precisión. Elaboración propia.

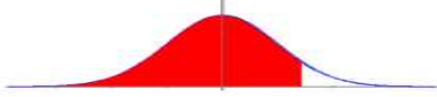
15. ANEXO

Anexo 1.

Distribución normal

A continuación, se presenta la tabla de la distribución normal en donde se referenció el nivel de servicio que requiere la organización.

TABLA DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

$$P(Z \leq z) = F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$


z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998

Nota. La tabla muestra el comportamiento del inventario de seguridad. Obtenido de la internet, Scribe Company, (<https://es.slideshare.net/slideshow/tabla-de-la-distribucion-normal-250648083/250648083>), consultado el 18 de marzo de 2022. De dominio público.

