



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Ingeniería de Mantenimiento

**IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO DE PRODUCTIVIDAD TOTAL BASADO EN
LUBRICACIÓN, PARA EL MEJORAMIENTO DE FRENADO DE EQUIPOS DE ARRASTRE
PARA UNA EMPRESA DE BEBIDAS NO CARBONATADAS DE LA CIUDAD DE
GUATEMALA**

Ing. Herbert Samuel Figueroa Avendaño

Asesorado por M.A. Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz

Guatemala, enero 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO DE PRODUCTIVIDAD TOTAL BASADO EN
LUBRICACIÓN, PARA EL MEJORAMIENTO DE FRENADO DE EQUIPOS DE ARRASTRE
PARA UNA EMPRESA DE BEBIDAS NO CARBONATADAS DE LA CIUDAD DE
GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. HERBERT SAMUEL FIGUEROA AVENDAÑO
ASESORADO POR M.A. ING. HUGO LEONEL RAMÍREZ ORTIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRÍO EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUATEMALA, ENERO 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE TESIS

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alejandro Alegre Ordóñez
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:

IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO DE PRODUCTIVIDAD TOTAL BASADO EN LUBRICACIÓN, PARA EL MEJORAMIENTO DE FRENADO DE EQUIPOS DE ARRASTRE PARA UNA EMPRESA DE BEBIDAS NO CARBONATADAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 20 de Julio de 2019.



Ing. Herbert Samuel Figueroa Avendaño

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.115.2023

La Decana 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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO DE PRODUCTIVIDAD TOTAL BASADO EN LUBRICACIÓN, PARA EL MEJORAMIENTO DE FRENADO DE EQUIPOS DE ARRASTRE PARA UNA EMPRESA DE BEBIDAS NO CARBONATADAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Ing. Herbert Samuel Figueroa Avendaño**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Decana

Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, enero de 2023

LNG.EEP.OI.115.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO DE PRODUCTIVIDAD
TOTAL BASADO EN LUBRICACIÓN, PARA EL MEJORAMIENTO DE
FRENADO DE EQUIPOS DE ARRASTRE PARA UNA EMPRESA DE
BEBIDAS NO CARBONATADAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA”**

presentado por **Ing. Herbert Samuel Figueroa Avendaño** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Dario Alvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 03 de noviembre 2022

Como coordinador de la **Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO DE PRODUCTIVIDAD TOTAL BASDADO EN LUBRICACIÓN, PARA EL MEJORAMIENTO DE FRENADO DE EQUIPOS DE ARRASTRE PARA UNA EMPRESA DE BEBIDAS NO CARBONATADAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA”** presentado por la profesional **Herbert Samuel Figueroa Avendaño** quien se identifica con carné **100019524**.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



MSc. Ing. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinadora
Maestría en Mantenimiento
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 18 octubre de 2022.

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí

Director

Escuela de Estudios de Postgrado

Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO DE PRODUCTIVIDAD TOTAL BASADO EN LUBRICACIÓN, PARA EL MEJORAMIENTO DE FRENADO DE EQUIPOS DE ARRASTRE PARA UNA EMPRESA DE BEBIDAS NO CARBONATADAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA"** del estudiante **Herbert Samuel Figueroa Avendaño** del programa de Maestría en Ingeniería de Mantenimiento, identificado con número de carné: **100019524**.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Ing. Hugo Ramírez
COL. No. 5545

MSc. Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz

Colegiado No. 5545

Asesor de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por concederme la oportunidad de cumplir esta meta.
- Mis padres** Felicito Figueroa Camargo (Q.E.P.D.), María Angelina Avendaño de Figueroa. Con amor entrañable y por su apoyo incondicional en todo momento. Hasta el cielo Padre, gracias por ser mi mejor ejemplo.
- Mi esposa** Ana Lucía Flores por estar siempre a mi lado.
- Mis Hijos** Ana Belén, María José, Ángel Juan Pablo, Verónica Samara, Lucas Josué. Por ser mi mejor logro en la vida.
- Mis hermanos** Miguel Ángel y Juan Gilberto Figueroa Avendaño, que Dios les siga multiplicando al ciento por uno.
- Mis sobrinos** Como un ejemplo de motivación para su superación personal.
- Mi comunidad** Por tenerme siempre en sus oraciones.

AGRADECIMIENTOS A:

- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser el *alma mater* que me permitió nutrirme de conocimientos.
- Facultad de Ingeniería** Por proporcionarme los conocimientos que me permitieron realizar este trabajo de graduación.
- Mis amigos** Por haberme acompañado durante mi carrera y compartir conocimientos.
- Mi asesor** M.A. Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortíz, con todo respeto por sus sabios consejos para desarrollar mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XIII
OBJETIVOS	XV
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. MARCO REFERENCIAL	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Definición de mantenimiento.....	5
2.2. TPM Mantenimiento productivo total.....	6
2.3. Impacto del Mantenimiento de Productividad Total (TPM).	7
2.4. Definición en 5 puntos del TPM	8
2.5. Los pilares del TPM	9
2.5.1. Mejoras enfocadas	9
2.5.2. Mantenimiento autónomo	9
2.5.3. Mantenimiento planificado o progresivo	10
2.5.4. Mantenimiento de calidad.....	10
2.5.5. Prevención del mantenimiento	11
2.5.6. Mantenimiento en áreas administrativas.....	11
2.5.7. Entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación...11	
2.6. Las metas del TPM.....	12

2.7.	Las grandes pérdidas.....	13
2.7.1.	Pérdidas por averías.....	13
2.7.2.	Pérdidas por preparación y ajuste.....	14
2.7.3.	Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas	14
2.7.4.	Pérdidas por velocidad reducida	14
2.7.5.	Defectos de calidad y trabajos de rectificación.....	15
2.7.6.	Pérdidas de arranque:	15
2.8.	Puntos para el estudio de las condiciones óptimas	15
2.9.	Implementación del Mantenimiento de Productividad Total (TPM).....	16
2.10.	Ánalisis de Criticidad	17
2.11.	Engrase.....	20
2.12.	Limpieza.....	27
2.13.	Indicadores de Mantenimiento	28
2.13.1.	MTBF (Mean Time Between Failures)	28
2.13.2.	MTTR (Mean Time To Repair).....	28
2.13.3.	Disponibilidad de los equipos	28
2.14.	Camiones.....	29
2.15.	Tractor o Cabezal.....	29
2.16.	Semirremolque.....	29
2.17.	Dolly	29
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	33
3.1.	OBJETIVO 1: Diagnosticar y analizar las causas de las fallas y la situación actual en cuanto a condiciones de operación de los equipos de arrastre utilizados en la empresa de transportes de bebidas no carbonatadas.....	33
3.1.1.	Análisis descriptivo de la información.....	33

3.1.2. Estadística descriptiva de la frecuencia de fallas por sistema de frenado	36
3.2. Objetivo 2: Diseñar un plan de mantenimiento para el funcionamiento de frenado de los equipos de arrastre y prolongar su vida útil, con la aplicación de un mantenimiento de productividad total basado en la lubricación.	38
3.2.1. Planificación	39
3.2.2. Recomendaciones de fabricantes	40
3.2.2.1. Ficha técnica	40
3.2.3. Programación	41
3.2.3.1. <i>Check List</i> de inspección inicial	41
3.2.4. Ejecución.....	43
3.2.5. Control.....	45
3.3. Objetivo 3: Evaluar la implementación de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala.	48
3.4. Objetivo General: Implementar un mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala.	53
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
4.1. Análisis Interno	57
4.2. Análisis externo	59
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63

REFERENCIAS.....	65
APÉNDICES	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Variables y parámetros de entrada de la gestión de mantenimiento	6
2.	Apoyo del TPM, a la administración por valor agregado.....	8
3.	Estructura del T.P.M.	9
4.	Metas del T.P.M.	12
5.	Fases del TPM.	17
6.	Simbología de frecuencia de engrase	22
7.	Tipos de camiones y vehículos articulados	30
8.	Tipo de combinaciones vehiculares No. 1	30
9.	Tipo de combinaciones vehiculares No. 2	31
10.	Ánálisis descriptivo de historial de gastos por sistema de frenado	35
11.	Frecuencia de fallas por sistema de frenado	37
12.	Personal para la ejecución de mantenimiento y reparación.....	38
13.	Aspectos para realizar un plan de mantenimiento	39
14.	Ejecución de Implementación plan de Mantenimiento	45
15.	Gastos de primer año de implementación por unidad	51
16.	Gastos de segundo año de implementación por unidad	52
17.	Gastos sin Vrs. Gastos con implementación de plan.....	54
18.	Días en taller sin implementación versus con implementación de plan.	55

TABLAS

I.	Variables	XVIII
II.	Fórmula para muestra aleatoria poblacional.....	XIX

III.	Análisis descriptivo del historial de fallas por sistema de frenado	34
IV.	Frecuencia de fallas por sistema de frenado.....	36
V.	Personal empleado para ejecución de mantenimiento y reparación.....	37
VI.	Recomendaciones de fabricantes.....	40
VII.	Ficha técnica propuesta para control de información	41
VIII.	Equipo de protección personal.....	42
IX.	Programación de equipos de arrastre para realización de mantenimiento basado en lubricación.....	44
X.	Ficha de control	46
XI.	Servicios cada 30,000 Km. o 6 Meses	47
XII.	Servicios cada 60,000 Km o 6 Meses	47
XIII.	Ahorro en el año	48
XIV.	Resultados Primer año de implementación por unidad	50
XV.	Resultados Segundo año de implementación por unidad	51
XVI.	Gastos sin implementación de plan versus. Gastos con implementación de plan	53
XVII.	Ahorro en porcentaje por implementación de plan.....	54
XVIII.	Días en taller sin implementación versus implementación de plan.....	54

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
C.	Camión
T.	Cabezal
Km.	Kilómetro
L.	Litro
TPM	Mantenimiento de productividad total
Q.	Quetzales
R.	Remolque
S.	Semirremolque
S.A.	Sociedad Anónima
MTTR	Tiempo medio en reparación
MTBF	Tiempo medio entre averías

GLOSARIO

Advenimiento	Llegada, venida o aparición, especialmente de un acontecimiento importante o de una época.
Arrastre	Acción de arrastrar cosas que se llevan así de una parte a otra.
Combustión	Acción de arder o quemarse una materia.
Durabilidad	Cualidad de durable o duradero.
Eficacia	Capacidad para producir el efecto deseado o de ir bien para determinada cosa.
Eficaz	Que produce el efecto esperado, que va bien para determinada cosa.
Eje	Barra cilíndrica que atraviesa un cuerpo giratorio y le sirve como centro para girar.
Exhaustivo	Que agota la materia de que se trata o es muy completa.
Fiabilidad	Probabilidad de que un sistema cumpla una determinada función bajo ciertas condiciones durante un tiempo determinado.

Fricción	Rozamiento entre dos cuerpos en contacto uno de estos está inmóvil.
Inutilización	Privación o pérdida de la utilidad de una cosa.
Meta	Fin al que se dirigen las acciones.
Optimización	Método para determinar los valores de las variables que intervienen en un proceso o sistema para que el resultado sea el mejor posible.
Pérdida	Acción de perder o perderse.
Productividad	Capacidad de la naturaleza o la industria para producir.
Remolque	Plataforma o armazón con ruedas remolcada por un vehículo mediante un enganche, que se utiliza para el transporte de carga.
Viscosidad	Resistencia de un líquido a fluir.

RESUMEN

El propósito de la investigación fue analizar las fallas mecánicas más recurrentes que existieran en el sistema de frenado de los equipos de arrastre, estas fallas nos ayudaron a diseñar un plan de mantenimiento, con este plan se realizó procedimientos correctos para la ejecución de una forma ágil y oportuna, y esto nos garantiza la disponibilidad de los equipos de arrastre.

El objetivo general consistió en la implementación de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala con la implementación de este plan de mantenimiento se pudo tener procesos más eficientes y con esto obtuvimos confiabilidad en la disponibilidad de los equipos en la flota.

El diseño de la investigación no es experimental, ya que se basó en métodos, procedimientos que se plantearon para cumplir los objetivos del plan de mantenimiento de productividad total basado en lubricación para equipos de arrastre, con este plan se obtuvieron una excelente propuesta de valor para la empresa. El tipo de estudio fue descriptivo correlacional, debido que se realizó un plan de mantenimiento basado en lubricación y esto nos ayudó a realizar un comparativo del mantenimiento actual versus el mantenimiento basado en lubricación, se logró plantear procedimientos de rutina y contingencia que garantizaran el correcto funcionamiento de los equipos de arrastre.

El principal resultado fue determinar las fallas mecánicas más recurrentes en el sistema de frenado de los equipos de arrastre la cual afectaba la operación

y esto mejoró las rutinas de mantenimiento preventivo. Con esta información se diseñó la implementación de un plan de mantenimiento el cual, describió las nuevas rutinas, planes de contingencia, indicadores de rendimiento, optimización de tiempos y costos para la flota.

Por lo tanto, al contar con un plan de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, la empresa contó con formatos de control por medio de órdenes de trabajo, tareas preventivas y control de servicios que por medio de indicadores de mantenimiento (Tiempo medio entre fallas y Tiempo medio de reparación), podrán medir la disponibilidad de los equipos de arrastre y así satisfacer la necesidad de entregar a la empresa una flota activa para la distribución de los productos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema que tiene la empresa es el retraso en la entrega de producto, baja eficiencia de los procesos de distribución a las diferentes localidades e incapacidad de dar respuestas rápidas y entregas oportunas del producto siendo estas bebidas no carbonatadas, provocando quejas e insatisfacción en los ejecutivos de la empresa.

Descripción

La empresa de transportes de bebidas no carbonatadas nació en 1957 como un departamento de transporte y mantenimiento, siendo su labor principal llevar pedidos a depósitos y supermercados. El departamento de logística está distribuido por dos secciones, siendo éstas distribución primaria y distribución secundaria. Distribución primaria se enfoca en distribuir a todas las agencias ubicadas en toda Guatemala, distribución secundaria se dedica a distribuir a todos los depósitos y supermercados.

Está distribuida en tres centros de operaciones a nivel nacional, Nororiente, Sur y Occidente. En la actualidad cuenta con una moderna flota de cabezales, cada uno con equipo de arrastre, entre plataformas y furgones, destinados a la distribución de bebidas no carbonatadas.

La industria del transporte pesado en Guatemala ha mostrado, que está en capacidad de competir en los mercados Internacionales, tanto en cantidad como en calidad. La explicación salta a la vista cuando se observa y se analiza los procedimientos de los equipos empleados en el traslado del producto.

Las unidades de transporte de arrastre al no tener acertados programas de mantenimiento presentan una serie de problemas cuyos síntomas se manifiestan a continuación:

- Retraso en la entrega de producto.
- Baja eficiencia de los procesos de distribución a las diferentes localidades.
- Incapacidad de dar respuestas rápidas y entregas oportunas del producto.
- Formulación del problema
 - Pregunta central

¿Cómo se puede mejorar el mantenimiento preventivo basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Cuál es la situación y condiciones de operación para determinar las causas de las fallas de los equipos de arrastre utilizados en la empresa de transportes de bebidas no carbonatadas?
 - ¿Cómo se puede mejorar el funcionamiento de los equipos de arrastre y prolongar su vida útil?
 - ¿Qué beneficios hay en la implementación del mantenimiento de productividad total basado en lubricación?

OBJETIVOS

- General

Implementar un mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala

- Específicos

1. Diagnosticar y analizar las causas de las fallas y la situación actual en cuanto a condiciones de operación de los equipos de arrastre utilizados en la empresa de transportes de bebidas no carbonatadas.
2. Diseñar un plan de mantenimiento para el funcionamiento de frenado de los equipos de arrastre y prolongar su vida útil, con la aplicación de un mantenimiento de productividad total basado en la lubricación.
3. Evaluar la implementación de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

- Características generales

El enfoque del estudio fue mixto. Ya que fue de enfoque cuantitativo, debido que se realizaron análisis del antes y después de la Implementación. Estos resultados se obtuvieron por medio de un análisis estadístico donde se logró implementar indicadores de mantenimiento TPEF (Tiempo promedio entre fallas), TPPR (Tiempo promedio para reparar), para analizar la falla de frenado fue necesario recurrir de un análisis de Pareto y análisis causa raíz, que nos ayudaron a identificar las mejoras en los procesos de mantenimiento, para que la flota obtuviera mayor disponibilidad y continuidad en la operación. Se logró reforzar con técnicas cualitativas, ya que se efectuó una descripción del estado de los equipos de arrastre.

El diseño de la investigación no fue experimental, ya que nos basamos en métodos, procedimientos que se plantearon para cumplir los objetivos del plan de mantenimiento de productividad total basado en lubricación para equipos de arrastre, con este plan se obtuvo una excelente propuesta de valor para la empresa.

El tipo de estudio fue descriptivo, debido que se realizó un plan de mantenimiento basado en lubricación y esto ayudó a realizar un comparativo del mantenimiento actual versus el mantenimiento basado en lubricación, se logró plantear procedimientos de rutina y contingencia que garanticen el correcto funcionamiento de los equipos de arrastre.

El alcance de la investigación fue descriptivo. Porque se tuvo un conocimiento previo del problema de investigación, con la cual se realizaron observaciones y encuestas a los técnicos que efectúan los mantenimientos. Se describieron las actividades de la operación y esto permitió realizar mejoras en el proceso, con el fin de caracterizar adecuadamente el problema. La propuesta de mantenimiento de productividad total basado en lubricación disminuyó considerablemente los tiempos muertos de los equipos de arrastre en el taller.

Tabla I. **Tabla I. Variables**

Variable	Definición Conceptual	Definición Operativa	Indicador
Tiempo de Mantenimiento	Periodo o recurrencia con que se ejecuta el mantenimiento.	Cantidad de tiempo para ejecutar el mantenimiento.	Tiempo medio entre la falla.
Tareas correctivas Recurrentes en Equipos de Arrastre	Criticidad e identificación de los fallos de frenos en equipos de arrastre.	Frecuencia de reapariciones correctivas por fallo de frenos en los equipos de arrastre.	Tiempo medio hasta su reparación.

Fuente: elaboración propia

- Unidades de análisis

La población que se estudió en la flota de los equipos de arrastre es finita de 24 equipos de arrastre.

$N = 24$ equipos de arrastre

Nivel de confianza = 95 %

$Z = 1.96$

$P = 0.95$

Significancia = 0.05

Tabla II. Fórmula para muestra aleatoria poblacional

Tipo de indicador	Servicios	¿Qué mide?
Tamaño de muestra conociendo la población	Equipos de arrastre	La muestra necesaria para realizar el análisis sensorial

Fuente: elaboración propia

$$n = \frac{N \times Z\alpha^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z\alpha^2 \times p \times q}$$

$$n = \frac{(24)(1.96)^2(0.05)(0.95)}{(0.05)^2(24 - 1) + (1.96)^2(0.05)(0.95)} = 18.25$$

La muestra obtenida es de 18 equipos de arrastre y se analizó los repuestos e insumos, equipo de taller, mano de obra.

- Fases del estudio
 - FASE 1: Investigación documental.

Responde a la revisión documental para realizar la investigación de antecedentes del problema y el marco teórico relacionado al mismo.

- FASE 2: Descripción de los mantenimientos que se realizaron a los equipos de arrastre.

Para el cumplimiento del primer objetivo, se realizó la recolección de toda la información referente al mantenimiento de los equipos de arrastre, esto de acuerdo a revisión y análisis de las necesidades del mantenimiento.

Se determinó el sistema de captura de información y de cómo se gestionaron los reportes de mantenimiento ya que se diseñó la herramienta de trabajo necesaria para optimizar dicha gestión. Las fuentes disponibles de información fueron los colaboradores y el historial existente.

Descripción de los servicios de engrase, diagrama de flujo, descripción de los equipos, requerimientos del cliente, selección de los materiales a utilizar y verificación de seguridad industrial.

- FASE 3: Se diseñó la metodología de análisis de resultados y causas de ineficiencias o incumplimientos de variables de proceso e indicadores necesarios para desarrollar el trabajo de investigación.

Se determinó las herramientas que se utilizaron en el presente trabajo:

- Revisión documental de estudios acerca del tema, en libros, revistas científicas, artículos en internet, entre otros, se determinó el estado de arte en cuanto a la lubricación de equipos de arrastre.
- Aplicación experimental de lubricación en equipos de arrastre.
- Registro de datos estadísticos tomados en el estudio de campo.
- Obtención de documentación, instrucciones y datos técnicos sobre equipos de arrastre, fundamentales para la reparación y para llevar a cabo acciones preventivas y correctivas.
- Utilización de tecnología como cámara fotográfica, video cámara y computadora portátil, ya que se llevó a cabo una investigación de campo y se dejó digitalizado cualquier dato que le dé un valor agregado a esta investigación

- FASE 4: Preparación y presentación del informe final

En esta fase se determinó los procesos de mejora que fueron necesarios para la mejora del mantenimiento utilizado en los equipos de arrastre a partir de los resultados y la presentación de un sistema de control de calidad del mantenimiento según los procesos de mejora para la calidad del mantenimiento de los equipos de arrastre.

Una vez se establecieron los procesos y mediante el uso de la información directa recabada se incluyeron la interpretación de los resultados obtenidos comparándolos con las especificaciones establecidas.

- Resultados esperados

El resultado esperado fue establecer la base teórica como marco de referencia, con esta base se desarrolló el trabajo de investigación.

Así mismo, se determinó las deficiencias en los equipos de arrastre y se determinó la efectividad que tiene la empresa para proporcionar equipos de arrastre confiables y durables.

También se determinó los procesos que son claves para la ejecución de los mantenimientos, se estableció las causas de las deficiencias y se obtuvo la evaluación y retroalimentación del diseño.

Finalmente, se obtuvo el reporte final del trabajo de investigación en base a las directrices establecidas por la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

INTRODUCCIÓN

Dentro del concepto de mantenimiento, se han hecho sistematizaciones como, por ejemplo, manual de programas de mantenimiento en plantas, engrase y lubricación de máquinas, que han definido distintos estilos de mantenimiento, las cuales han facilitado y definido cómo debe ser la aplicación y la administración de procesos básicos como la reparación, inspección, lubricación y monitoreo de equipos y componentes. Todo esto, enfocado a incrementar la durabilidad y confiabilidad de los equipos.

El presente trabajo de investigación consiste en una sistematización de procedimientos de mantenimiento, presenta un diseño de optimización de procesos para la gestión de los trabajos de mantenimiento con la metodología VOSO (Ver, Oír, Sentir, Oler).

Los problemas que tiene la empresa es el retraso en la entrega de producto, baja eficiencia de los procesos de distribución a las diferentes localidades e incapacidad de dar respuestas rápidas y entregas oportunas del producto siendo estos (pallet de cervezas, aguas carbonatadas y racks de agua pura), provocando quejas e insatisfacción en los ejecutivos de la empresa.

Se propone analizar los tiempos muertos en que los equipos de arrastre de doble remolque están en taller, equipos que presentan cambio de piezas en repetidas ocasiones antes que llegara a su respectivo servicio.

Dentro de los beneficios que ofrece esta investigación destaca el mejoramiento del nivel de calidad de la industria del transporte, porque se tratará de llevar la teoría de la ingeniería en mantenimiento a la práctica. Adicionalmente, es un complemento que cubre ampliamente el uso de los equipos de arrastre correspondientes.

En el primer capítulo, describe el marco referencial de la investigación donde se describe la importancia de la implementación del mantenimiento de productividad total, los indicadores de mantenimiento y las estrategias que se puedan optar.

En el segundo capítulo, se presenta el marco teórico conceptos básicos como frenos de equipo de arrastre, características de los lubricantes, posibilidad de mejoras en el engrase, lubricación de cojinetes, almacenaje de lubricación, mantenimiento de productividad total.

En el tercer capítulo, se presentan los resultados obtenidos en la presente investigación, mediante un análisis estadístico descriptivo de los datos recopilados que permiten obtener información pertinente del estado del equipo. Se presenta la información y los indicadores previamente definidos, donde se analiza la información generada, sustentando la toma de decisiones que podría darse en relación con la implementación del plan de mantenimiento de productividad total basado en lubricación.

En el cuarto capítulo, consiste en una discusión e interpretación de los resultados de forma detallada, donde a través del hallazgo del estudio, se presentó la información para poder sustentar las decisiones consideradas. Se realizará también las conclusiones y recomendaciones pertinentes a cuanto la mejora continua en la operación.

1. MARCO REFERENCIAL

Torres (2011) menciona que para optar por un mantenimiento productividad total se debe tener en cuenta que mediante el orden y la disciplina se logra una metodología, y los pasos a seguir son los siguientes: a) mejoras enfocadas; b) mantenimiento autónomo; c) mantenimiento planificado; d) mantenimiento de calidad; e) mantenimiento temprano; f) mantenimiento de áreas administrativas; g) entrenamiento, educación capacitación y crecimiento; h) seguridad, higiene y medio ambiente. Con esto Torres, nos ayudó a tomar conciencia en el trabajo ordenado y realizarlo con disciplina por medio de una buena administración de mantenimiento, se pudo aplicar un mantenimiento de productividad total basado en lubricación.

Por su parte Mora (2008) menciona que, Los indicadores son necesarios para poder mejorar: “Lo que no se mide no se puede controlar, y lo que no se controla no se puede gestionar”. Con esta descripción, se pudo considerar que uno de los mayores problemas fue que no se tiene la cultura de controlar ya que lo que el personal ejecutó tanto la parte administrativa como la parte operativa.

Comba. (1973) indica, que uno de los programas más importantes en el mantenimiento preventivo es el programa de engrase. La vida útil del equipo depende en gran medida de una correcta lubricación, existiendo un alto porcentaje de averías debido a un engrase defectuoso. Teniendo claro este planteamiento, nos sirvió para ejecutar técnicas sencillas de utilizar como fue la técnica VOSO (Ver, Oír, Sentir, Oler), ya que esta técnica la pudimos aplicar mientras se está lubricando el equipo, esto nos permitió diagnosticar alguna falla

y así pudimos programar la reparación del mismo e incluso si se pudo corregir en el momento se corrigió.

Kazanas, Baker y Gregor (1983), mencionan que la manufactura moderna es una actividad industrial que requiere recursos tales como elementos humanos, materiales, máquinas y capital. Ahora bien, para una producción eficiente, económica y competitiva, todos los recursos se deben organizar, coordinar y controlar con cuidado. Esto nos dio como resultado una organización íntegra, capaz de lograr una producción competitiva, en términos de calidad y rentabilidad. Por medio de esta descripción, se optó por un mejor manejo del departamento y se tomó en cuenta en la realización de formatos de control, procedimiento, lineamientos donde se realizó las ejecuciones de mantenimiento requeridas.

Urbina. (2007), Menciona que hay cinco principales tipos de decisiones estratégicas para una empresa en la que la ingeniería económica interviene son:

- Mejoras en el servicio o en la calidad.
- Selección del equipo y de los procesos.
- Reemplazo de equipo.
- Adquisición de nuevos productos o expansión de productos.
- Reducción de costos.

En cada una de estas decisiones se evaluó el costo y el beneficio de la inversión. A esta descripción se le apuntó la implementación de mantenimiento de productividad total basado en lubricación ya que el objetivo fue tener disponibilidad de los equipos de arrastre y reducción de costos sin golpear la calidad de los repuestos, insumos y recurso humano.

Villegas. (2005) sostiene que, los sentidos humanos (VOSO), Ver, Oler, Sentir y Oír son actividades generalmente olvidadas cuando se escribe la lista de los métodos para monitorear condiciones de operaciones. Es muy frecuente, en mantenimiento, que una apreciación subjetiva, usando nuestros sentidos, inicie un análisis subjetivo y exhaustivo de un problema. El cuerpo humano es la herramienta más útil para detectar alguna falla y sobre todo con un método sencillo de implementar con el simple hecho de ver alrededor de la maquinaria, sentir los olores que la máquina puede producir a la hora de una falla, sentir o tocar las piezas que consideremos estén en malas condiciones, oír algunos ruidos que nos indiquen fallo del equipo.

Con lo descrito anteriormente, se hizo el rol de mantenimiento de los equipos de arrastre que distribuyen bebidas, se determinó que fuera necesario la implementación de plan de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, la cual nos garantiza la disponibilidad y conservación de los equipos de arrastre en óptimas condiciones.

Las anteriores fuentes, ayudaron a establecer un *benchmark* de las mejores prácticas para definir los recursos necesarios para operar un plan de mantenimiento centrado en el sistema de frenado de los equipos de arrastre e implementación de controles que brinden una solución integral.

2. MARCO TEÓRICO

En este apartado se realizó un estudio de la industria de transporte de equipo de arrastre en Guatemala, concentrándose en el traslado de bebidas y la forma en que se ha desarrollado a través del tiempo. Se describieron los principales parámetros para la caracterización del transporte de equipos de arrastre, así como procesos para la mejora del mantenimiento e información relacionada con los sistemas de frenado.

2.1. Definición de mantenimiento

Es una actividad dinámica donde interactúan varias variables complejas dentro de un patrón aleatorio, que se fundamenta en la teoría de probabilidades y su objetivo es la maximización de la efectividad del sistema, sin sacrificar el medio ambiente y la seguridad. Bravo, L., (2005).

Esta actividad debe ser susceptible a ser:

- Planificada
- Dirigida
- Controlada

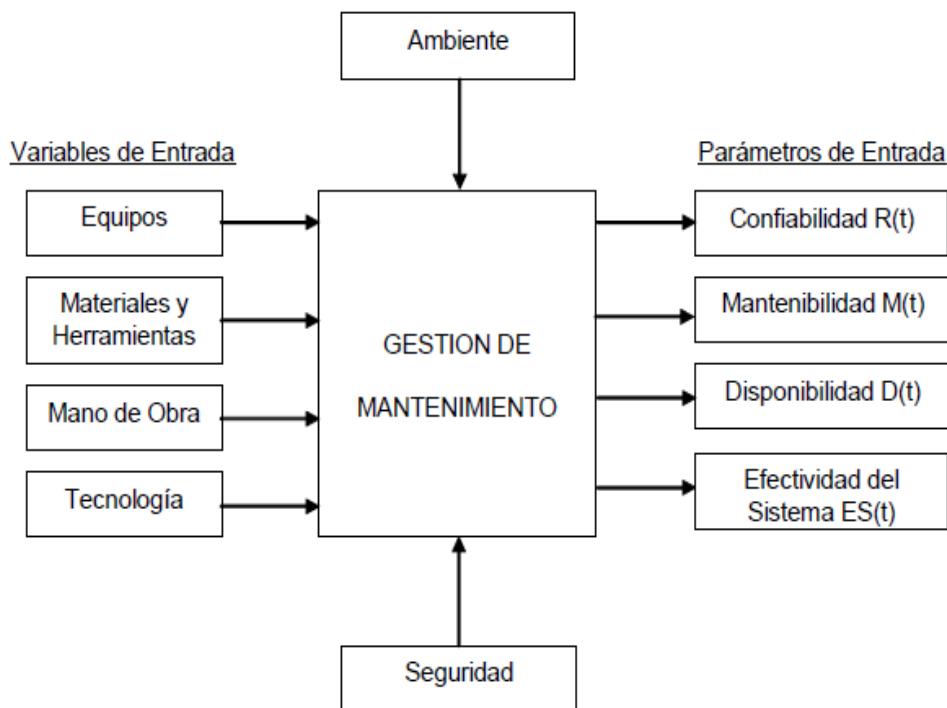
A través de la Gerencia General de Mantenimiento que tiene como funciones primarias:

- Control de equipos
- Control de trabajos
- Control de materiales
- Control de costos
- Reporte a la gerencia

Estas funciones deben estar interconectadas por una base de datos que incluyan, entre otros, los registros de los equipos. Bravo, L., (2005).

El mantenimiento debe ser analizado como un sistema abierto donde interactúan varias variables complejas:

Figura 1. Variables y parámetros de entrada de la gestión de mantenimiento



Fuente: Bravo, L. (2005). Guía teórico práctica (Fundamentos de mantenimiento).

2.2. TPM Mantenimiento productivo total

Surgió en Japón como un sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de poder hacer factible la producción, la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación sistemática de desperdicios. Bravo, L., (2005).

Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o mal funcionamiento de las operaciones en un equipo.

El TPM incorpora una serie de nuevos conceptos entre los cuales cabe destacar el Mantenimiento Autónomo, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción, la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta.

También agrega a conceptos antes desarrollados como el Mantenimiento Preventivo, nuevas herramientas tales como las Mejoras de Mantenibilidad, el Mantenimiento Predictivo y el Mantenimiento Correctivo.

2.3. Impacto del Mantenimiento de Productividad Total (TPM).

El impacto del TPM se extiende más allá del proceso de mantenimiento, a continuación, se muestra el apoyo del TPM a otros rubros. Hortiales R. (1997)

Figura 2. **Apoyo del TPM, a la administración por valor agregado.**

Proceso Apoyo del equipo de trabajo asegurando el funcionamiento óptimo del equipo	Gente Incrementa la motivación de habilidades Involucra apropiadamente a todos los niveles Se vale de grupos pequeños interfuncionales
Calidad Provee estrategias para lograr cero defectos.	Equipo Incrementa la disponibilidad y el desempeño reduce costos mediante mejores diseños Aumenta el ciclo de vida Mejora la administración de las áreas de mantenimiento.

Fuente: Hortiales Rendón Miguel Ángel, (1997). Implementación del mantenimiento productivo total.

2.4. Definición en 5 puntos del TPM

- Enfocado en conseguir el uso más eficaz del equipo (mejorar la eficacia global)
- Establece un sistema de mantenimiento productivo en toda la empresa, incluye prevención de mantenimiento, mantenimiento preventivo y mantenimiento relacionado con las mejoras
- Exige el involucramiento de todos los departamentos de los diseñadores del equipo, operarios del equipo y operarios del departamento de mantenimiento.
- Todos los empleados están activamente involucrados desde la alta dirección hasta los operarios.
- Promociona y lleva a cabo PM a través de la gestión de la motivación basada en actividades autónomas en grupos pequeños. Fuentes. (2013).

2.5. Los pilares del TPM

Figura 3. **Estructura del T.P.M.**



Fuente: Fernando E. Fuentes. (2013). *TPM – Mantenimiento productivo total*.

2.5.1. Mejoras enfocadas

Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto de maximizar la Efectividad Global de Equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e interfuncionales que emplean metodología específica y centran su atención en la eliminación de cualquiera de las seis pérdidas existentes en la planta. Fuentes. (2013).

2.5.2. Mantenimiento autónomo

Se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipamiento esto es, mecanismos, aspectos operativos,

cuidados y conservación, manejo, averías, entre otros. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas. Fuentes. (2013).

2.5.3. Mantenimiento planificado o progresivo

El objetivo es el de eliminar los problemas del equipamiento a través de acciones de mejoras, prevención y predicción. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención del conocimiento a partir de esos datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de esas actividades. Fuentes. (2013).

2.5.4. Mantenimiento de calidad

Tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto. Frecuentemente se entiende que los equipos producen problemas cuando fallan y se detienen, sin embargo, se pueden presentar averías que no detienen el funcionamiento del equipo, pero producen pérdidas debido al cambio de las características de calidad del producto final. Fuentes. (2013).

2.5.5. Prevención del mantenimiento

Son aquellas actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costos de mantenimiento durante su explotación. Las técnicas de prevención del mantenimiento se fundamentan en la teoría de la fiabilidad y esto exige contar con buenas bases de datos sobre frecuencias y reparaciones. Fuentes. (2013).

2.5.6. Mantenimiento en áreas administrativas

Esta clase de actividades no involucra al equipo productivo. Departamentos como planificación, desarrollo y administración no producen un valor directo como producción, pero facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con menores costos, oportunidad solicitada y con la más alta calidad. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de un proceso productivo de información. Fuentes. (2013).

2.5.7. Entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación

Las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada. Fuentes. (2013).

El TPM requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

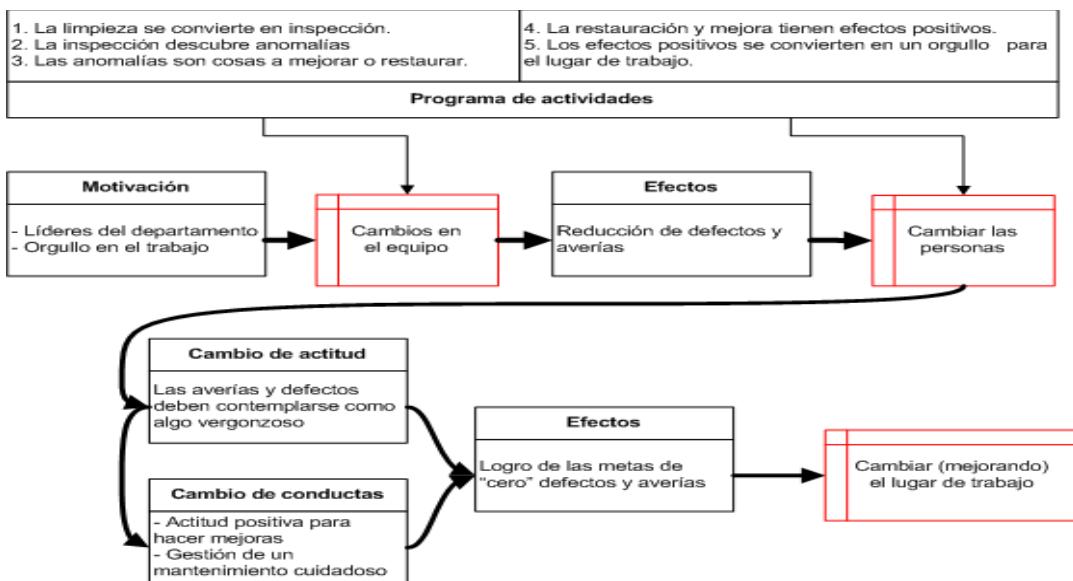
- Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.
- Comprender el funcionamiento de los equipos.

- Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
- Poder analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.
- Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.
- Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

2.6. Las metas del TPM

Las dos metas del TPM son el desarrollo de las condiciones óptimas en el taller como sistema hombre-máquina y mejorar la calidad general del lugar de trabajo.

Figura 4. **Figura 4. Metas del T.P.M.**



Fuente: Fuentes. (2013). TPM – *Mantenimiento productivo total*.

2.7. Las grandes pérdidas

La mejora de la efectividad se obtiene eliminando las “Seis Grandes Pérdidas” que interfieren con la operación, a saber:

- Fallos del equipo, que producen pérdidas de tiempo inesperadas.
- Puesta a punto y ajustes de las máquinas que producen pérdidas de tiempo al iniciar una nueva operación u otra etapa de ella. Por ejemplo, al inicio en la mañana, al cambiar de lugar de trabajo, al cambiar una matriz o hacer un ajuste.
- Marchas en vacío, esperas y detenciones menores durante la operación normal que producen pérdidas de tiempo, ya sea por la operación de detectores, buzones llenos, obstrucciones en las vías, etc.
- Velocidad de operación reducida, que produce pérdidas de tiempo al no obtenerse la velocidad de diseño del proceso.
- Defectos en el proceso, que producen pérdidas de tiempo al tener que rehacer partes de él o reparar piezas defectuosas o completar actividades no terminadas.
- Pérdidas de tiempo propias de la puesta en marcha de un proceso nuevo, marcha blanca, periodo de prueba, entre otros. Fuentes. (2013).

2.7.1. Pérdidas por averías

La meta de cero averías:

- Impedir el deterioro acelerado.
- Mantenimiento de condiciones básicas del equipo.
- Adherirse a las condiciones correctas de operación.
- Mejorar la calidad del mantenimiento.

- Hacer que el trabajo de reparación sea algo más que una medida transitoria.
- Corregir debilidades del diseño.
- Aprender lo máximo posible de cada avería.

2.7.2. Pérdidas por preparación y ajuste

La meta de cero ajustes:

- Revisión de la precisión de montaje del equipo, plantillas y herramientas.
- Promocionar la estandarización.

2.7.3. Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas

La meta de cero tiempos muertos y paradas pequeñas:

- Hacer una observación cuidadosa de los que está pasando
- Corregir defectos leves
- Determinar las condiciones óptimas

2.7.4. Pérdidas por velocidad reducida

La meta de aumentar la velocidad del equipo:

- Aplicar las mismas acciones contra pérdidas de velocidad reducida que para eliminar averías.
- Definir claramente la velocidad especificada (diseñada)
- Establecer distintas velocidades para distintos productos.
- Estudiar adecuadamente los problemas que surgen al operar con la velocidad especificada

2.7.5. Defectos de calidad y trabajos de rectificación

La meta de cero defectos:

- No deducir precipitadamente conclusiones sobre las causas. Asegurarse que las medidas correctivas tratan todas las causas consideradas.
- Observe cuidadosamente las condiciones actuales
- Revise la lista de factores causales
- Revise y busque la causa de los efectos pequeños, los cuales muchas veces se encuentran escondidos dentro de otros factores causales.

2.7.6. Pérdidas de arranque:

La meta de disminuir las pérdidas de arranque:

- Observar cuidadosamente las condiciones al inicio de cada tanda de producción.
 - Evaluar la disponibilidad de herramientas, procedimientos, estabilidad del proceso, capacidad de los operadores, pruebas del producto, entre otros.
- Fuentes. (2013).

2.8. Puntos para el estudio de las condiciones óptimas

Precisión dimensional: ¿es correcta la precisión dimensional de los componentes individuales del equipo?

Forma externa y apariencia: ¿tienen los componentes la apariencia externa y forma correcta?, ¿están libres de suciedad, oxidación, correctamente alineados?, etc.

Precisión del ensamble: ¿están bien elegidas las superficies de referencia o los puntos de acoplamiento?, ¿el ajuste y el torque es el correcto?, etcétera.

Calidad y fuerza de los materiales: ¿son apropiados los materiales o el uso de otros materiales alargaría la vida útil del equipo? ¿Son los materiales lo suficientemente duros?

Funciones del equipo: ¿funciona normalmente y dentro de los límites de cada componente del equipo?

El taller: ¿se encuentra el equipo enclavado en un buen sitio? ¿Es un lugar excesivamente caliente, frío o sucio? ¿Cumple con las especificaciones para el mantenimiento?

Condiciones de uso: ¿se está utilizando el equipo en óptimas condiciones de proceso?

Precisión de instalación: ¿cumple la precisión de la instalación especificaciones tales como la necesidad de superficies planas y equilibradas, así como niveles bajos de vibración?

2.9. Implementación del Mantenimiento de Productividad Total (TPM).

La recomendación pertinente sobre el tiempo de implementación del TPM dependerá de las condiciones propias de cada empresa y de los recursos que ésta destine. Hortiales, R. (1997)

Figura 5. **Fases del TPM.**



Fuente: Hortiales Rendón Miguel Ángel, (1997). Implementación del mantenimiento productivo total.

2.10. Análisis de Criticidad

El análisis de criticidad es la herramienta que permite establecer niveles jerárquicos en sistemas, equipos y componentes en función del impacto global que generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. Este establece un orden de prioridades de mantenimiento sobre una serie de instalaciones y equipos, otorgando un valor numérico o un estatus, en función de una matriz que combina la condición actual del equipo, el nivel de producción de cada equipo o instalación, el impacto ambiental, de seguridad y la producción. Moreno (2009)

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada. Moreno (2009)

A continuación, se establecen criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad se toma lo siguiente:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de falla

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde forme parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implementación y prioridades en los siguientes campos: Moreno (2009)

- Mantenimiento
- Inspección
- Materiales
- Disponibilidad de planta
- Personal

El área de análisis de fallas mecánicas, tribología y administración de mantenimiento, desarrolla actividades de investigación y extensión dentro de la industria del transporte, sabiendo que lo más importante es el sistema de frenado.

En el área de investigación y desarrollo, esta tesis ofrece asesoría, soporte en el desarrollo e implementación de técnicas y normas internacionales comprobadas teórica y prácticamente.

Con el estudio se pretende implementar el mejoramiento del sistema de frenado de equipos de arrastre un programa de mantenimiento preventivo, que consiste en realizar rutinas de engrase a determinado tiempo.

Sabiendo que el uso del lubricante en el punto de contacto del desplazamiento tiene varios beneficios sobre el coeficiente de fricción, los lubricantes pueden ser líquidos o sólidos, aunque comparten las propiedades de baja resistencia al cortante y alta resistencia a la compresión.

Un lubricante líquido como el aceite derivado del petróleo es básicamente incomprensible en los niveles de esfuerzo por compresión que se presentan en cojinetes, pero se corta fácilmente. Por lo tanto, se vuelve el material más débil en el punto de contacto, y su baja resistencia al cortante reduce el coeficiente de fricción.

Los lubricantes también actúan como contaminantes en las superficies metálicas y las recubre con una capa que inhibe la adhesión aun entre metales compatibles.

Los llamados lubricantes EP (de presión extrema) agregan al aceite ácidos grasos u otros compuestos que atacan químicamente el metal y forman una capa contaminante que protege y reduce la fricción, incluso cuando la película de aceite sale del punto de contacto por las fuertes cargas de contacto.

Los lubricantes, especialmente los líquidos, también sirven para eliminar el calor en el punto de contacto. Las bajas temperaturas reducen las interacciones de las superficies y el desgaste.

Es viable reconocer que, a través de la implementación de los procesos periódicos de lubricación, se nos da la oportunidad de darle propiedades de mayor consistencia al equipo.

En toda industria se busca un trabajo eficaz, es por ello que se toman acciones que le den un estado más apto para el trabajo radicando en esta afirmación la innegable participación de los procesos de lubricación en la industria del transporte.

La idea de proponer servicios de engrase en los equipos de arrastre, surgió ante la necesidad de elevar el tiempo útil de operación y evitar así el paro innecesario de viajes programados, esto nos lleva a elevar la disponibilidad del equipo y a un bajo costo.

Es importante indicar que la propuesta que se realiza es la implementación de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, esto nos ayudará a extender la vida útil del equipo de arrastre a 50,000 kilómetros o 6 meses lo que pase primero, mientras que lo tienen estipulado a 30,000 kilómetros o 6 meses.

2.11. Engrase

Uno de los programas más importantes del mantenimiento preventivo es el programa de engrase. La vida útil del equipo depende en gran medida de una correcta lubricación, existiendo un alto porcentaje de averías debido a un engrase defectuoso. Reuschle, (1962).

El programa de engrase comenzará con un estudio de la documentación contenida en el dossier de la máquina. De dicho estudio se obtendrá:

- La localización de puntos de engrase, niveles y depósitos de lubricante.
- Los lubricantes aconsejados por los fabricantes.
- Las condiciones de trabajo de los diferentes elementos y órganos de la máquina.

Con estos datos de partida el programa continuará con la siguiente secuencia de acción.

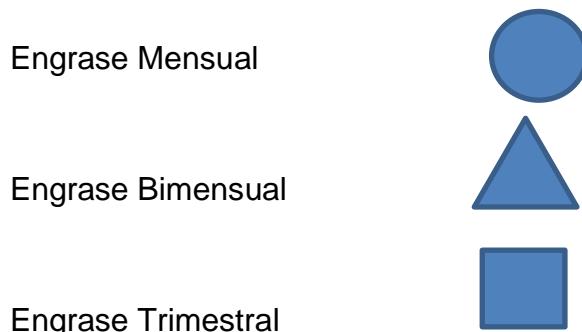
- Normalizar los aceites y grasas utilizadas en el equipo.
 - El disponer en el taller de todos los aceites y grasas recomendadas por el fabricante llevaría a tener una enorme variedad de lubricantes, con el consiguiente encarecimiento y dificultades de adquisición.
 - Para estudiar la normalización se confeccionará una tabla de los aceites preconizados, que contengan los datos siguientes:
 - Características (densidad, viscosidad, índice de goteo, punto de goteo – en grasa –).
 - Denominación comercial.
 - Indicaciones de utilización.
 -
- Contraindicaciones.

Comparar estos datos con los lubricantes existentes en el país para elegir los más idóneos. El número aconsejable de aceites diferentes es de 8 a 10 como máximo y de 2 a 4 grasas. Es conveniente simbolizar con un color cada lubricante para facilitar el trabajo del personal de engrase. Reuschle, (1962).

- Establecer las fichas de engrase.

- Dibujar el croquis de la máquina, con las vistas suficientes para poder identificar todos los niveles y puntos de engrase.
- Determinar la frecuencia de engrase de cada punto.
- Adoptar para las frecuencias de engrase los siguientes símbolos:

Figura 6. **Simbología de frecuencia de engrase**



Fuente: Reuschle, (1962). Engrase y Lubricación de Máquinas.

- Estudiar los métodos de engrase.
 - Analizar la secuencia de actividades más racionales del engrasador, procurando agrupar el mayor número posibles de operaciones a realizar con la máquina, para limitar al máximo las paradas.
 - Intentar disminuir los tiempos muertos por:
 - Cambio de piezas.
 - Movimientos inútiles.

- Ver las condiciones de trabajo (material y ambiente) de la máquina que impida la utilización de aceites y estudiar su posible sustitución por lubricantes sólidos.
- Ordenar las gamas según su frecuencia, incluyendo en ellas no sólo el engrase en puntos, sino también las operaciones de limpieza y llenado de depósito y reposición de niveles.
- Comprobar prácticamente el método, haciendo las modificaciones precisas. En general, éstas son debidas a la falta de coincidencia de los elementos de engrase reales con los esquemas.
- Estudiar, desde un punto de vista económico, la posibilidad de introducir sistemas de engrase centralizados (manuales o automáticos) en las máquinas. Reuschle, (1962).
- Cronometrar el engrase de las máquinas.
 - Estabilizar el método de engrase adecuado.
 - Determinar el número de cronometrajes necesarios.
 - Vigilar el cambio de métodos para determinar los nuevos tiempos.
 - Utilizar estos tiempos únicamente a efectos de planificación, de elección de circuitos de engrase dentro de la planta y de cálculo de las necesidades del personal.
- Establecer los circuitos de engrase de la máquina.
 - Estudiar el circuito en función de sección o taller y del tiempo cronometrado de cada máquina.
 - Al analizar el circuito se estudiará especialmente:
 - El recorrido de tiempo mínimo.
 - Disponibilidad de materia prima para realizar el engrase.

- Prever el consumo de aceites y grasas.
 - Determinar el consumo de aceites y grasa.
 - Determinar el consumo total por máquina.
 - Estudiar el aprovisionamiento de aceite durante el engrase de la máquina.
 - Estimar el consumo mensual de aceite y grasa, teniendo en cuenta en el cálculo las mermas y pérdidas normales que se producen.
- Establecer las fichas de visita preventiva para el personal de engrase.
 - Estudiar qué inspecciones oculares sencillas puede realizar el personal de engrase.
 - Estas inspecciones deben ser muy sencillas y se llevarán a la ficha de lanzamiento del engrase.
 - En los casos en los cuales el engrase lo realice el propio visitador procurar que coincida con la visita, para detener el equipo menos veces.
- Determinar los útiles y herramientas de engrase.
 - Estudiar el carro de engrase adecuado para contener el número de aceites y grasas normalizadas, con la cantidad suficiente de cada uno para no tener que repostar durante el engrase de la máquina.
 - Prever las bombas de aceite, aceiteras, jarras y otros útiles de engrase en función de los tipos de engrasadores y orificios de llenado de la máquina.

- Dotar a los equipos de engrase de trapos para la limpieza de depósitos.
- Determinar la herramienta necesaria para desmontar los depósitos y tapones, reponer los elementos de engrase (engrasadores, niveles, tapones, entre otros) y realizar las visitas preventivas. Reuschle, (1962).
- Calcular las necesidades del personal.
 - Este cálculo se hará en función de la máquina, de las frecuencias de engrase y del tiempo empleado en el engrase de cada máquina.
 - En el caso de no poder saturar la jornada de un equipo dedicado exclusivamente al engrase, éste será realizado por el supervisor.
- Seleccionar e instruir al personal de engrase.
 - El personal de engrase debe poseer la característica de atención, capacidad de concentración, meticulosidad, honradez, inteligencia, etcétera.
 - La instrucción de este personal se concretará al conocimiento de todos los técnicos de engrase y algunas nociones de mecánica elemental para llevar a cabo las pequeñas reparaciones mecánicas preventivas que se le encomiendan, incluyendo la normalización de los elementos de engrase.
- Planificar el engrase de la máquina.
 - Preparar la documentación necesaria para lograr el correcto lanzamiento y realización de las operaciones de engrase.

- Planificar la compra y los stocks de lubricantes.
- Establecer la planificación del engrase utilizando un plan fijo, análogo al empleado en las visitas. Con ello será posible controlar y visualizar las averías por defectos de engrase.
- Se debe procurar que las operaciones de engrase se cumplan rigurosamente según el plan previsto, no permitiendo aplazamientos en su aplicación.
- Normalizar los elementos de engrase.
 - Hacer una relación completa de los elementos de engrase de las máquinas (engrasadores, tapones, visores de nivel, entre otros).
 - Elegir un determinado número de elementos lo más reducido posible, eliminando aquellas más caras o de averías más frecuentes.
 - Establecer los métodos para el cambio de estos elementos en el caso de ser necesario introducir modificaciones.
 - Poner en práctica la normalización estudiada cuando se vayan produciendo averías o deterioros en los elementos de engrase.
- Poner en marcha el programa de engrase.
 - La puesta en marcha del programa implica la realización de la planificación prevista para el engrase de la máquina, que comprenderá:
 - La inspección de niveles.
 - El rellenado de depósitos.
 - El engrase de los puntos de la máquina.
 - La limpieza de depósitos y el cambio de aceite.

- Controlar los resultados del engrase y los consumos anormales, con las siguientes actividades:
 - Inspeccionar la calidad y el comportamiento de los lubricantes. (Si gotean o escurren indican falta de viscosidad o exceso de lubricantes). Sirve para cambiar por otro alguno de los lubricantes seleccionados, si sus resultados no responden a las previsiones.
 - Inspeccionar el cumplimiento de la planificación, de las normas y de las consignas de engrase, modificando si es preciso la planificación cuando se produzcan variaciones en la máquina.
 - Inspeccionar las averías producidas por defectos de engrase. Esto permite actuar sobre el programa de engrase para analizar las causas que las producen y eliminarlas.
 - Inspeccionar los consumos excesivos, actuando correctivamente sobre las causas o modificando las previsiones y el presupuesto.

2.12. Limpieza

Bajo el nombre genérico de limpieza se han considerado en este programa una serie de acciones que incluyen actividades de conservación, señalización, acondicionamiento cromático, lucha contra la corrosión, etcétera. Se han excluido la limpieza de depósitos de lubricantes (por estar dentro del programa de engrase). Reuschle, (1962).

Este programa se podrá dividir en varios subprogramas:

- Limpieza de máquina y cambio de aceites hidráulicos.
- Limpieza de instalaciones.

- Limpieza de zonas de trabajo.
- Conservación de edificios.

2.13. Indicadores de Mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento son importantes para establecer puntos de mejora y llevar el control de la gestión del mantenimiento.

2.13.1. MTBF (Mean Time Between Failures)

Este indicador ayuda a medir el tiempo total de buen funcionamiento medio entre cada fallo de un equipo reparable. Este se convertirá en la herramienta que optimizará la confiabilidad de las reparaciones que se ejecuten.

2.13.2. MTTR (Mean Time To Repair)

Este Medidor indicará la mantenibilidad de los equipos, es decir, la facilidad de encontrar un equipo en mantenimiento y ubicar a otro en mejores condiciones después de un fallo. Este dará el tiempo medio de reparación de los equipos.

2.13.3. Disponibilidad de los equipos

Es importante para aumentar la disponibilidad de los equipos media la capacidad de que cada equipo pueda estar en condiciones de disponibilidad para la distribución de los productos. Para ello utilizaremos el MTBF y MTTR para calcular la misma con la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \left(\text{MTBF} \div (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \right) \times 100$$

2.14. Camiones

Un camión tiene como objetivo transportar cualquier tipo de carga a cualquier destino. Las cargas las podemos transportar en los siguientes tipos de camiones: Rígidos y articulados. Los camiones pueden clasificarse también por su tamaño: livianos (hasta 3.5 Toneladas), medianos (3.5 Toneladas – 12 Toneladas) y pesados (Más de 12 Toneladas). (Transeop, 2022). En nuestro caso estaremos interactuando con el transporte pesado.

2.15. Tractor o Cabezal

Es el vehículo automotor destinado a soportar y jalar semirremolques. (CIV, 2022).

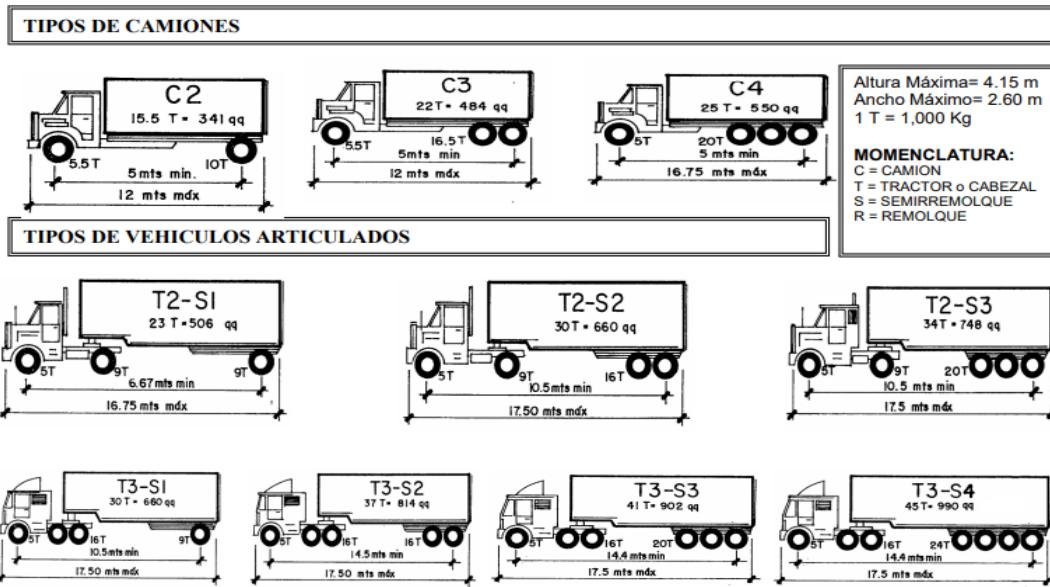
2.16. Semirremolque

Es el vehículo que carece de eje delantero que descansa la parte frontal de su peso en un tractor o cabezal y que está destinado a ser halado. (CIV, 2022)

2.17. Dolly

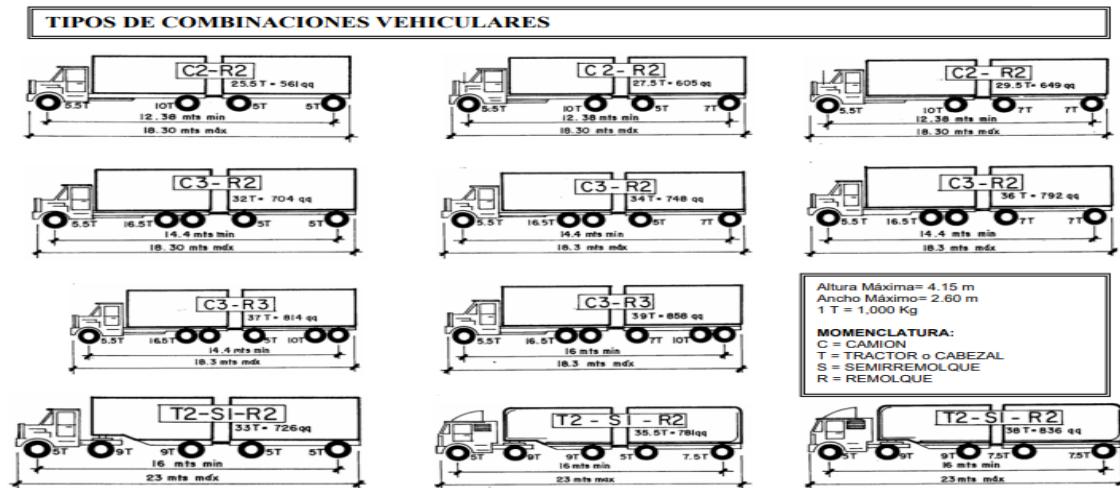
Es el equipo que permite unir dos semirremolques para ser jalados por un mismo tractocamión, logrando desplazar mayor volumen de carga, reduciendo considerablemente costos, ya que solo se emplea un tractor o cabezal en vez de dos, obteniendo mayor eficiencia en tiempos en industria del transporte. (Alianza flotillera, 2022).

Figura 7. Tipos de camiones y vehículos articulados



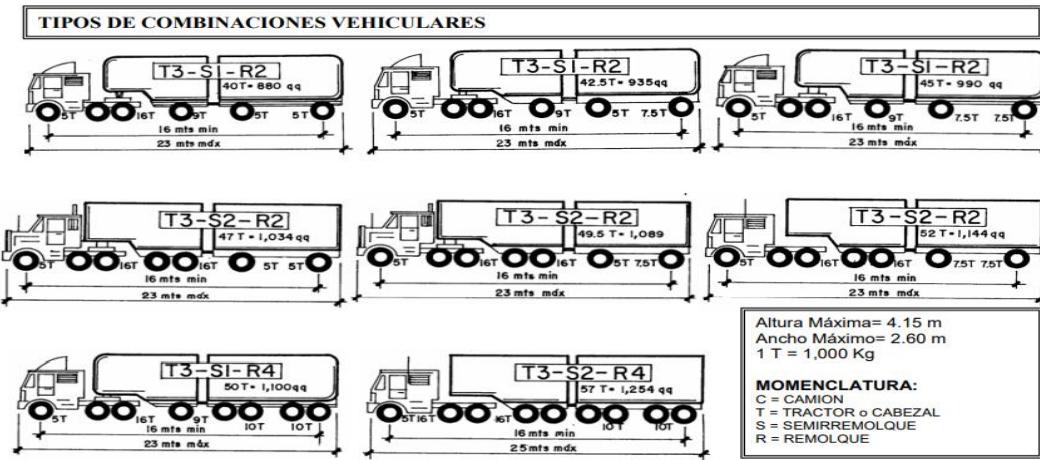
Fuente: CIV, (2022). Ministerio de comunicaciones, infraestructura y vivienda Guatemala, C.A.
Reglamento para control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones, Acuerdo gubernativo 379 – 2010.

Figura 8. Tipo de combinaciones vehiculares No. 1



Fuente: CIV, (2022). Ministerio de comunicaciones, infraestructura y vivienda Guatemala, C.A.
Reglamento para control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones, Acuerdo gubernativo 379 – 2010.

Figura 9. **Tipo de combinaciones vehiculares No. 2**



Fuente: CIV, (2022). Ministerio de comunicaciones, infraestructura y vivienda Guatemala, C.A.
 Reglamento para control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones, Acuerdo gubernativo 379 – 2010.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se presentan los siguientes resultados de acuerdo con los objetivos planteados.

3.1. OBJETIVO 1: Diagnosticar y analizar las causas de las fallas y la situación actual en cuanto a condiciones de operación de los equipos de arrastre utilizados en la empresa de transportes de bebidas no carbonatadas.

3.1.1. Análisis descriptivo de la información

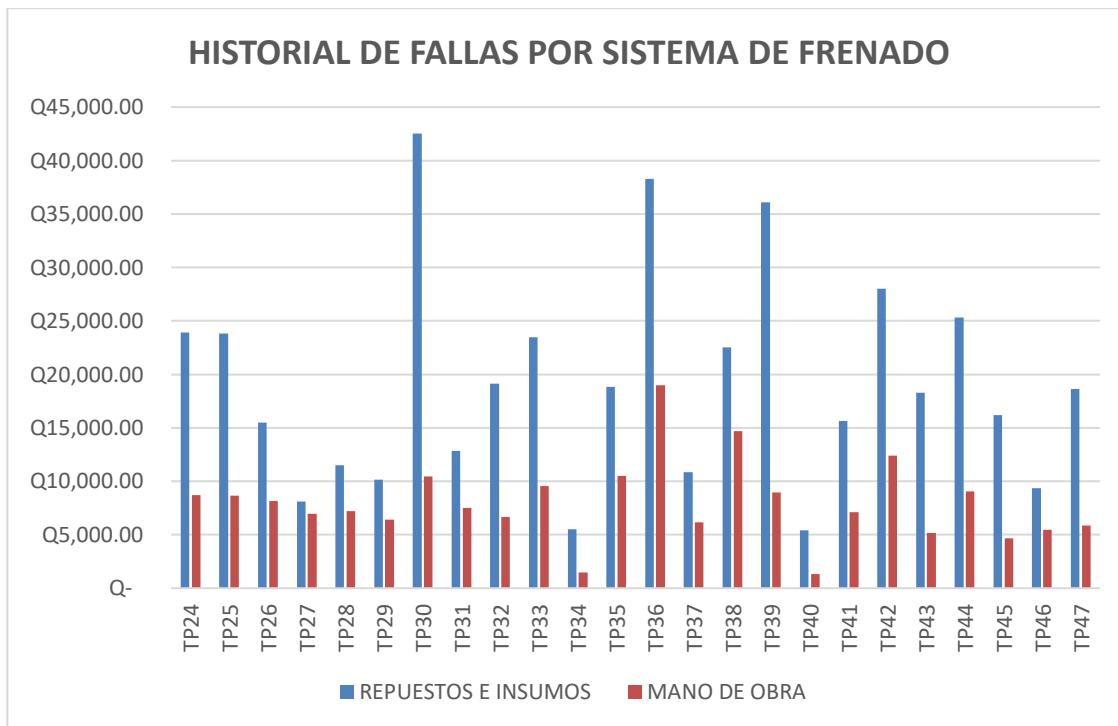
Como parte de la exploración de los datos, se realizó un mapeo en el historial de servicios que se ejecutaron a la muestra de los equipos de arrastre y se sometieron a un estudio para determinar por qué la falla del frenado en este sistema era recurrente. Esto determinó la situación que el número de eventos con mayor impacto en la operación del taller de paros de los equipos era por fallo en sistema de frenado, así como también el costo financiero por este tipo de falla.

Tabla III. Análisis descriptivo del historial de fallas por sistema de frenado

CÓDIGO DE EQUIPO	NOMBRE	COSTOS		
		MATERIALES	MANO DE OBRA	
TP24	PRIMER REMOLQUE	Q 23,905.24	Q	8,710.15
TP25	DOLLY H	Q 23,816.50	Q	8,655.11
TP26	SEGUNDO REMOLQUE	Q 15,500.32	Q	8,172.19
TP27	PRIMER REMOLQUE	Q 8,116.76	Q	6,942.81
TP28	DOLLY H	Q 11,499.27	Q	7,189.29
TP29	SEGUNDO REMOLQUE	Q 10,135.51	Q	6,399.62
TP30	PRIMER REMOLQUE	Q 42,549.08	Q	10,450.93
TP31	DOLLY H	Q 12,830.10	Q	7,525.66
TP32	SEGUNDO REMOLQUE	Q 19,108.31	Q	6,652.74
TP33	PRIMER REMOLQUE	Q 23,459.33	Q	9,551.23
TP34	DOLLY H	Q 5,516.20	Q	1,478.99
TP35	SEGUNDO REMOLQUE	Q 18,821.22	Q	10,487.99
TP36	PRIMER REMOLQUE	Q 38,275.91	Q	18,988.38
TP37	DOLLY H	Q 10,840.00	Q	6,155.76
TP38	SEGUNDO REMOLQUE	Q 22,517.34	Q	14,694.58
TP39	PRIMER REMOLQUE	Q 36,099.61	Q	8,936.41
TP40	DOLLY H	Q 5,409.20	Q	1,315.33
TP41	SEGUNDO REMOLQUE	Q 15,615.10	Q	7,110.44
TP42	PRIMER REMOLQUE	Q 27,991.81	Q	12,372.49
TP43	DOLLY H	Q 18,274.00	Q	5,167.16
TP44	SEGUNDO REMOLQUE	Q 25,330.35	Q	9,044.65
TP45	PRIMER REMOLQUE	Q 16,196.40	Q	4,658.78
TP46	DOLLY H	Q 9,343.50	Q	5,450.49
TP47	SEGUNDO REMOLQUE	Q 18,624.76	Q	5,837.42
Total, de Gastos		Q 459,775.82	Q	191,948.60

Fuente: elaboración propia

Figura 10. Análisis descriptivo de historial de gastos por sistema de frenado



Fuente: elaboración propia, *Microsoft Excel*

En la tabla III y la figura 10, se observó la clasificación de datos tomados por el historial de órdenes ejecutadas en el año 2010.

Los datos se seleccionaron como parte de la falla relacionada al sistema de frenado de los equipos de arrastre. Se observaron los costos de repuestos e insumos y también los costos de mano de obra que se gastaron en ese año.

3.1.2. Estadística descriptiva de la frecuencia de fallas por sistema de frenado

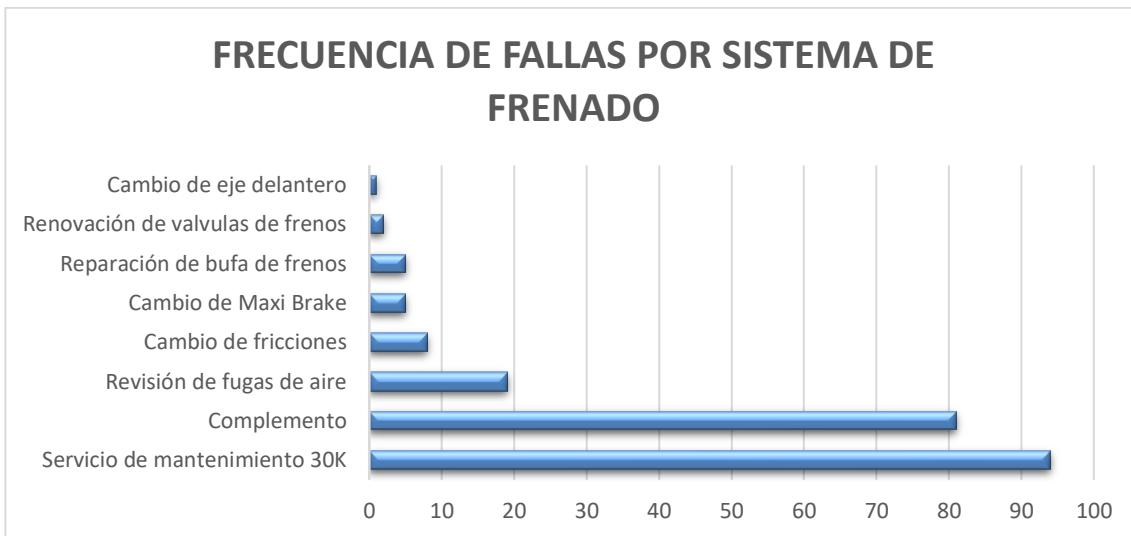
Se realizó un análisis del historial de las órdenes de trabajo que se relacionaron con el sistema de frenado, siendo estas las más comunes las que se describen a continuación en la siguiente tabla.

Tabla IV. Frecuencia de fallas por sistema de frenado

NOMBRE	CANTIDAD
Servicio de mantenimiento 30K	94
Complemento	81
Revisión de fugas de aire	19
Cambio de fricciones	8
Cambio de <i>Maxi Break</i>	5
Reparación de bufa de frenos	5
Renovación de válvulas de frenos	2
Cambio de eje delantero	1

Fuente: elaboración propia

Figura 11. **Frecuencia de fallas por sistema de frenado**



Fuente: elaboración propia, Microsoft Excel

Se hizo el promedio de la frecuencia de falla por sistema de frenado y se determinó que el servicio de mantenimiento a 30,000 kilómetros, tomando en cuenta los equipos completos ya que son articulados, (Primera de *Dolly* – *Dolly H* – Segunda de *Dolly*).

Tabla V. **Personal empleado para ejecución de mantenimiento y reparación**

PERSONAL	CANTIDAD
Propio	212
Sub contratado	3

Fuente: elaboración propia

Figura 12. **Personal para la ejecución de mantenimiento y reparación**



Fuente: elaboración propia, Microsoft Excel

La mayoría de actividades que se desarrollaron en el área de mantenimiento y reparación para estos equipos de arrastre fueron ejecutadas por el personal propio de la empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala, representado por un 99 %, el uso de personal sub contratado no excede del 1 %.

3.2. Objetivo 2: Diseñar un plan de mantenimiento para el funcionamiento de frenado de los equipos de arrastre y prolongar su vida útil, con la aplicación de un mantenimiento de productividad total basado en la lubricación.

Para diseñar un plan de mantenimiento fue necesario basarse en los siguientes aspectos: planificación, programación, ejecución y control. Se logró elevar la disponibilidad de los equipos y a un menor costo de operación posible. Fue necesario tener clara las directrices de un mantenimiento programado, en el

cual existieron intervenciones programadas y los recursos necesarios para la ejecución de los trabajos asignados, así como el no programado, donde las intervenciones del personal se vieron obligados a realizar trabajos de emergencia.

Figura 13. **Aspectos para realizar un plan de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia, Microsoft Word

3.2.1. Planificación

Como parte fundamental de la planificación, se contó con un manual de normas (Fichas técnicas) en el cual se indicaron todos los procedimientos que se deben seguir, el técnico asignado para ejecutar los servicios de mantenimiento. Para la realización del manual de normas de mantenimiento, se tuvo en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de equipo
- Recomendaciones sobre mantenimiento de las casas fabricantes
- Experiencia adquirida en la operación

3.2.2. Recomendaciones de fabricantes

Se realizó investigación y se obtuvieron las siguientes recomendaciones.

Tabla VI. Recomendaciones de fabricantes

PERIODO	TAREA
1 mes	Desgaste de neumáticos y presión adecuada
1 mes	Luces, reflectores y cableado
1 mes	Carrocería en busca de daños físicos.
1 mes	Patín o espejo.
6 meses	Alineación y conducción del eje
6 meses	Componentes de la suspensión
6 meses	Revisión de tambores

Fuente: Tyt (2022). Tips para mantenimiento de plataformas

3.2.2.1. Ficha técnica

Por medio de la realización de estas fichas técnicas podemos llevar un mejor control de las especificaciones técnicas como son: modelo, serie, marca, kilometraje. Esta ficha técnica también puede ser utilizada en otros tipos de servicios o reparaciones a la flota en sí. También podemos mejorar el control de la planificación de los mantenimientos.

Tabla VII. **Ficha técnica propuesta para control de información**

REPORTE DE ENGRASE			
Piloto:		Orden de trabajo:	
Encargado		Firma	
Equipo:		Fecha:	
Técnico responsable:		Firma:	
Técnicos			
Hora de entrada		Hora de salida	

DATOS DEL EQUIPO			
Marca		Tipo	
Modelo		Horómetro	

Fuente: elaboración propia

3.2.3. Programación

A continuación, veremos los pasos sistemáticos que se llevaron a cabo para realizar la programación y así ejecutar dicha propuesta.

3.2.3.1. *Check List de inspección inicial*

Para realizar el trabajo de mantenimiento de productividad total basado en lubricación se realizaron de manera sistemática inspecciones de todo el equipo articulado, con personal calificado teniendo el conocimiento de las normas de mantenimiento y que operan basados en un programa formal, con esto se determinó la programación de la tarea y se generó una orden de trabajo. Esta ficha técnica tuvo el enfoque en el sistema de frenado de los equipos de arrastre.

Tabla VIII. **Equipo de protección personal**

Equipo Protección Personal	Actividad	Revisión	Cambio
Protectores de oídos			
Lentes de seguridad			
Guantes			
Chaleco			
Casco			
Comentarios y observaciones:			

Fuente: elaboración propia

Tabla IX. Inspección inicial

Inspección Inicial	Actividad	Revisión	Cambio
Revisión general de estado del equipo de arrastre (Visión óptica)			
Verificación de fugas			
Verificación de mangueras			
Verificación de estado de fricciones			
Verificación de Maxi Brake			
Comentarios y observaciones:			

Fuente: elaboración propia

Tabla X. Revisión de sistema de frenado

Revisión de Sistema de Frenado	Actividad	Revisión	Cambio
Lubricación de bufas			
Lubricación de quinta rueda			
Ajuste de frenos			
Verificación con el equipo puesto en marcha			
Comentarios y observaciones:			

Fuente: elaboración propia

3.2.4. Ejecución

Es imprescindible establecer un sistema de prioridades para que la planificación de mantenimiento de productividad total basado en lubricación asegure la correcta planificación y entrega de equipo en el tiempo estipulado.

La prioridad de este trabajo es no interrumpir la operación de los equipos de arrastre, es por ello que se programó el paro del equipo en horario de restricción de transporte pesado (16:30 horas – 21:00 horas), establecido por la municipalidad de Guatemala.

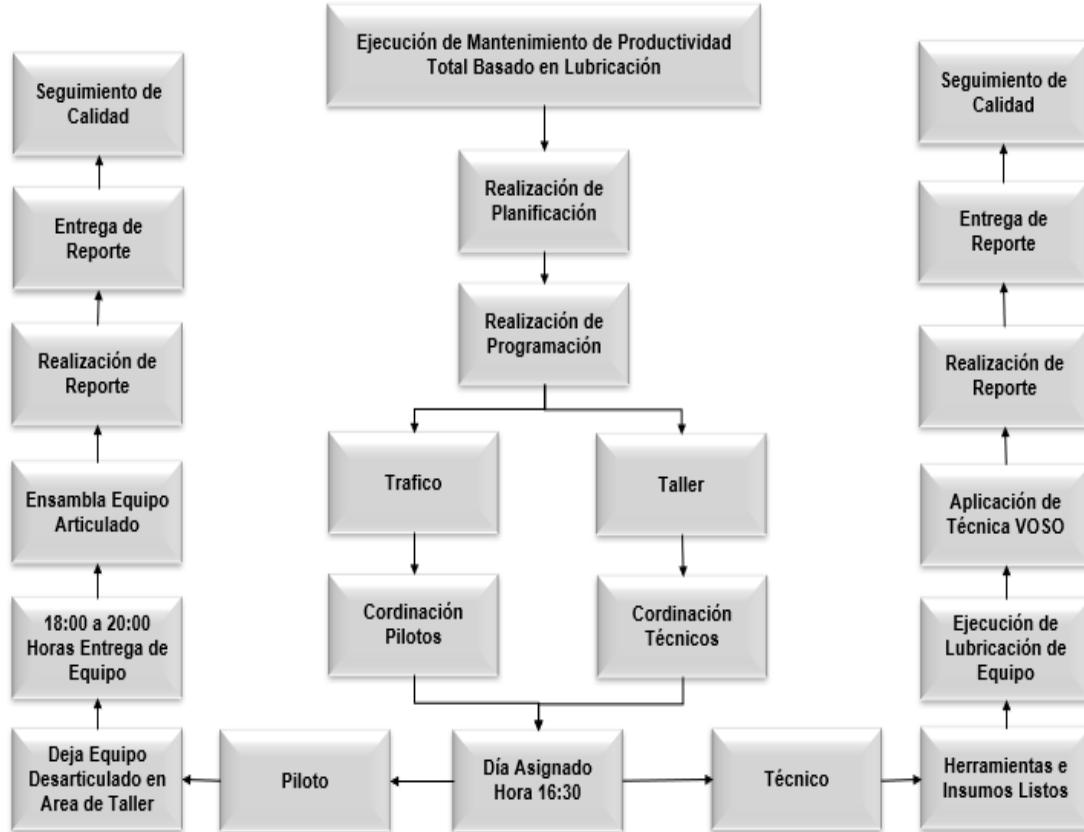
Esto implicó la realización de una buena planificación y programación de cada equipo de arrastre articulado. Fue necesario programar un equipo completo por día, se solicitó al piloto que deje desenganchado cada equipo para que los técnicos asignados ejecutarán el plan de mantenimiento basado en lubricación. En la siguiente tabla se observa un ejemplo de dicha programación.

Tabla IX. **Programación de equipos de arrastre para realización de mantenimiento basado en lubricación.**

CÓDIGO DE EQUIPO	NOMBRE	FECHA DE PARO
TP24	PRIMER REMOLQUE	8/08/2011
TP25	DOLLY H	8/08/2011
TP26	SEGUNDO REMOLQUE	8/08/2011
TP27	PRIMER REMOLQUE	9/08/2011
TP28	DOLLY H	9/08/2011
TP29	SEGUNDO REMOLQUE	9/08/2011
TP30	PRIMER REMOLQUE	10/08/2011
TP31	DOLLY H	10/08/2011
TP32	SEGUNDO REMOLQUE	10/08/2011
TP33	PRIMER REMOLQUE	11/08/2011
TP34	DOLLY H	11/08/2011
TP35	SEGUNDO REMOLQUE	11/08/2011
TP36	PRIMER REMOLQUE	12/08/2011
TP37	DOLLY H	12/08/2011
TP38	SEGUNDO REMOLQUE	12/08/2011
TP39	PRIMER REMOLQUE	16/08/2011
TP40	DOLLY H	16/08/2011
TP41	SEGUNDO REMOLQUE	16/08/2011
TP42	PRIMER REMOLQUE	17/08/2011
TP43	DOLLY H	17/08/2011
TP44	SEGUNDO REMOLQUE	17/08/2011
TP45	PRIMER REMOLQUE	18/08/2011
TP46	DOLLY H	18/08/2011
TP47	SEGUNDO REMOLQUE	18/08/2011

Fuente: elaboración propia

Figura 14. Ejecución de Implementación plan de Mantenimiento



Fuente: elaboración propia, Microsoft Excel

3.2.5. Control

Al finalizar cada servicio de mantenimiento de lubricación se debe de realizar el reporte de engrase propuesto, el mismo nos expone el servicio de lubricación ejecutado, adicional si se ejecutó alguna reparación o colocación de algún repuesto y también algún comentario o recomendación del técnico ejecutor para el uso correcto del equipo de arrastre.

Tabla X. **Ficha de control**

REPORTE DE ENGRASE			
Piloto:		Orden de trabajo:	
Encargado		Firma	
Equipo:		Fecha:	
Técnico responsable:		Firma:	
Técnicos			
Hora de entrada		Hora de salida	
DATOS DEL EQUIPO			
Marca		Tipo	
Modelo		Horómetro	

1.	Equipo Protección Personal	Actividad	
		Revisión	Cambio
1.1	Protectores de oídos		
1.2	Lentes de seguridad		
1.3	Guantes		
1.4	Chaleco		
1.5	Casco		
Comentarios y observaciones:			

2.	Inspección Inicial	Actividad	
		Revisión	Cambio
2.1	Revisión general de estado del equipo de arrastre (Visión óptica)		
2.2	Verificación de fugas		
2.3	Verificación de mangueras		
2.4	Verificación de estado de fricciones		
2.5	Verificación de Maxi Brake		
Comentarios y observaciones:			

3.	Revisión de Sistema de Frenado	Actividad	
		Revisión	Cambio
3.1	Lubricación de bufas		
3.2	Lubricación de quinta rueda		
3.3	Ajuste de frenos		
3.4	Verificación con el equipo puesto en marcha		
Comentarios y observaciones:			

Fuente: elaboración propia

Parte económica al poner en marcha el plan de mantenimiento de productividad total basado en lubricación.

Tabla XI. **Servicios cada 30,000 Km. o 6 Meses**

SERVICIOS CADA 30,000 Km O 6 MESES	
SERVICIOS PROMEDIO EN 1 AÑO	4
	Q
COSTO PROMEDIO POR SERVICIO	2,000.00
EQUIPOS ANALIZADOS	24
TOTAL, DE GASTOS POR SERVICIO	Q
EN 1 AÑO	192,000.00

Fuente: elaboración propia

Tabla XII. **Servicios cada 60,000 Km o 6 Meses**

SERVICIOS CADA 50,000 O 6 MESES	
SERVICIOS PROMEDIO EN 1 AÑO	2
	Q
COSTO PROMEDIO POR SERVICIO	2,000.00
EQUIPOS ANALIZADOS	24
TOTAL, DE GASTOS POR SERVICIO	Q
EN 1 AÑO	96,000.00

Fuente: elaboración propia

Tabla XIII. **Ahorro en el año**

AHORRO EN EL AÑO	
COMPARATIVO AÑOS	Q
ANTERIORES	192,000.00
	Q
PRUEBAS EFECTUADAS	96,000.00
	Q
AHORRO TOTAL	96,000.00

Fuente: elaboración propia

3.3. Objetivo 3: Evaluar la implementación de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala.

El proceso de evaluación de la implementación de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para mejorar el sistema de frenado de los equipos de arrastre implementado en una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala inició con la identificación de los equipos críticos de la empresa es por ello que se evaluó el historial de los equipos de arrastre donde el mayor problema fue el tiempo en taller, por falta de repuestos o por trabajos subcontratados como por ejemplo: Zapatas, rectificación de tambores, fricciones. Entre otros. Seguidamente se otorgaron las herramientas necesarias para llevar controles de los equipos mediante un sistema de hojas de Excel que permitió con mayor facilidad alimentar nuestro sistema o control de ordenes de trabajo que se realizaba a cada uno de los equipos.

Se contó con un periodo de implementación de un año, donde los diferentes usuarios de los equipos de arrastre (pilotos, jefes, supervisores e instructores) ejecutaron la implementación de mantenimiento de productividad

total basado en lubricación, otorgando supervisión constante a modo de constatar la correcta implementación.

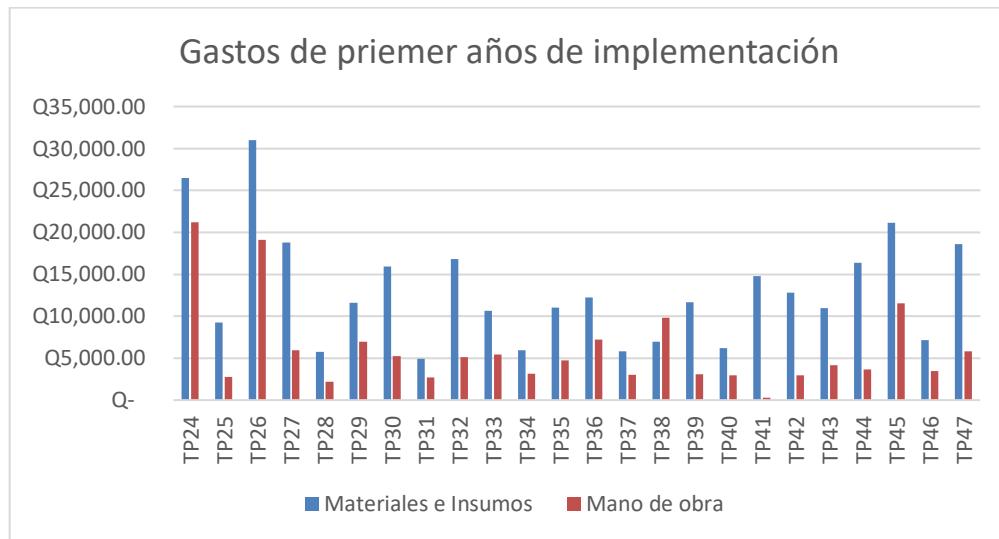
Posteriormente de su implementación, se realizó la revisión de los resultados a fin de detectar las retroalimentaciones necesarias para consolidar la implementación y evidenciar errores, con el objetivo de realizar ajustes necesarios y la evaluación de los indicadores de gestión.

Tabla XIV. **Resultados Primer año de implementación por unidad**

CÓDIGO DE EQUIPO	NOMBRE	COSTOS		
		MATERIALES	MANO DE OBRA	
TP24	PRIMER REMOLQUE	Q 26,486.18	Q 21,172.49	
TP25	DOLLY H	Q 9,279.92	Q 2,772.32	
TP26	SEGUNDO REMOLQUE	Q 31,008.88	Q 19,104.66	
TP27	PRIMER REMOLQUE	Q 18,779.85	Q 5,944.65	
TP28	DOLLY H	Q 5,785.42	Q 2,215.95	
TP29	SEGUNDO REMOLQUE	Q 11,582.85	Q 6,938.48	
TP30	PRIMER REMOLQUE	Q 15,943.26	Q 5,235.89	
TP31	DOLLY H	Q 4,909.40	Q 2,725.94	
TP32	SEGUNDO REMOLQUE	Q 16,791.00	Q 5,148.13	
TP33	PRIMER REMOLQUE	Q 10,618.79	Q 5,413.89	
TP34	DOLLY H	Q 5,976.42	Q 3,125.49	
TP35	SEGUNDO REMOLQUE	Q 11,053.83	Q 4,760.31	
TP36	PRIMER REMOLQUE	Q 12,261.62	Q 7,218.39	
TP37	DOLLY H	Q 5,832.47	Q 3,023.96	
TP38	SEGUNDO REMOLQUE	Q 6,954.48	Q 9,821.77	
TP39	PRIMER REMOLQUE	Q 11,652.29	Q 3,098.17	
TP40	DOLLY H	Q 6,191.13	Q 2,945.75	
TP41	SEGUNDO REMOLQUE	Q 14,753.66	Q 278.80	
TP42	PRIMER REMOLQUE	Q 12,832.82	Q 2,928.01	
TP43	DOLLY H	Q 10,953.00	Q 4,194.91	
TP44	SEGUNDO REMOLQUE	Q 16,387.82	Q 3,648.17	
TP45	PRIMER REMOLQUE	Q 21,142.84	Q 11,544.81	
TP46	DOLLY H	Q 7,140.00	Q 3,465.39	
TP47	SEGUNDO REMOLQUE	Q 18,624.76	Q 5,837.42	
Total de Gastos		Q 312,942.69	Q 142,563.75	

Fuente: elaboración propia

Figura 15. **Gastos de primer año de implementación por unidad**



Fuente: elaboración propia, Microsoft Excel

Tabla XV. **Resultados Segundo año de implementación por unidad**

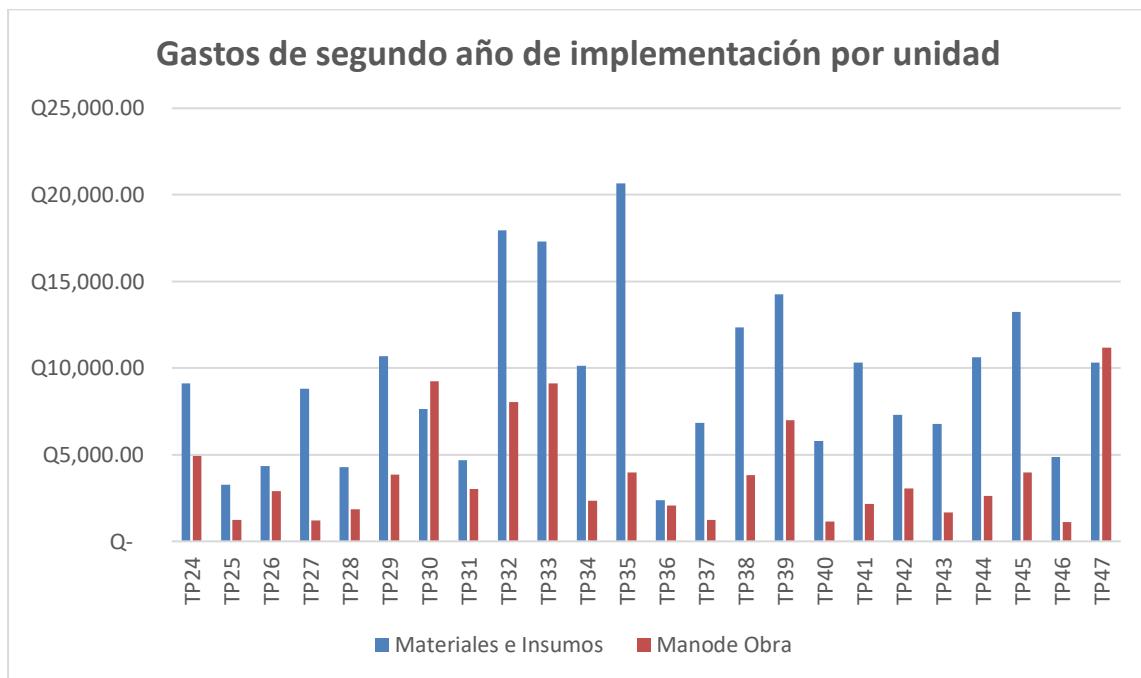
CÓDIGO DE EQUIPO	NOMBRE	COSTOS		
		MATERIALES	MANO DE OBRA	
TP24	PRIMER REMOLQUE	Q 9,112.04	Q	4,920.28
TP25	DOLLY H	Q 3,265.34	Q	1,234.18
TP26	SEGUNDO REMOLQUE	Q 4,345.75	Q	2,906.57
TP27	PRIMER REMOLQUE	Q 8,819.27	Q	1,214.66
TP28	DOLLY H	Q 4,297.16	Q	1,864.24
TP29	SEGUNDO REMOLQUE	Q 10,690.85	Q	3,863.85
TP30	PRIMER REMOLQUE	Q 7,631.76	Q	9,234.13
TP31	DOLLY H	Q 4,687.95	Q	3,024.65
TP32	SEGUNDO REMOLQUE	Q 17,941.40	Q	8,047.63
TP33	PRIMER REMOLQUE	Q 17,308.07	Q	9,123.35
TP34	DOLLY H	Q 10,134.12	Q	2,356.18
TP35	SEGUNDO REMOLQUE	Q 20,662.68	Q	3,964.66
TP36	PRIMER REMOLQUE	Q 2,380.37	Q	2,069.62
TP37	DOLLY H	Q 6,846.25	Q	1,247.98
TP38	SEGUNDO REMOLQUE	Q 12,361.43	Q	3,830.96

Continuación de la tabla XVII

TP39	PRIMER REMOLQUE	Q	14,252.63	Q	7,007.17
TP40	DOLLY H	Q	5,785.34	Q	1,149.21
TP41	SEGUNDO REMOLQUE	Q	10,324.03	Q	2,144.59
TP42	PRIMER REMOLQUE	Q	7,292.33	Q	3,057.98
TP43	DOLLY H	Q	6,764.65	Q	1,679.75
TP44	SEGUNDO REMOLQUE	Q	10,636.90	Q	2,626.78
TP45	PRIMER REMOLQUE	Q	13,229.06	Q	3,989.63
TP46	DOLLY H	Q	4,876.12	Q	1,126.14
TP47	SEGUNDO REMOLQUE	Q	10,320.54	Q	11,176.80
Total de Gastos		Q	223,966.04	Q	92,860.99

Fuente: elaboración propia

Figura 16. **Gastos de segundo año de implementación por unidad**



Fuente: elaboración propia, Microsoft Excel

3.4. Objetivo General: Implementar un mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala.

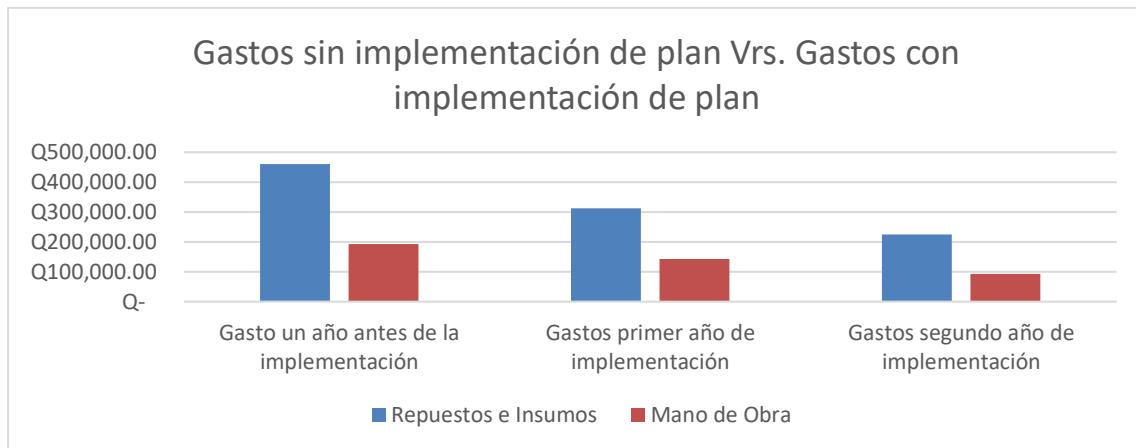
Al lograr implementar el plan de mantenimiento propuesto, después del primer año y el segundo año se realizó la revisión de los resultados a fin de detectar las retroalimentaciones necesarias para consolidar la implementación y evidenciar errores, con el objetivo de realizar ajustes necesarios y la evaluación de los indicadores de gestión.

Tabla XVI. Gastos sin implementación de plan versus. Gastos con implementación de plan

Descripción	Repuestos e Insumos	Mano de Obra
Gasto un año antes de la implementación	Q 459,775.82	Q 191,948.60
Gastos primer año de implementación	Q 312,942.69	Q 142,563.75
Gastos segundo año de implementación	Q 223,966.04	Q 92,860.99

Fuente: elaboración propia

Figura 17. **Gastos sin Vrs. Gastos con implementación de plan**



Fuente: elaboración propia, Microsoft Excel

Tabla XVII. **Ahorro en porcentaje por implementación de plan**

Descripción	Repuestos e Insumos	Mano de Obra
Ahorro primer año de implementación	32%	25.73%
Ahorro segundo año de implementación	51.30%	51.61%

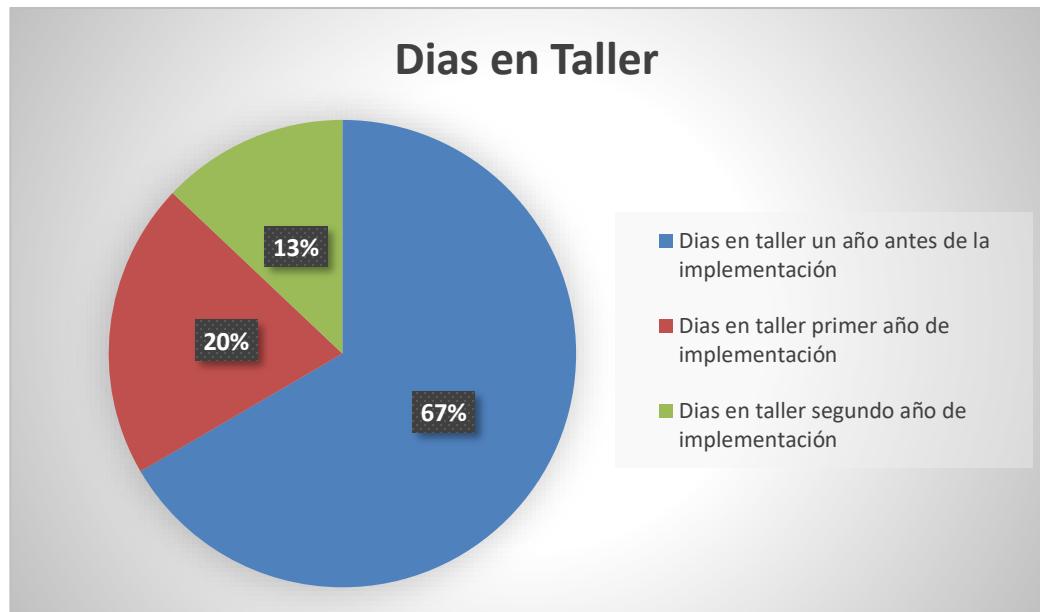
Fuente: elaboración propia

Tabla XVIII. **Días en taller sin implementación versus implementación de plan**

Descripción	Días en Taller
Días en taller un año antes de la implementación	319
Días en taller primer año de implementación	98
Días en taller segundo año de implementación	62

Fuente: elaboración propia

Figura 18. **Días en taller sin implementación versus con implementación de plan.**



Fuente: elaboración propia, Microsoft Excel

De acuerdo al análisis de la figura 9 y figura 8, se puede visualizar que, con el plan de implementación de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, los paros y gastos de los equipos de arrastre se ven disminuidos con una tendencia claramente marcada, lo cual confirma y consolida la efectividad de la propuesta descrita.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se hace un análisis de la validez interna, y externa del trabajo de investigación, así como el análisis de los resultados obtenidos.

4.1. Análisis Interno

El estudio realizado tuvo como objetivos Diagnosticar y analizar las causas de las fallas y la situación actual en cuanto a condiciones de operación de los equipos de arrastre utilizados en la empresa de transportes de bebidas no carbonatadas, las cuales fueron revisión de fugas, cambio de fricciones, cambio de maxi break, reparación de bufa de frenos, renovación de válvulas de frenos, servicios de mantenimiento y complementos de los servicios. Se definió el recurso humano necesario para operar el plan de implementación de mantenimiento enfocado en el sistema de frenado, analizando un plan de mantenimiento que establece una adecuada administración del mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los equipos de arrastre.

Para lograr establecer las fallas más recurrentes en un sistema de frenado de los equipos de arrastre, se obtuvieron datos que establecen los servicios que se realizaron a una muestra de 8 equipos articulados (24 equipos en total), para establecer las fallas más recurrentes por medio de historial de órdenes de trabajo en el sistema AS400 la cual nos dio los siguientes datos Servicios de mantenimiento (94 servicios en el año), revisión de fugas de aire (19 revisiones en el año), cambio de fricciones (8 cambios en el año), cambio de maxi break (5 cambios durante el año), reparación de bufa de frenos (5 reparaciones en el año), renovación de válvula de frenos (2 renovaciones en el año) y cambio de eje

delantero (1 cambio en el año). Por la naturaleza de las fallas, las variables de la base de datos son variables cuantitativas discretas.

Como parte de la exploración de los datos, se realizó un mapeo de servicios que se ejecutaron a la muestra de los equipos de arrastre seleccionados y se sometieron a un estudio de frecuencia de un año para determinar cuáles fueron las fallas más recurrentes con sus respectivos costos.

La implementación del mantenimiento de productividad total basado en lubricación, se centró en 4 factores importantes: planificación, programación, ejecución y control para lograr una adecuada disponibilidad de los equipos al menor costo posible. Para esto se propone una planificación con los interesados (Flota, Tráfico y Taller), luego se les hace de su conocimiento por medio de la programación de las unidades, las mismas para que tráfico coordine el paro de las unidades, taller tenga el personal adecuado y capacitado para la realización del trabajo asignado y sobre todo que se tengan los insumos a utilizar para su ejecución. Se diseñó una ficha técnica para llevar el control de los equipos de arrastre que se les ejecute el mantenimiento.

El Implementar un mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala demostró ser una herramienta que permite identificar estrategias efectivas de mantenimiento que permite garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos del transporte de arrastre. Entre los beneficios que se obtuvieron tenemos:

- Mejorar la confiabilidad operacional, maximizar la disponibilidad y/o mejorar la mantenibilidad de los equipos de arrastre.

- Crear un espíritu altamente crítico en todo el personal frente a condiciones de falla y averías en el sistema de frenado de los equipos de arrastre.
- Lograr considerablemente la reducción de costo de mantenimiento.
- Fomentar el trabajo en equipo.
- Mejorar la aplicación de las actividades de mantenimiento tomando en cuenta la criticidad e importancia de los equipos de arrastre en su operación.
- Establecer un sistema eficiente de mantenimiento de productividad total basado en lubricación.
- Desarrollar un sistema efectivo de registro y manejo de datos.

Entre los problemas encontrados para la realización de este trabajo de graduación tenemos:

- Resistencia al cambio.
- Poca información de historial de las unidades muestradas.
- La información sobre equipos de arrastre es casi nula.

4.2. Análisis externo

Moreno, en el 2009 realizó una investigación en su tesis de Universidad de Oriente Núcleo de Anzoategui, Escuela de Ingeniería y CS. Aplicadas Departamento de Mecánica titulada “Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional.” Donde investigó sobre los problemas que tenían los tractocamiones. Moreno (2009) afirmó: “que las rutinas o actividades de mantenimiento realizadas a los tractocamiones, basadas en recomendaciones del fabricante y experiencia del personal no son suficientes para mantener los niveles de disponibilidad esperados por gerencia”. Este estudio sirvió para establecer una herramienta que permite buscar una flota de equipos de arrastre en óptimas condiciones.

Se implementó un plan de mantenimiento para los equipos de arrastre que se basa en lubricación que permite controlar de una manera ágil las tareas de mantenimiento, generando técnicas como son VOSO (Ver, Oír, Sentir, Oler) que nos puede indicar alguna otra falla que tenga el equipo.

Hortiales, en 1997 realizó una investigación en su tesis de Universidad Autónoma Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Subdirección de Estudios de Postgrado titulada “Implementación de Mantenimiento Productivo Total”, donde realizó un análisis profundo sobre el mantenimiento de productividad total. Hortiales (1997) afirmó: “Incrementar la productividad, confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria y equipo buscando la excelencia con una operación adecuada y un mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo planificado”, esto aumenta la satisfacción de nuestros clientes, anticipándonos a sus necesidades, mejorando la calidad y entregas oportunas, optimizando nuestros recursos y estableciendo una mejor comunicación interna y externa, trabajando en equipo para la resolución de problemas y mantener un trabajo seguro limpio y ordenado.

CONCLUSIONES

1. Se diagnosticaron las causas de las fallas y las condiciones de los equipos de arrastre, la cual se encontraron que entre las fallas más recurrentes durante el año antes de la implementación están 94 servicios, 19 revisiones, 8 cambio de fricciones, 5 cambio de *maxi break*, 5 reparación de bufa de frenos, 2 renovación de válvula de frenos y un cambio de eje delantero.
2. Se diseñó un plan de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, con este diseño se logró implementar estrategias como la técnica (VOSO), se realizó un *check list* para tener un mejor control de los equipos, además de llevar el control por medio de las órdenes de trabajo.
3. Se evaluó la implementación del plan de mantenimiento teniendo como resultados satisfactorios tanto de los departamentos de tráfico, flota y taller que son los departamentos involucrados. Se determinó que se ampliará con los demás equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala
4. Se evaluaron los resultados obtenidos y se realizó los comparativos entre un año antes de la implementación Versus el primer año y el segundo año de implementación, dándonos como resultado una buena aceptación de los equipos de arrastre en taller y sobre todo un ahorro notable tanto de repuestos como de mano de obra.

RECOMENDACIONES

1. Debe de implementarse el mantenimiento de productividad total basado en lubricación, a los demás equipos de arrastre (Equipos 36, Equipo 32, equipo 24) de la empresa para obtener un mejor comportamiento del indicador por los paros de funcionamiento de los equipos y extender esta implementación a los demás equipos que se encuentran en otras agencias.
2. Realizar periódicamente evaluación con los proveedores de repuestos e insumos relacionados con el sistema de frenado de los equipos de arrastre, a fin de evaluar el costo beneficio de una inversión en la adquisición de nuevas tecnologías de los fabricantes y verificar el desempeño de las mismas a fin de tener una retroalimentación, para implementar una mejora continua.
3. Brindar capacitación a todo el equipo involucrado (Pilotos, Mecánicos, Ayudantes, Supervisores, jefes) con el objetivo del trabajo en equipo y así dar un mejor servicio a nuestro cliente interno.
4. Crear expedientes de cada uno de los equipos de arrastre donde esté establecido el historial de trabajos realizados a cada uno de ellos, los materiales y repuestos utilizados en cada uno de los servicios realizados. En estos expedientes se debe de tomar en cuenta todo lo relacionado con el mantenimiento de los equipos de arrastre.

REFERENCIAS

1. Torres, p. (2011). Mantenimiento Productivo Total Para Eficientar el Proceso de Lavado de Envase de Vidrio de una Máquina Lavadora LAVATEC. Guatemala.
2. Luis Aníbal Mora García, L. (2008). *Indicadores de la gestión logística KPI*. Bogotá, Ecoe Ediciones.
3. Kazanas, H., Baker, G., Gregor, T. (1983). *Procesos Básicos de Manufactura*. México, McGraw-Hill.
4. Urbina, G. (2007). *Fundamentos de Ingeniería Económica*. México, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S. A de C.V.
5. Villegas, E. (2005). Tratamiento de Agua para Consumo Humano.
6. Bravo, L., (2005). Guía Teórico Práctica (Fundamentos de Mantenimiento), UDO, Barcelona, Venezuela.
7. Hortiales Rendon Miguel Ángel, (1997). Implementación del Mantenimiento Productivo Total.
8. Fuentes, F. (2013). TPM – Mantenimiento Productivo Total
9. Reuschle, W. (1962). *Engrase y Lubricación de Máquinas*. Barcelona.

10. Moreno Russian Gustavo Antonio. (2009). Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional.
11. Hamrock, B. (2000). *Elementos de Máquinas*, México, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S. A de C.V.
12. García, E. (2007). Implementación de un Freno Hidrodinámico Como Mejora al Freno de Servicio y Freno de Motor en Vehículos de Transporte Pesado. Guatemala.
13. Morayta, G. (1973). Manual de Programas de Mantenimiento en Plantas.
14. Rivera, G. (2009). Reacondicionamiento de los Álabes Directrices de una Turbina Hidráulica Tipo Francis en Hidroeléctrica los Esclavos y su Análisis de Costo. Guatemala.
15. Kutz, M. (1990). Enciclopedia de la Mecánica, Ingeniería y Técnica. España.
16. Sampieri, R., Collado, C., – Pilar, L., (2006) *Metodología de la Investigación*. México, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S. A de C.V.
17. Norton. R. (2011). *Diseño de Máquinas Un Enfoque Integrado*. México, Litográfica Ingramex, S.A de C.V.
18. CIV (2022). Ministerio de comunicaciones, infraestructura y vivienda Guatemala, C.A. Reglamento para control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones, Acuerdo gubernativo 379 – 2010. Obtenido de

<https://caminos.gob.gt/files/Desc-Reglamento-CtrlPesosyDim-AG3792010.pdf>

19. Transeop. (2022). *Tipos de camiones: Definición, clasificación y características.* Obtenido de <https://www.transeop.com/blog/tipos-de-camiones/185/>
20. Alianza flotillera (2022). *Tipos de configuración de un Dolly* Obtenido de <https://alianzaflotillera.com/tipos-de-configuration-en-un-dolly/>
21. Tyt (2022). Tips para mantenimiento de plataformas. Obtenido de <https://www.tyt.com.mx/nota/cuatro-tips-para-el-mantenimiento-de-plataformas>
22. Aiteco. (2019). *Diagrama de Pareto – Herramientas de la Calidad.* Obtenido de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>
23. Allali, D. H. (2016). *Propuesta de un plan de mantenimiento para la flota vehicular megalog.* Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76463/ALLALI%20-%20Propuesta%20de%20un%20plan%20de%20mantenimiento%20para%20la%20flota%20vehicular%20MEGALOG.pdf?Sequence=1>
24. Melendrez, A. (2016). *Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de la flota de transporte pesado.* Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/2311/Mel%c3%a9ndez%20Colchado%20y%20Rodr%c3%adguez%20Chiscul.pdf?S equence=1&isallowed=y>

25. Vera, M. (2019). Plan de mejora en procesos de mantenimiento para flota de vehículos pesados. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3913/1/T-UIDE-236.pdf>
26. Cuatrecasas, L. (2012). Gestión del mantenimiento de los equipos productivos. Obtenido de https://books.google.com.gt/books?id=dz_nubxchjqc&pg=PA706&dq=tipo
27. s+de+mantenimiento&hl=es419&sa=X&ved=2ahukewi5ukb1hlxyahuastabhfldrqq6aewb3oecauqag#v=onepage&q=tipos%20de%20mantenimiento&f=false

APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia

Problemas	Preguntas de Investigación	Objetivos	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
Problema Principal		Objetivo General				
El problema que tiene la empresa es el retraso en la entrega de producto, baja eficiencia de los procesos de distribución a las diferentes localidades e incapacidad de dar respuestas rápidas y entregas oportunas del producto siendo estos	¿Cómo se puede mejorar el mantenimiento preventivo basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala	Implementar un mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala	Diseño de investigación no experimental basada en métodos. Tipo de enfoque de investigación fue mixta. Población de equipos de arrastre: 75	Se identificaron las principales fallas más recurrentes en relación del sistema de frenado y las mismas fallas nos sirvieron para la implementación	Se diseñó un plan de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, con este diseño se logró implementar estrategias	Debe de implementarse el mantenimiento de productividad total basado en lubricación, a los demás equipos de arrastre (Equipos 36, Equipo 32, equipo 24) de la empresa para obtener un mejor
Bebidas no carbonatadas provocando quejas e insatisfacción en los ejecutivos de la empresa.	¿Cómo se puede mejorar el mantenimiento preventivo basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala?	Implementar un mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala	Muestra: 24 equipos de arrastre Técnica de recolección de datos: Entrevistas y observaciones. Variables: Tiempos de Mantenimientos. Tareas correctivas frecuentes.	del plan de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para garantizar la disponibilidad de los equipos de arrastre.	como la técnica (VOSO), se realizó un <u>check list</u> para tener un mejor control de los equipos, adicional de llevar el control por medio de las órdenes de trabajo.	comportamiento del indicador por los paros de funcionamiento de los equipos y extender esta implementación a los demás equipos que se encuentran en otras agencias.
Problemas Secundarios	Preguntas Específicas	Objetivos Específicos			Conclusiones Específicas	Recomendaciones Específicas

Continuación Ápendice1

<p>No se ha determinado la situación y condiciones de operación para determinar las causas de las fallas de los equipos de arrastre utilizados en la empresa de transportes de bebidas no carbonatadas</p>	<p>¿Cuál es la situación y condiciones de operación para determinar las causas de las fallas de los equipos de arrastre utilizados en la empresa de transportes de bebidas no carbonatadas?</p>	<p>Diagnosticar y analizar las causas de las fallas y la situación actual en cuanto a condiciones de operación de los equipos de arrastre utilizados en la empresa de transportes de bebidas no carbonatadas.</p>	<p>Se realizó el análisis del historial de las órdenes de trabajo que se relacionaron con el sistema de frenado, y con este análisis se obtuvieron siete bases de datos que establecen los trabajos que se realizaron a una muestra de 24 equipos de arrastre para establecer las fallas más recurrentes la cual presento los siguientes datos:</p> <p>Servicios de mantenimiento, complemento, cambio de fricciones,</p>	<p>Se diagnosticaron las causas de las fallas y las condiciones de los equipos de arrastre, la cual se encontraron que entre las fallas más recurrentes durante el año están 94 servicios, 19 revisiones, 8 cambio de fricciones, 5 cambio de <i>maxi break</i>, 5 reparación de bufa de frenos, 2 renovación de válvula de frenos y cambio de eje delantero.</p>	<p>Realizar periódicamente evaluación con los proveedores e insumos relacionados con el sistema de frenado de los equipos de arrastre, a fin de evaluar el costo beneficio de una inversión en la adquisición de nuevas tecnologías de los fabricantes.</p>
			<p>cambio de <i>Maxi Brake</i>, reparación de bufa de frenos, renovación de válvula de frenos y cambio de eje.</p>		

Continuación de Anexo 1

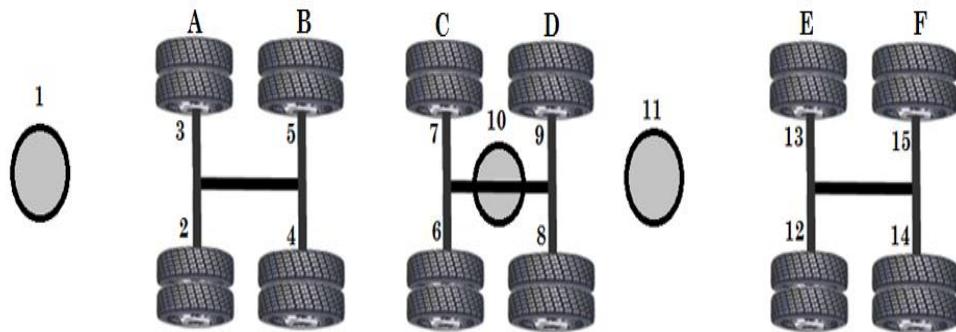
<p>No se cuenta con un plan de mantenimiento que ofrezca fichas de control, protocolos de revisiones que mejore el funcionamiento de los equipos de arrastre y prolongar su vida útil</p>	<p>¿Cómo se puede mejorar el funcionamiento de los equipos de arrastre y prolongar su vida útil?</p>	<p>Diseñar un plan de mantenimiento para el funcionamiento de frenado de los equipos de arrastre y prolongar su vida útil, con la aplicación de un mantenimiento de productividad total basado en la lubricación.</p>		<p>Para realizar el trabajo de mantenimiento de productividad total basado en lubricación se realizaron de manera sistemática inspecciones de todo el equipo articulado, con personal calificado teniendo el conocimiento de las normas de mantenimiento y que operan basados en un programa formal, con esto se determinó la programación de la tarea y se generó una</p>	<p>Se diseño un plan de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, con este diseño se logró implementar estrategias como la técnica (VOSO), se realizó un check list para tener un mejor control de los equipos, adicional de llevar el control por medio de las órdenes de trabajo.</p>	<p>Crear expedientes de cada uno de los equipos de arrastre donde este establecido el historial de trabajos realizados a cada uno de ellos, los materiales y repuestos utilizados en cada uno de los servicios realizados. En estos expedientes se debe de tomar en cuenta todo lo relacionado con mantenimiento de los equipos de arrastre.</p>
				<p>orden de trabajo. Se diseño una ficha técnica que tuvo el enfoque en el sistema de frenado de los equipos de arrastre.</p>		

Continuación Apéndice 1

<p>No sabemos qué beneficios tendremos a la hora de implementar el plan de mantenimiento de productividad total basado en lubricación</p>	<p>¿Qué beneficios hay en la implementación del mantenimiento de productividad total basado en lubricación?</p>	<p>Evaluar la implementación de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, para el mejoramiento de frenado de equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala</p>		<p>Con el plan de implementación de mantenimiento de productividad total basado en lubricación, los paros y gastos de los equipos de arrastre se ven disminuidos con una tendencia claramente marcada, lo cual confirma y consolida la efectividad de la propuesta descrita.</p>	<p>Se evaluó la implementación del plan de mantenimiento teniendo como resultados satisfactorios tanto de los departamentos de tráfico, flota y taller que son los departamentos involucrados. Se determinó que se ampliaría con los demás equipos de arrastre para una empresa de bebidas no carbonatadas de la ciudad de Guatemala</p>	<p>Debe de implementarse el mantenimiento de productividad total basado en lubricación, a los demás equipos de arrastre (Equipos 36, Equipo 32, equipo 24) de la empresa para obtener un mejor comportamiento del indicador por los paros de funcionamiento de los equipos y extender esta implementación a los demás equipos que se encuentran en otras agencias.</p>
---	---	--	--	--	--	--

Fuente: elaboración propia, Microsoft Word.

Apéndice 2. Circuito de engrase



Fuente: elaboración propia, Microsoft Word.

- A) Primer Eje del Primer Remolque.
- B) Segundo Eje del Primer Remolque.
- C) Primer Eje del *Dolly H*.
- D) Segundo Eje del *Dolly H*.
- E) Primer Eje del Segundo Remolque.
- F) Segundo Eje del Segundo Remolque

1. Espejo y Pin Master 1er. Remolque.
2. Bufo Izquierda 1er. Eje – 1er. Remolque.
3. Bufo Derecha 1er. Eje – 1er. Remolque.
4. Bufo Izquierda 2do. Eje – 1er. Remolque.
5. Bufo Derecha 2do. Eje – 1er. Remolque.
6. Bufo Izquierda 1er. Eje – *Dolly H*.
7. Bufo Derecha 1er. Eje – *Dolly H*.
8. Bufo Izquierda 2do. Eje – *Dolly H*.

Continuación de Anexo 2

9. Bufo Derecha 2do. Eje – *Dolly H.*
10. Tornamesa de *Dolly H.*
11. Espejo y Pin Master 2do. Remolque.
12. Bufo Izquierda 1er. Eje – 1er. Remolque.
13. Bufo Derecha 1er. Eje – 1er. Remolque.
14. Bufo Izquierda 2do. Eje – 1er. Remolque.
15. Bufo Derecha 2do. Eje – 1er. Remolque

Apéndice 3. Ficha de Control

REPORTE DE ENGRASE			
Piloto:		Orden de trabajo:	
Encargado		Firma	
Equipo:		Fecha:	
Técnico responsable:		Firma:	
Técnicos			
Hora de entrada		Hora de salida	

DATOS DEL EQUIPO			
Marca		Tipo	
Modelo		Horómetro	

1.	Equipo Protección Personal	Actividad	
		Revisión	Cambio
1.1	Protectores de oídos		
1.2	Lentes de seguridad		
1.3	Guantes		
1.4	Chaleco		
1.5	Casco		
Comentarios y observaciones:			

2.	Inspección Inicial	Actividad	
		Revisión	Cambio
2.1	Revisión general de estado del equipo de arrastre (Visión óptica)		
2.2	Verificación de fugas		
2.3	Verificación de mangueras		
2.4	Verificación de estado de fricciones		
2.5	Verificación de Maxi Brake		
Comentarios y observaciones:			

Continuación de Apéndice 3.

3.	Revisión de Sistema de Frenado	Actividad	
		Revisión	Cambio
3.1	Lubricación de bufas		
3.2	Lubricación de quinta rueda		
3.3	Ajuste de frenos		
3.4	Verificación con el equipo puesto en marcha		
Comentarios y observaciones:			

Fuente: elaboración propia.