



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y SU INFLUENCIA EN LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE LOS VOLQUETES VOLVO FMX440 EN LA EMPRESA GRUPO HH SERVICIOS GENERALES S.A.C”.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:
Bach. Jose Rober Mejia Zabaleta

Asesor:
M.Cs. Ing. Luis Roberto Quispe Vásquez

Cajamarca – Perú

2020

AGRADECIMIENTO

*A mis padres, quienes son mi apoyo incondicional en
la realización de metas.*

Jose Rober Mejía Zabaleta.

DEDICATORIA

*En primer lugar, agradecer a Dios por la vida y por la
salud, a mis padres que con su apoyo incondicional me
hicieron llegar hasta donde estoy y a mis hermanos.*

Jose Rober Mejía Zabaleta.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO.....	2
DEDICATORIA	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
ABREVIATURAS	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Realidad Problemática.....	14
1.2 Formulación del problema.....	16
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo general	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
1.4 Hipotesis	16
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	17
2.1 Tipo de investigación	17
2.2 Materiales, instrumentos y métodos.....	17
2.2.1 Materiales	17
2.2.2 Instrumentos	18

2.2.3 Método	19
2.3. Procedimiento	28
2.3.1 Ficha resumen	28
2.3.2 Guía de entrevista.....	30
2.4 Matriz de operacionalización de variables	31
CAPÍTULO III. RESULTADOS	32
3.1. Diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento, así como de la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440.	32
3.1.1 Diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento.....	33
3.1.2 Diagnóstico de la disponibilidad mecánica.....	39
3.1.3 Resumen inicial de la operacionalización de variables.....	42
3.2. Diseño del sistema de gestión de mantenimiento en función al diagnóstico.	44
3.2.1 Definir responsabilidades en el sistema de gestión de mantenimiento.	45
3.2.2 Establecer el procedimiento de inducción -Especificaciones técnicas del Volquete Volvo FMX 440	47
3.2.3 Elaborar el plan de mantenimiento preventivo.....	54
3.2.4 Diseñar el etiquetado para reporte de fallas.....	62
3.2.5 Plan de educación y capacitación	64
3.3. Evaluar las posibles mejoras con la implementación del diseño de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440.....	66

3.3.1. Análisis de la mejora de la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX 440.....	67
3.3.2. Operacionalización de las variables después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en los volquetes volvo FMX 440.	69
3.4. Análisis económico, beneficio-costo del sistema de gestión de mantenimiento.....	71
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	75
4.1 Discusión.....	75
4.2 Conclusiones.....	77
REFERENCIAS.....	78
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales a utilizar en el trabajo de investigación.....	17
Tabla 2 Instrumentos a utilizar en el trabajo de investigación.....	18
Tabla 3 Valoración de la viabilidad y aplicación de técnicas e instrumentos.....	18
Tabla 4 Interpretación de la calificación porcentual OT correctivas y preventivas en la gestión de mantenimiento.	21
Tabla 5 Identificación y frecuencia de fallas.....	22
Tabla 6 Reporte de fallas.....	28
Tabla 7 Ficha resumen de reporte de fallas.....	29
Tabla 8 Matriz de operacionalización de variables.....	31
Tabla 9 Resumen porcentual de OT Correctivas y Preventivas.....	36
Tabla 10 Identificación y frecuencia de fallas.....	37
Tabla 11 Horas de parada por mantenimiento en OT ejecutadas.....	39
Tabla 12 Horas programadas y trabajadas en el año.....	40
Tabla 13 Número de paradas por mantenimiento de volquetes volvo FMX 440	40
Tabla 14 MTBF de los volquetes volvo FMX 440	41
Tabla 15 MTTR de los volquetes volvo FMX 440	41
Tabla 16 Disponibilidad mecánica de los volquetes volvo FMX 440	42
Tabla 17 Resumen inicial de la operacionalización de las variables	43
Tabla 18 Proyección de mejora del sistema de gestión de mantenimiento.....	66
Tabla 19 Proyección del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX 440	66
Tabla 20 MTBF de los volquetes volvo FMX 440 después del diseño del SGM.....	67
Tabla 21 MTTR de los volquetes volvo FMX 440 después del diseño del SGM.....	68

Tabla 22 Disponibilidad mecánica de los volquetes volvo FMX 440	69
Tabla 23 Operacionalización de las variables después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en los volquetes volvo FMX 440.	70
Tabla 24 Ahorro generado después del diseño de gestión de mantenimiento.....	71
Tabla 25 Inversión para diseño del sistema de gestión de mantenimiento de los volquetes Volvo FMX 440.	72
Tabla 26 Cálculo beneficio/costo del diseño del sistema de gestión de mantenimiento....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Ishikawa	20
Figura 2 Diagrama de Pareto	23
Figura 3 Diseño del sistema de gestión de mantenimiento	25
Figura 4 Flujograma de operaciones para la contratación de servicios	32
Figura 5 Flujograma de la gestión de mantenimiento	33
Figura 6 Diagrama de Ishikawa de los principales problemas de la gestión de mantenimiento	34
Figura 7 Órdenes de trabajo en mantenimiento de volquetes volvo FMX 440	36
Figura 8 Causalidad de las fallas	38
Figura 9 Diseño del sistema de gestión de mantenimiento	44

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de las órdenes de mantenimiento correctivas.	21
Ecuación 2: Cálculo de las órdenes de mantenimiento preventivas.	21
Ecuación 3: Cálculo del MTBF	23
Ecuación 4: Cálculo del MTTR	24
Ecuación 5: Cálculo de la disponibilidad mecánica.....	24
Ecuación 6: Cálculo Beneficio/ Costo	27

ABREVIATURAS

- DM** : Disponibilidad mecánica.
- MTTR** : Tiempo medio para reparar fallas.
- MTBF** : Tiempo medio entre fallas.
- OT** : Orden de trabajo.
- SGM** : Sistema de gestión de mantenimiento.

RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis consiste en medir la influencia del diseño de un sistema de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX 440. El tipo de investigación es aplicada, explicativa, cuantitativa y no-experimental, como técnica se utilizó la revisión documental y la entrevista. Inicialmente se realizó un diagnóstico situacional del sistema de gestión de mantenimiento en base a las órdenes de trabajo por mantenimiento correctivo y preventivo, así mismo se realizó el diagnóstico del MTBF, MTTR y la disponibilidad mecánica, obteniendo indicadores fuera de los estándares permitidos por la empresa. Posteriormente se realizó el diseño del sistema de gestión de mantenimiento y se evaluó las posibles mejoras con la implementación, estimando, que el reporte de las OT preventivas son mayor al 75% y las OT correctivas inferiores al 25%, así mismo, un aumento en el MTBF de 43.26 a 151.42 horas; una disminución del MTTR de 8.08 a 5.44 horas y finalmente un incremento en la disponibilidad mecánica de 84 % a 97%, encontrándose sobre el estándar que estipula la empresa. Finalmente, en base al ahorro estimado de 88 829 dólares, se realizó el análisis económico, beneficio-costos del diseño del sistema de gestión de mantenimiento, obteniendo un valor de 2.40 indicando que los beneficios superan a los costos, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.

Palabras Clave: Diseño, sistema, gestión, mantenimiento, disponibilidad, mecánica, volquetes, FMX440.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to measure the influence of the design of a maintenance management system on the mechanical availability of Volvo FMX 440 tippers. The type of research is applied, explanatory, quantitative and non-experimental, as a technique it was used the documentary review and the interview. Initially, a situational diagnosis of the maintenance management system was carried out based on the work orders for corrective and preventive maintenance, as well as the diagnosis of the MTBF, MTTR and mechanical availability, obtaining indicators outside the standards allowed by the company. Subsequently, the design of the maintenance management system was carried out and the possible improvements with the implementation were evaluated, estimating that the report of preventive TOs are greater than 75% and corrective TOs less than 25%, likewise, an increase in the MTBF from 43.26 to 151.42 hours; a decrease in MTTR from 8.08 to 5.44 hours and finally an increase in mechanical availability from 84% to 97%, being above the standard stipulated by the company. Finally, based on the estimated savings of \$ 88,829, the economic, benefit-cost analysis of the maintenance management system design was performed, obtaining a value of 2.40 indicating that the benefits outweigh the costs, therefore, the project must Be considered.

KeyWords: Design, system, management, maintenance, availability, mechanics, tippers, FMX440.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

Según SNL Metals & Mining (2019) En los últimos 25 años la minería y construcción ha estado en una fase expansiva a nivel global, América Latina es el principal destino de la inversión minera en el mundo, donde figuran cuatro países, México, Chile, Perú y Brasil con el 80% de inversión. Lo que representa en el Perú el 15% de crecimiento en inversión minera.

Si hablamos de construcción no se restringe solamente al aspecto constructivo, sino también a las actividades que derivan de este rubro, como son: movimiento de tierras, transporte de insumos, etc. En este sentido, las empresas competidoras en el sector de transportes de materiales de construcción deben llevar una correcta planificación de sus equipos, con la finalidad de reducir la frecuencia de paradas no programadas debido a fallas mecánicas que ocasionan tiempos inoperativos y altos costos que afectan la programación establecida y retrasan la movilización del material a transportar.

En la actualidad los países más desarrollados han implementado planes de mantenimiento, los cuales permiten sistematizar el proceso de mantenimiento de sus unidades; llevando un control real de las actividades que se realizan durante el proceso y ejecución de mantenimiento. Esta información permite que las gerencias tomen decisiones confiables debido a que los datos son reales y están actualizados (Salas, 2016).

Por esta razón se debe respetar los procesos de mantenimiento de cada unidad, debido a que las unidades no presentan las mismas dificultades, tal como lo menciona (Allali, 2016) quien manifiesta que: “El programa de mantenimiento es una herramienta clave que se la debe seguir estrictamente realizando todos los procedimientos y recomendaciones descritos para cada unidad”.

Así también lo expresa (Vila, 2019) En la gestión de mantenimiento, los procedimientos establecidos para reparaciones y mantenimiento son otra herramienta de control que ayudará a una gestión de mantenimiento óptima. Así mismo, (Tejeda, 2017) afirma que el diseño del plan de mantenimiento permitió plantear estrategias para disminuir la ocurrencia de fallas y por ende incrementó la disponibilidad mecánica.

La empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C se dedica al acarreo de materiales de construcción, trabaja con equipos propios administrados de acuerdo al proyecto; analizando las órdenes de trabajo de mantenimiento, se verificó que el 22% corresponde a OT preventivas y el 78% a OT correctivas, lo que indica que existe deficiencias en el sistema de gestión de mantenimiento, siendo el estándar para OT preventivas $> 75\%$ y a OT correctivas $< 25\%$, esto se evidencia con las frecuentes paradas no programadas por fallas mecánicas, hidráulicas y eléctricas en las unidades, generadas por la carencia de un plan de mantenimiento, deterioro por fatiga de los componentes, mala operación de la unidad.

A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el MTTR del 43.26% y el MTBF de 8.08 horas, corrobora las deficiencias del sistema de gestión de mantenimiento, obteniendo una disponibilidad mecánica para la flota de volquetes Volvo FMX 440 del 84% siendo el porcentaje menor a lo establecido por la empresa y el contratista de obra que es el 90%.

Por ende, se considera importante diseñar un sistema de gestión de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX 440 en la empresa Grupo HH Servicios Generales y así también evidenciar ahorro en horas inoperativas, en costos de remolque y en penalidades por incumplimiento de contrato.

1.2 Formulación del problema

¿De que manera el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento influye en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440 en la empresa Grupo HH Servicios Generales SAC?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la influencia del sistema de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440 en la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento, así como de la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440.
- Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para los volquetes Volvo FMX440 de la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C.
- Evaluar las posibles mejoras que se obtienen con la implementación del diseño de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica.
- Realizar el análisis económico del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C.

1.4 Hipotesis

El diseño de un sistema de gestión de mantenimiento influye positivamente en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440 de la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

Según su propósito, la investigación es aplicada ya que nos basaremos en conocimientos existentes en gestión de mantenimiento.

Según su profundidad, la investigación es explicativa porque se analizó la relación entre las dos variables que son disponibilidad mecánica y gestión de mantenimiento.

Según su naturaleza de datos es cuantitativa, ya que se obtendrán datos cuantificables referentes a indicadores de mantenimiento y disponibilidad mecánica.

Según su manipulación de la variable es no-experimental, ya que se trabajará con hechos de experiencia directa donde la realidad no será manipulada.

2.2 Materiales, instrumentos y métodos

2.2.1 Materiales

En la tabla 1 se presenta los materiales a utilizar en todo el trabajo de investigación.

Tabla 1

Materiales a utilizar en el trabajo de investigación

Materiales	Medida	Cantidad
Laptop.	Unidad	1
Hojas Bond A4	Millar	1
Impresora.	Unidad	1
Lapiceros	Unidad	2
USB	Unidad	1
Zapatos de seguridad	Unidad	1
Casco de seguridad	Unidad	1
Lentes de seguridad	Unidad	1
Chaleco H	Unidad	1

La tabla muestra los materiales utilizados en el proceso de investigación, desde los elementos para recopilar información como los equipos de protección personal.

2.2.2 Instrumentos

En la tabla 2, se detallaron las técnicas e instrumentos relacionados con el primer objetivo específico, ya que sólo en ese objetivo se ha levantado información.

Tabla 2

Instrumentos a utilizar en el trabajo de investigación

Objetivo general	Indicador	Técnica	Instrumento	Fuente bibliográfica de la técnica
Determinar la influencia del sistema de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440 de la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C.	Diagnóstico de la situación actual del sistema de gestión de mantenimiento.	Revisión documental	Ficha resumen	Sistema de Gestión de Mantenimiento.
		Entrevista	Check List	
	Disponibilidad mecánica	Revisión documental	Ficha resumen	Indicadores de la disponibilidad mecánica.

La tabla muestra los instrumentos utilizados en el proceso de investigación.

Luego de determinar los instrumentos que se van a utilizar, se valoró su viabilidad y su aplicación en la tabla 3.

Tabla 3

Valoración de la viabilidad y aplicación de técnicas e instrumentos.

Preguntas Generales	Si / No	Acciones por tomar
¿Se tiene acceso para levantar la información de los equipos empleados en el movimiento de tierras en la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C?	No	Se presentó una carta explicando que se necesita recopilar datos en base a la gestión de mantenimiento con fines únicamente académicos.

La tabla muestra las acciones que se realizaron para llegar a concretizar el instrumento.

2.2.3 Método

La metodología se ha estructurado de acuerdo a los objetivos de la investigación:

2.2.3.1 Metodología para el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento.

Como parte del diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento, inicialmente se presentan los flujogramas de gestión para la contratación de servicios de la empresa y del flujo de la gestión de mantenimiento.

Diagrama de Ishikawa

Seguidamente, se empleó un diagrama de Ishikawa para identificar los principales problemas de gestión de mantenimiento, este consiste en una representación gráfica en la cual se visualiza las causas que originan un problema específico.

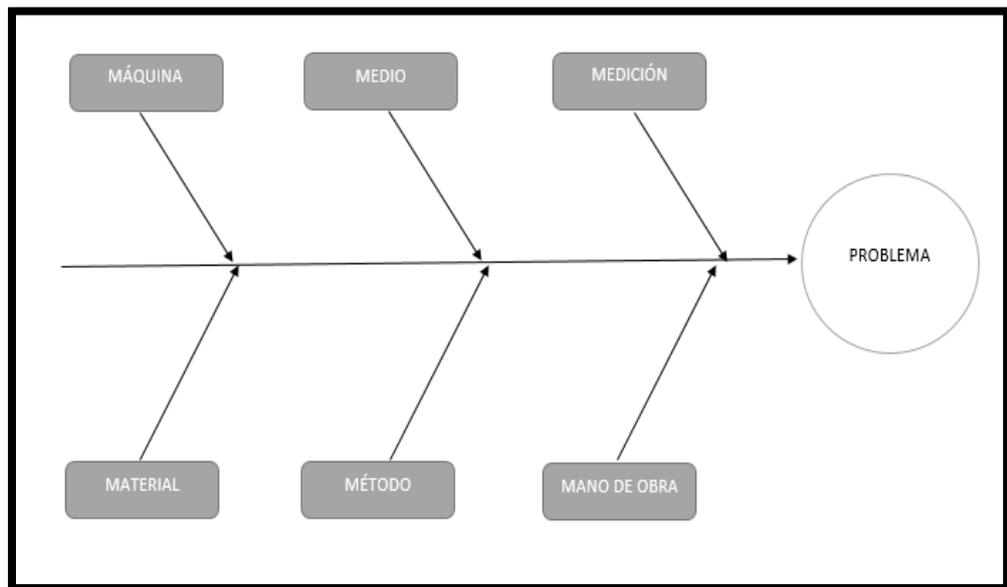
En el diagrama utilizado se diferenciaron 6 ramas de las posibles causas que son:

- Máquina: Se analizaron problemas de gestión de mantenimiento reportados en las unidades.
- Método: Se enfocó en preguntarse si los métodos empleados en la gestión de mantenimiento eran los adecuados.
- Materiales: se analizaron las características del material en los repuestos y sus condiciones.

- Mano de obra: se identificaron las fallas causadas por la mano de obra y la causalidad.
- Medio ambiente: se consideró los problemas ambientales y de medio en la gestión de mantenimiento.
- Medición: Se evalúan indicadores de medición.

El diagrama Ishikawa modelo se visualiza en la figura 1.

Figura 1
Diagrama de Ishikawa



La figura muestra la metodología empleada en el diagrama de Ishikawa. Fuente (Henao, 2016)

De acuerdo a (Gutierrez, 2016), para realizar el diagnóstico de la gestión de mantenimiento, existen múltiples indicadores, sin embargo, acorde a la revisión documental de la información brindada por la empresa, se ha optado por realizar el diagnóstico situacional actual del sistema de gestión de mantenimiento en

base a órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo y preventivo, empleando las siguientes fórmulas:

Ecuación 1: Cálculo de las órdenes de mantenimiento correctivas.

$$\% \text{ OT Correctivas} = \frac{\text{OT correctivas} \times 100}{\text{OT totales}} \quad (1)$$

Ecuación 2: Cálculo de las órdenes de mantenimiento preventivas.

$$\% \text{ OT Preventivas} = \frac{\text{OT preventivas} \times 100}{\text{OT totales}} \quad (2)$$

Después de realizar el diagnóstico del % OT correctivas y preventivas, se evaluará en base a la siguiente tabla 04. Siendo las posibles calificaciones aceptable, inaceptable y excelente.

Tabla 4

Interpretación de la calificación porcentual OT correctivas y preventivas en la gestión de mantenimiento.

Calificativo	OT Correctivas	OT Preventivas
Aceptable	25% - 30%	70% - 75%
Inaceptable	>30%	<70%
Excelente	≤25%	≥75%

La tabla muestra el calificativo asignado de acuerdo al porcentaje de OT obtenido.

Determinación y frecuencia las fallas

En base a la estructura de la tabla 5, se procedió a determinar las fallas más frecuentes en las unidades operativas en el periodo de enero a diciembre del 2018, según las OT de mantenimiento ejecutadas.

Tabla 5

Identificación y frecuencia de fallas

N°	Fallas	N° Fallas/flota	Frecuencia Relativa
----	--------	-----------------	---------------------

Estructura de reporte de las fallas frecuentes.

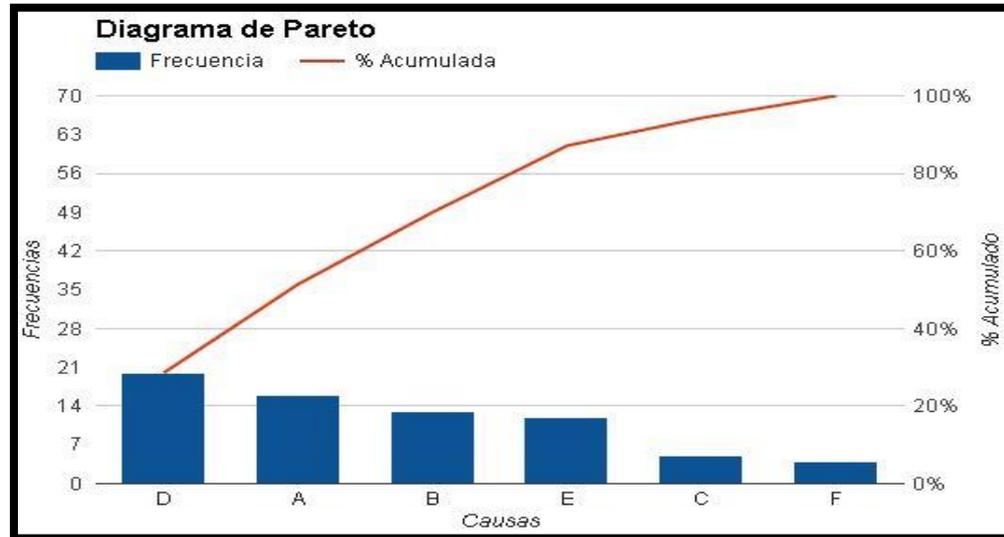
Determinación de la causa de fallas

Diagrama de Pareto

Es una técnica gráfica que clasifica causas en orden de mayor a menor frecuencia y permite asignar un orden de prioridades, manteniendo principios como pocos vitales, muchos triviales.

Se inició determinando la causa de fallas, se las agrupó y ordenó por su ocurrencia de mayor a menor, luego se calculó la frecuencia normalizada y la frecuencia acumulada; con estos datos se elaboró un gráfico de triple entrada como el que se muestra en la figura 3; en su eje X se encuentran las causas de las fallas, en el eje Y1 se colocó la frecuencia y en el eje Y2 estuvieron las frecuencias acumuladas.

Figura 2
Diagrama de Pareto



La figura muestra la metodología empleada en el diagrama de Pareto. Fuente: (Gutierrez, 2016)

2.2.3.2 Metodología para el diagnóstico de la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX44

Para calcular la disponibilidad mecánica se contabilizaron la cantidad de paradas de equipos mensuales desde enero hasta diciembre del 2018, posteriormente se determinó el MTBF y MTTR.

El valor mínimo del MTBF para garantizar la calidad de la gestión de mantenimiento será mayor a 60 Horas, (Gutierrez, 2016).

Ecuación 3: Cálculo del MTBF

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Total de horas operativas}}{\text{Número de paradas}} \quad (3)$$

El valor máximo del MTTR para garantizar la calidad de la gestión de mantenimiento será menor de 6 Hrs (Gutierrez, 2016).

Ecuación 4: Cálculo del MTTR

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \quad (4)$$

Avendaño (2017), establece una fórmula para calcular la disponibilidad de los equipos, la cual se muestra en la ecuación 5, este indicador se mide mensualmente, la disponibilidad esperada lo ha establecido la empresa mediante el área de mantenimiento en un 90%.

Ecuación 5: Cálculo de la disponibilidad mecánica

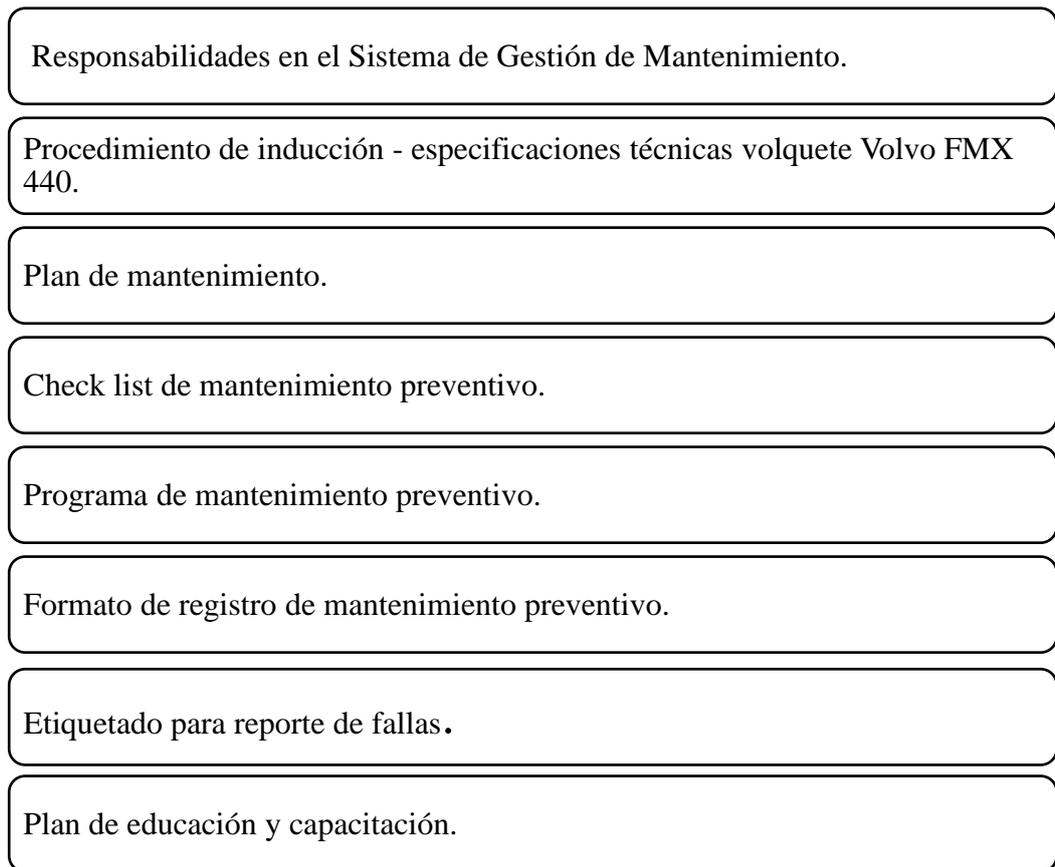
$$\text{Disponibilidad mecánica} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad (5)$$

2.2.3.3 Metodología para el diseño del sistema de gestión de mantenimiento para los volquetes Volvo FMX440 de la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C.

En la figura 3 se presenta los procedimientos, formatos y registros considerados en el diseño del sistema de gestión de mantenimiento.

Figura 3

Diseño del sistema de gestión de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia.

2.2.3.4 Metodología para evaluar las posibles mejoras que se obtienen con la implementación del diseño de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440.

Para evaluar las posibles mejoras que se obtienen con la implementación del diseño en la disponibilidad mecánica es necesario resaltar que la mejora fue proyectada en base a que se implemente el diseño. Así, se determinó las OT correctivas y preventivas por mantenimiento de los volquetes volvo FMX440 en el periodo de julio a diciembre del 2019.

Así mismo, se determinaron los indicadores MTTR, MTBF y Disponibilidad.

2.2.3.5 Metodología para el análisis económico del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C.

Para el análisis económico beneficio-costos vamos a ponernos en el escenario de que, si mejora la disponibilidad mecánica mediante el diseño del sistema de gestión de mantenimiento de los volquetes Volvo FMX 440, el beneficio se verá reflejado en que la empresa percibirá un ahorro por las horas de inoperatividad, por el remolque de unidades y por el incumplimiento del contrato.

En el escenario contrario analizaremos que la empresa decide no considerar el diseño y destinar el costo de la inversión a una cuenta de ahorro a plazo fijo al 4.9% anual.

- **Ahorro generado (Beneficio):** Costo de horas de inoperatividad, remolque de unidades y multa por incumplimiento del contrato.
- **Costo de inversión:** Costo total para realizar la implementación del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en los volquetes volvo FMX 440.
- **Contra Beneficio (CB):** Oportunidad de inversión tomando como referencia la tasa de inversión en un fondo de inversión bancario o un interés a plazo fijo determinado.

Los criterios para tomar la decisión de la inversión ante el resultado de la razón B/C son:

B/C > 1 indica que los beneficios superan a los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.

B/C=1 indica que no hay ganancias ya que los beneficios son iguales a los costes.

B/C < 1 indica que los costes son mayores que los beneficios, por consiguiente, el proyecto no debe ser considerado.

Para el cálculo B/C, se empleará la siguiente fórmula:

Ecuación 6: Cálculo Beneficio/ Costo

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficio- contrabeneficio}}{\text{Costo}}$$

2.3. Procedimiento

En la primera etapa se elaboró los instrumentos para poder levantar la información, de acuerdo a la data necesaria para el desarrollo de la investigación fue necesario recurrir a la revisión documental del mantenimiento y a una entrevista con un responsable.

2.3.1 Ficha resumen

En la tabla 06 se puede apreciar que el objetivo de la ficha resumen implicó la clasificación de órdenes de trabajo en base a fallas reportadas en 365 días, durante el 2018, siendo reportadas en una hoja Excel.

Tabla 6
Reporte de fallas

Item	Semana	Equipo	Funcionalidad	Componente	Modo de falla	Recomendación / comentarios	Notificación	Prioridad	Fecha creación	Fecha cierre	Días retraso	OT- C / OT-P	Observaciones
------	--------	--------	---------------	------------	---------------	--------------------------------	--------------	-----------	----------------	--------------	--------------	--------------	---------------

Modelo de reporte de fallas en una hoja Excel.

Los datos sirvieron para diagnosticar el sistema actual de mantenimiento en base al número de OT correctivas y preventivas reportadas, así mismo calcular la disponibilidad mecánica mediante MTTR Y MTBF. Los reportes del Excel, han

sido brindados por el área de mantenimiento de equipos, y se resumieron utilizando la Tabla 7.

Tabla 7

Ficha resumen de reporte de fallas

Ficha Resumen de Reportes

Área:

Tipo de falla:

Equipo implicado:

Duración de la falla:

Clasificación OT:

La ficha resumen de reportes de fallas nos ayudan a validar las OT reportadas.

Fase de aplicación

La ficha resumen se aplicó en doce ocasiones, para determinar las fallas mensuales, analizando los reportes de la empresa.

La aplicación de la ficha resumen duró tres días, se analizaron un total de 365 reportes de fallas.

Fase de procesamiento de datos

De los datos obtenidos en la ficha se seleccionaron las fallas concernientes a los equipos de movimiento de tierras. Las fallas elegidas se han procesado los datos en Excel.

2.3.2 Guía de entrevista

La entrevista se realizó al jefe de mantenimiento de equipos, quien es el colaborador que tiene más conocimiento del tema en el área.

La entrevista está compuesta por 10 preguntas abiertas, la primera pregunta se enfocó en conocer la secuencia del proceso de mantenimiento, la segunda pregunta estuvo orientada en conocer los equipos que se utilizan en dicho proceso, la tercera pregunta se realizó con la finalidad de conocer el material movido y la cuarta pregunta fue para conocer los parámetros operativos de los equipos de movimiento de tierras. La quinta pregunta se enfocó en conocer el estado actual de la gestión de mantenimiento. Las preguntas 6, 7 y 8 sirvieron para conocer el histórico de fallas, sus causas, la frecuencia y la duración de cada una de ellas. Finalmente, las preguntas 9 y 10 ayudaron a identificar las mejoras que se deben aplicar en esta investigación.

Los datos obtenidos en la entrevista se plasmaron en un documento, con esos datos se realizó el diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto y se analizó los indicadores operacionales.

Fase de aplicación

La aplicación de la ficha resumen duró tres días, se analizaron un total de 365 reportes de fallas.

Fase de procesamiento de datos

De los datos obtenidos en la ficha se elaboró el diagnóstico situacional de la gestión de mantenimiento, el detalle de frecuencia y causa de las fallas, número de paradas, horas de operación, etc se han procesado en la base de datos Excel.

2.4 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 8

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicador
Variable Independiente: Sistema de gestión de mantenimiento	Es el conjunto ordenado de etapas interrelacionadas que permite administrar las actividades de la función de mantenimiento. (Ballester, 2017)	Órdenes de mantenimiento ejecutadas	OT de mantenimiento correctivo
			OT de mantenimiento preventivo
Variable Dependiente: Disponibilidad mecánica	La disponibilidad mecánica tiene como fin primordial el mantenimiento en tiempos programados, puede ser entendida como tener la seguridad de que un componente o equipo que requirió reparación en un tiempo determinado, posterior a este pueda y ejerza satisfactoriamente sus funciones. (Gutierrez, 2016)	Tiempo promedio de distribución entre fallas	MTBF
		Tiempo promedio de reparación de fallas	MTTR
		Disponibilidad	Disponibilidad Mecánica

Matriz de operacionalización de variables de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento, así como de la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440.

- Información de la empresa

GRUPO H.H. SERVICIOS GENERALES SAC es una empresa dedicada al transporte de carga por carretera.

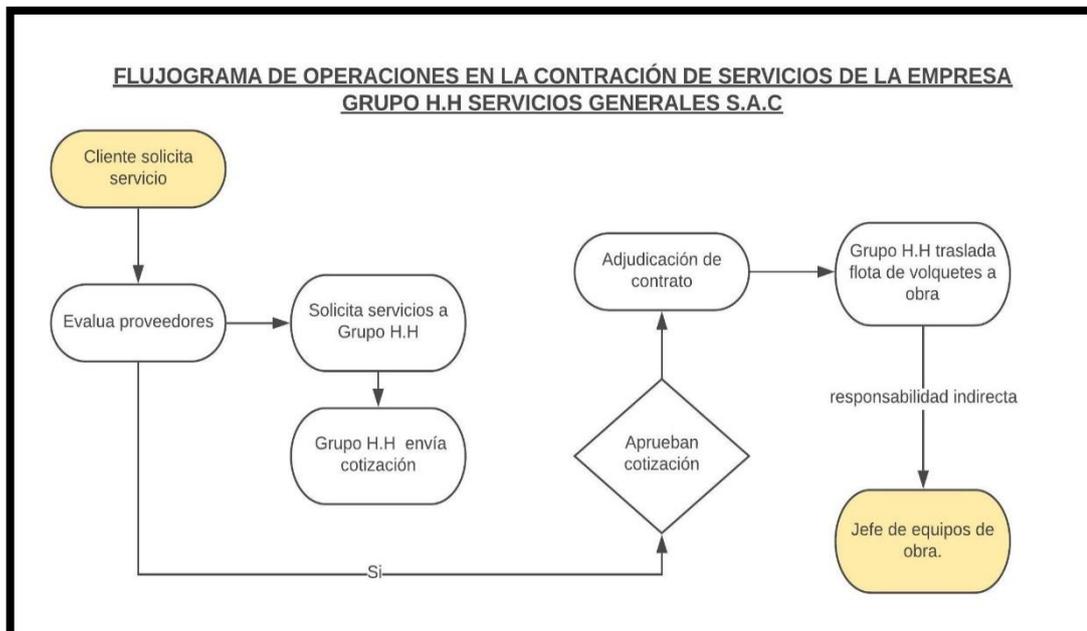
Actualmente se dedican al transporte de material de construcción para obras de ingeniería, cuentan con una flota de 06 volquetes FMX 440.

- Flujograma de operaciones para la contratación de servicios

En la figura 4, se detalla el flujo de operaciones para la contratación de servicios de la empresa Grupo H.H Servicios Generales SAC.

Figura 4

Flujograma de operaciones para la contratación de servicios



La figura muestra el flujograma de operaciones para la contratación de servicios de la empresa Grupo H.H Servicios Generales SAC, desde la solicitud del servicio hasta la adjudicación del contrato y puesta de volquetes en obra. Fuente: Grupo HH Servicios Generales SAC.

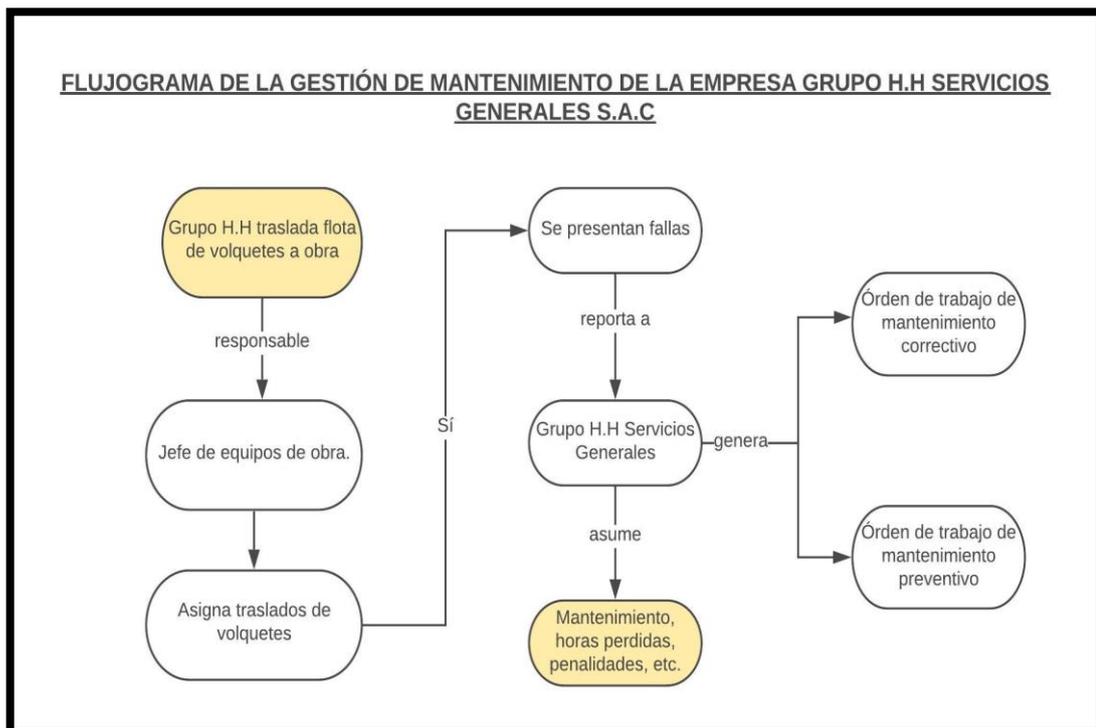
3.1.1 Diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento

- Flujograma de la gestión de mantenimiento

El flujo de operaciones en la gestión de mantenimiento de la empresa Grupo H.H Servicios Generales SAC, se evidencia en la figura 5.

Figura 5

Flujograma de la gestión de mantenimiento



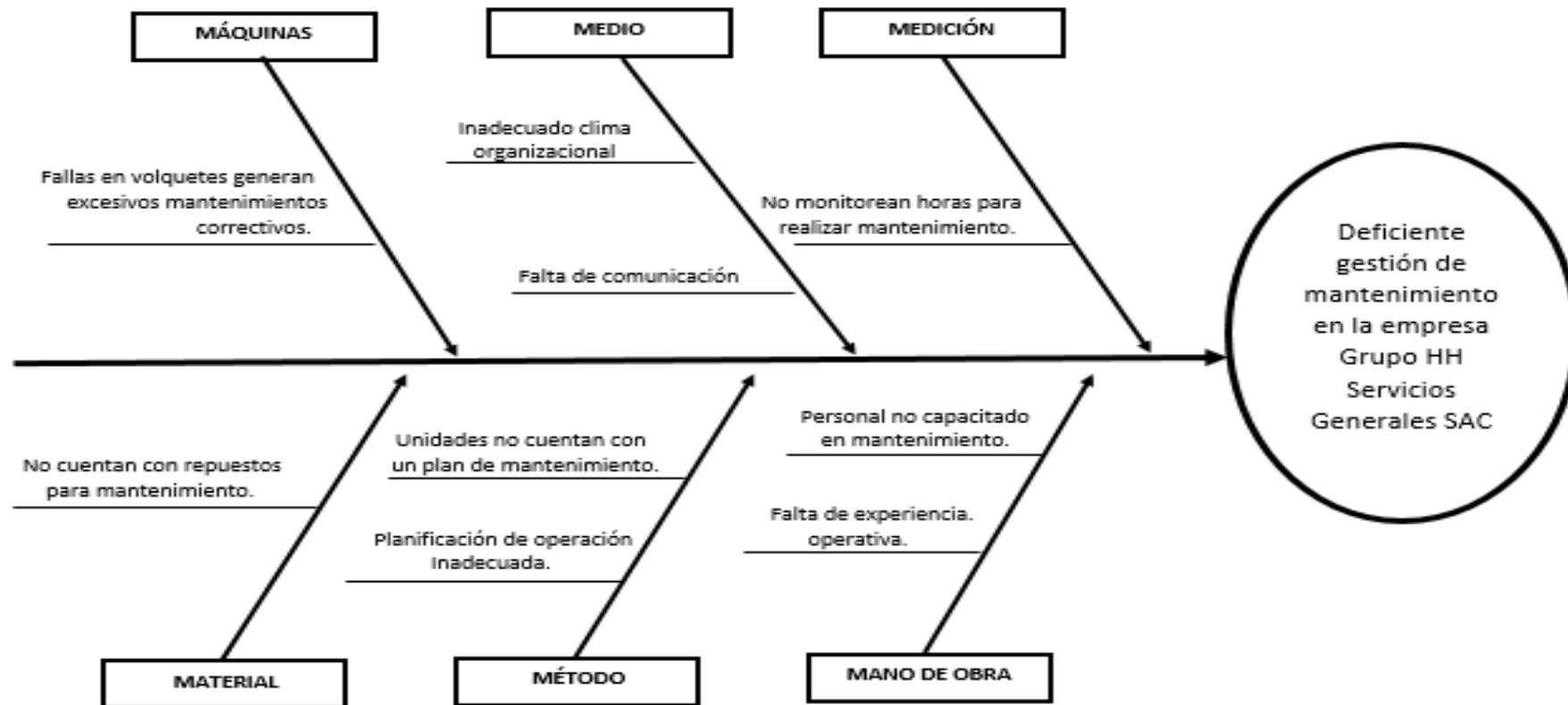
La figura muestra el flujograma de la gestión de mantenimiento de la empresa Grupo H.H Servicios Generales SAC, desde que los volquetes están puestos en obra, hasta que se genera una orden de trabajo para mantenimiento correctivo o preventivo. Fuente: Grupo HH Servicios Generales SAC.

- Análisis de los principales problemas de la gestión de mantenimiento mediante el diagrama de Ishikawa.

En base a la información recopilada en la entrevista, se identifican los principales problemas de la gestión de mantenimiento de enero a diciembre 2018, como puede apreciarse en la figura 6.

Figura 6

Diagrama de Ishikawa de los principales problemas de la gestión de mantenimiento



La figura muestra los principales problemas en el sistema de gestión de mantenimiento de la empresa Grupo H.H Servicios Generales SAC, en el periodo de enero a diciembre del 2018. Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente analizaremos las 6M relacionadas directamente con la deficiente gestión de mantenimiento:

- **Máquina**

Actualmente los volquetes FMX 440 presentan fallas que generan excesivas paradas para mantenimientos correctivos.

- **Material**

La empresa no cuenta con un stock de repuestos para mantenimiento, en caso de falla de la unidad, se agencian del proveedor más cercano.

- **Medio**

Cuando falla una unidad, el jefe de equipos de la obra manifiesta que el operador debe hacerse cargo y solucionar el problema.

El operador se comunica con el administrador de Grupo H.H y manifiesta los inconvenientes. Cuando los camiones están parados, el operador desconoce en qué fase se encuentra la orden para que realicen el mantenimiento.

- **Método**

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento para su flota de unidades volvo FMX 440.

- **Medición**

Las unidades cuentan con horómetros, sin embargo, no monitorean las horas de operación para realizar algún mantenimiento preventivo.

- **Mano de obra**

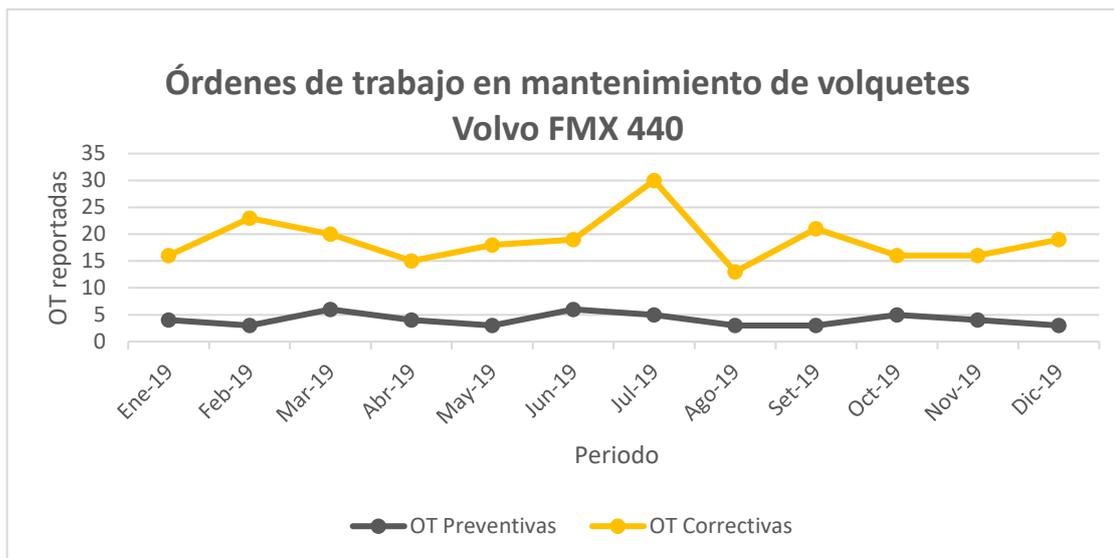
Los operadores de los volquetes volvo FMX 440, no están capacitados en reportar la falla que genera un mantenimiento correctivo o preventivo.

- **Análisis de las órdenes de trabajo de mantenimiento**

En base a órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo y preventivo, se han obtenido indicadores de gestión de mantenimiento como se aprecia en la figura 7.

Figura 7

Órdenes de trabajo en mantenimiento de volquetes volvo FMX 440



La figura muestra la comparación entre las órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo y preventivo reportadas durante el año 2018. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9 se detalla el resumen porcentual en base a las OT correctivas y preventivas reportadas, obteniendo un 22% en OT preventivas y 78% en OT correctivas. Lo que clasifica al sistema de gestión de mantenimiento en Inaceptable.

Tabla 9

Resumen porcentual de OT Correctivas y Preventivas

Órdenes de mantenimiento	Porcentaje	Clasificación	Interpretación
OT Preventivas	22%	<70	SGM - Inaceptable
OT Correctivas	78%	<30	SGM - Inaceptable

La tabla muestra el resumen comparativo entre OT preventivas y correctivas, clasificando al sistema de gestión de mantenimiento en inaceptable.

▪ **Determinación y frecuencia las fallas**

En a tabla 10, se procedió a determinar las fallas más frecuentes en las unidades operativas en el periodo de enero a diciembre del 2018, según las OT de mantenimiento ejecutadas.

Tabla 10

Identificación y frecuencia de fallas

N°	Fallas	N° Fallas/flota	Frecuencia Relativa
1	Fugas de aceite	41	18%
2	Fallas de rodamientos	37	16%
3	Piñones de caja de cambio	34	15%
4	Compresor de aire	31	14%
5	Fallas al arrancar	30	13%
6	Falla en el sistema eléctrico	18	8%
7	Pines de compuerta de tolva	15	7%
8	Falla en el cardan	11	5%
9	Falla de caja de velocidades	9	4%

La tabla las fallas frecuentes reportadas en las OT preventivas y correctivas.

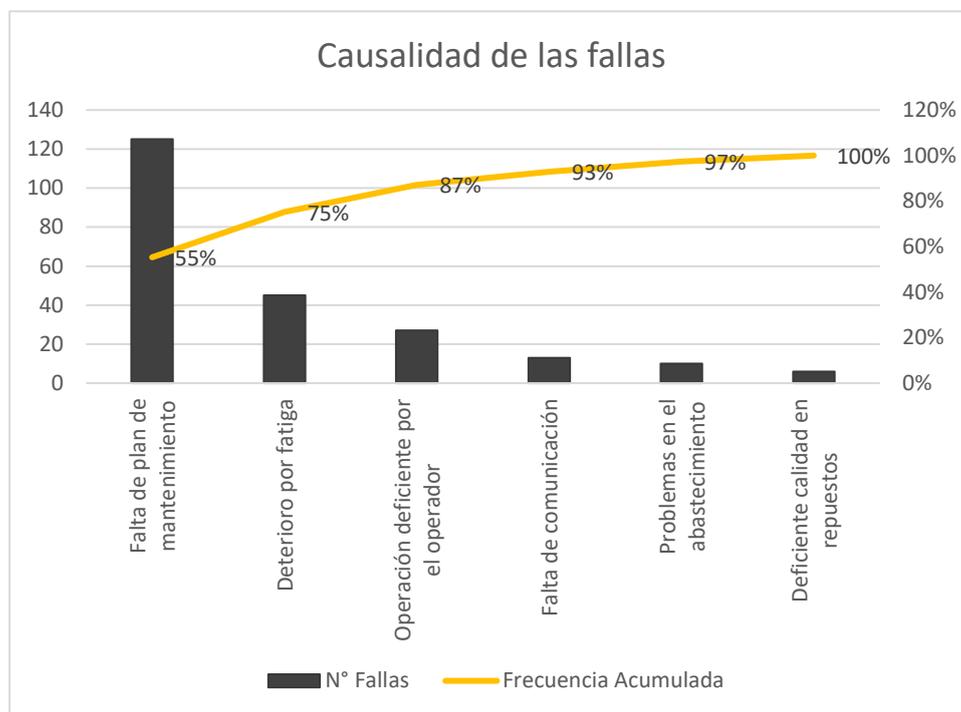
En base a la información proporcionada por la empresa y después de determinar las fallas y su frecuencia, los resultados indican que un 18% corresponde a fugas de aceite, un 16% a fallas de rodamientos y un 15% a fallas en piñones de caja de cambio.

▪ **Determinación de la causa de fallas**

Determinamos en la figura 8 cuales son los orígenes que ocasionan desperfectos en los volquetes FMX 440.

Se identifican las causas de las fallas, esto se hizo mediante el análisis de la información proporcionada por la empresa, los resultados indican que un 55% corresponde a falta plan de mantenimiento, un 20% a deterioro por fatiga y un 12% a la operación deficiente.

Figura 8
Causalidad de las fallas



La tabla muestra la causalidad de las fallas reportadas en las OT preventivas y correctivas. Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior muestra el análisis de la causalidad de fallas, permitiéndonos identificar sobre qué áreas se tendría que trabajar para minimizar el número de fallas en los volquetes FMX y por ende el número de órdenes de trabajo correctivas.

3.1.2 Diagnóstico de la disponibilidad mecánica

El diagnóstico de disponibilidad mecánica de los volquetes volvo FMX440, se calculó en base al MTBF y MTTR reportados en las OT ejecutadas.

- Horas de parada por mantenimiento correctivo y preventivo.

En la tabla 11 se evidencia los resultados de la revisión documental con respecto a las órdenes de trabajo ejecutadas, siendo el detalle, reportado horas de parada por inspección mecánica, mantenimiento preventivo, por fallas mecánicas, eléctricas y otros eventos.

Tabla 11

Horas de parada por mantenimiento en OT ejecutadas

Horas de parada por mantenimiento en OT ejecutadas						
	Volvo 1	Volvo 2	Volvo 3	Volvo 4	Volvo 5	Volvo 6
Horas totales en inspección mecánica (IM)	23	29	29	29	23	38
Horas utilizadas en mantenimiento preventivo (MP)	49	35	34	45	21	16
Horas utilizadas por fallas mecánicas (FM)	105	157	173	127	210	174
Horas utilizadas por fallas eléctricas (FE)	124	109	92	68	134	112
Horas utilizadas en otros eventos	5	5	3	3	5	6
Total	306	335	331	272	393	346

La tabla muestra las horas de parada por mantenimiento en OT ejecutadas en el periodo de enero a diciembre del 2018.

- Horas de programadas y horas trabajadas

En la tabla 12, se detalla las horas programadas y horas trabajadas en el periodo de enero a diciembre del 2018, teniendo como base 150 horas programadas al mes.

Tabla 12

Horas programadas y trabajadas en el año

	Volvo 1	Volvo 2	Volvo 3	Volvo 4	Volvo 5	Volvo 6
Horas programadas en el año (HP)	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Horas de trabajo en el año (HT)	1589	1592	1634	1615	1636	1654

La tabla muestra las horas programadas y trabajadas en el periodo de enero a diciembre del 2018, con una base de 150 horas mensuales programadas.

- Número de paradas por mantenimiento reportadas en las OT ejecutadas

En la tabla 13, se detalla el número de paradas por mantenimiento reportadas en las OT ejecutadas en el periodo de enero a diciembre del 2018.

Tabla 13

Número de paradas por mantenimiento de volquetes volvo FMX 440

Número de paradas por mantenimiento reportadas en las OT ejecutadas						
	Volvo 1	Volvo 2	Volvo 3	Volvo 4	Volvo 5	Volvo 6
Enero-Dic 2018	38	40	40	35	33	40

La tabla muestra el número de paradas por mantenimiento en OT ejecutadas en el periodo de enero a diciembre del 2018.

- MTBF en los volquetes volvo FMX 440

En la tabla 14, se detalla MTBF los volquetes volvo FMX, este parámetro nos indica el tiempo promedio de reparación entre falla.

Dicho indicador ha sido calculado en base a las horas de trabajo al año y el número de paradas, obteniendo valores de 41.82 para el volvo 1; 39.80 horas para el volvo 2; 40.85 horas para el volvo 3; 46.14 horas para el volvo 4; 49.58 horas para el volvo 5 y 41.35 horas para el volvo 6.

Tabla 14

MTBF de los volquetes volvo FMX 440

	Volvo 1	Volvo 2	Volvo 3	Volvo 4	Volvo 5	Volvo 6
Horas de trabajo en el año (HT)	1589	1592	1634	1615	1636	1654
Número total de paradas (NP)	38	40	40	35	33	40
MTBF	41.82	39.80	40.85	46.14	49.58	41.35
MTBF/Flota	43.26 horas					

La tabla muestra el cálculo del MTBF para los 06 camiones volvo de la flota en el periodo de enero a diciembre del 2018.

El tiempo promedio entre fallas para la flota de volquetes volvo FMX 440 es 43.26 horas.

- MTTR en los volquetes volvo FMX 440

En la tabla 15, se detalla MTTR los volquetes volvo FMX, este parámetro nos indica el tiempo promedio de reparación.

Tabla 15

MTTR de los volquetes volvo FMX 440

	Volvo 1	Volvo 2	Volvo 3	Volvo 4	Volvo 5	Volvo 6
Horas utilizadas en mantenimiento preventivo(MP)	49	35	34	45	21	16
Horas utilizadas por fallas mecánicas (FM)	105	157	173	127	210	174
Horas utilizadas por fallas eléctricas (FE)	124	109	92	68	134	112
Horas utilizadas en otros eventos	5	5	3	3	5	6
Número total de paradas (NP)	38	40	40	35	33	40
MTTR	7.45	7.65	7.55	6.94	11.21	7.70
MTTR/Flota	8.08 horas					

La tabla muestra el cálculo del MTTR para los 06 camiones volvo de la flota en el periodo de enero a diciembre del 2018.

El tiempo promedio de reparación de fallas para la flota de volquetes volvo FMX 440 es 8.08 horas.

- Disponibilidad mecánica en los volquetes volvo FMX 440

En la tabla 16 se muestra la disponibilidad mecánica de los volquetes volvo FMX 440, calculado en base a los indicadores de horas programadas en el año y horas de parada por mantenimiento reportadas en la OT ejecutadas, mediante los indicadores MTBF y MTTR, obteniendo una disponibilidad mecánica de la flota completa de 84%, indicando que debe realizarse una mejora en gestión de mantenimiento, ya que el estándar de disponibilidad que establece la empresa y el contratista es 90%.

Tabla 16

Disponibilidad mecánica de los volquetes volvo FMX 440

	Volvo 1	Volvo 2	Volvo 3	Volvo 4	Volvo 5	Volvo 6
MTBF	41.82	39.80	40.85	46.14	49.58	41.35
MTTR	7.45	7.65	7.55	6.94	11.21	7.70
DM	85%	84%	84%	87%	82%	84%
Disponibilidad Mecánica/ flota	84%					

La tabla muestra la disponibilidad mecánica de la flota completa, 06 camiones volvo, en el periodo de enero a diciembre del 2018.

3.1.3 Resumen inicial de la operacionalización de variables

En la tabla 17 se muestra el resumen inicial de la operacionalización de variables .

Tabla 17

Resumen inicial de la operacionalización de las variables

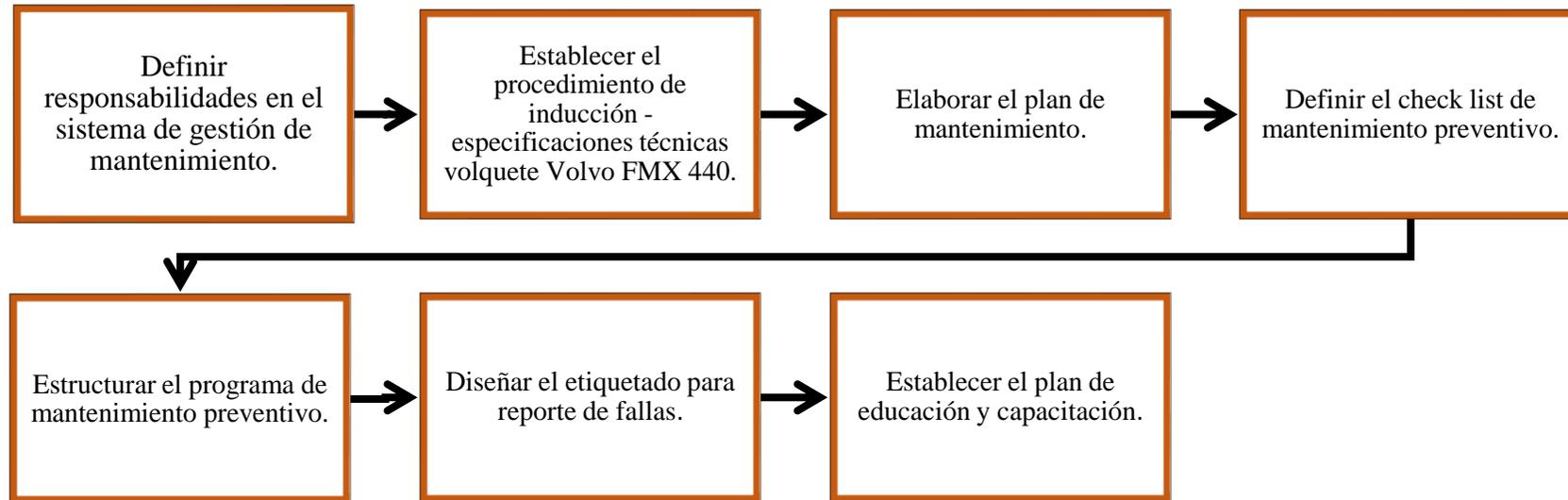
Variables	Dimensión	Indicador	Resultado Actual	Indicador Estándar	Análisis	Causa principal	Consecuencia
Variable Independiente: Sistema de gestión de mantenimiento	Órdenes de mantenimiento ejecutadas	OT de mantenimiento correctivo	78%	<25%	Excesivas fallas correctivas.	Falta plan de mantenimiento, deterioro por fatiga y operación deficiente de unidades.	Baja disponibilidad mecánica.
		OT de mantenimiento preventivo	22%	>75%	No existe programa de mantenimiento preventivo.		
Variable Dependiente: Disponibilidad mecánica	Tiempo promedio de distribución entre fallas	MTBF	43.26 horas	Valor mínimo > 60 horas	El tiempo promedio entre fallas es inferior al estándar.		
	Tiempo promedio de reparación de fallas	MTTR	8.08 horas	Valor máximo < 6 horas	El tiempo promedio en reparar una falla excede el estándar.		
	Disponibilidad	Disponibilidad Mecánica	84%	> 90%	La disponibilidad mecánica esta bsjo el estándar estipulado por la empresa contratista.		

Resumen del sistema de gestión de mantenimiento y la disponibilidad mecánica en la empresa Grupo HH Servicios Generales SAC en el periodo de enero a diciembre 2018.

3.2. Diseño del sistema de gestión de mantenimiento en función al diagnóstico realizado.

Figura 9

Diseño del sistema de gestión de mantenimiento



Diseño del sistema de gestión de mantenimiento. Fuente: Elaboración Propia

3.2.1 Definir responsabilidades en el sistema de gestión de mantenimiento.

Con la finalidad de que el sistema de gestión de mantenimiento éste bien estructurado, se definieron las responsabilidades del gerente, ingeniero mecánico, mecánico, ayudantes de taller y asistente de compras.

	Sistema de Gestión de Mantenimiento	
	Responsabilidades en la gestión de mantenimiento de los Volquetes Volvo FMX 440	REV 22-05- 2019/ Edición N° 1

Objetivo

Definir responsabilidades en la gestión de mantenimiento de los volquetes Volvo FMX 440 en la empresa Grupo HH Servicios Generales SAC

Responsabilidades del personal de mantenimiento

Gerente

- Planea, estructura, dirige y realiza el control de las funciones dentro de la empresa.
- Indica al encargado o responsable para la respectiva elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

Ingeniero mecánico (responsable del área de mantenimiento)

- Presenta al gerente el plan de mantenimiento preventivo para su aprobación y autorización.
- Realiza el requerimiento de compra de repuestos, consumibles y otros.
- Verifica el cumplimiento y ejecución de los procedimientos: Registro y control mediante uso de fichas correspondientes, de cada volquete FMX
- Elabora mensualmente el informe de mantenimientos correctivos, retroalimentado al área de mantenimiento.
- Realiza y supervisa el mantenimiento de acuerdo a las condiciones asignadas.

Mecánico

- Recibe y/o elabora la solicitud de mantenimiento.
- Inspecciona simultáneamente el estado de los volquetes.
- Informa al encargado o quienes haga de sus veces, el cumplimiento de sus funciones.
- Ejecuta las órdenes de trabajo; mecánicas, eléctricas, soldadura, acondicionamientos entre otras, a los sistemas y componentes de los volquetes, según la programación.
- Realiza el requerimiento de insumos, consumibles y otros en coordinación permanente con el encargado.

Ayudantes de taller

- Realiza el lavado exterior de las unidades para que los equipos ingresen a taller para sus respectivos mantenimientos.
- Apoya en forma permanente al mecánico en las actividades para el cumplimiento de mantenimiento diario.

Asistente de compras

- Recibir las solicitudes de requerimientos previamente aprobadas por el gerente con el presupuesto requerido para posteriormente hacer las compras de repuestos para el mantenimiento de los volquetes.
- Almacenar los requerimientos bajo un control que permita llevar un control adecuado, eficaz y entregar los repuestos según necesidad con el documento que sustente y las firmas respectivas de los encargados.
- Realizar un informe mensual del inventario, de los repuestos, consumibles y otros relacionados con los volquetes e informar de los saldos existentes.

	Elaborado	Revisado	Aprobado
Nombre			
Firma			

3.2.2 Establecer el procedimiento de inducción -Especificaciones técnicas del Volquete Volvo FMX 440

Se estableció el procedimiento de inducción, referente a las especificaciones técnicas del volquete FMX 440, teniendo como objetivo, que el personal involucrado en la operación y mantenimiento este capacitado en las características importantes del volquete.

	Sistema de Gestión de Mantenimiento	
	Procedimiento de inducción - Especificaciones técnicas del Volquete Volvo FMX 440	REV 22-05- 2019/ Edición N° 1

Objetivo

A manera de inducción, identificar las especificaciones técnicas del volquete Volvo FMX 440,

Alcance

Todo el personal involucrado en la operación y mantenimiento de los volquetes Volvo FMX 440.

1. Principales sistemas del volquete FMX

El volquete VOLVO FMX cuenta con los siguientes sistemas principales.

- **Sistema de motor**

Presenta como componentes principales al turbo, a las bombas de aceite, bomba de agua, bomba de combustible, enfriador los cuales forman parte de los subsistemas de admisión, combustión y enfriamiento de este sistema.

- **Sistema de transmisión**

Presenta como componentes principales a la bomba de transferencia, discos de embrague, cardan principal, cardan secundario, diferenciales y mandos los cuales conforman todo el tren de fuerza.

- **Sistema suspensión**

Presenta como componentes principales a todos los paquetes de muelles tanto en los ejes delanteros y ejes posteriores quienes, acompañados de los resortes progresivos, barras en V y amortiguadores conforman dicho sistema.

- **Sistema eléctrico**

Presenta como componentes principales a alternador, arrancador, baterías, ECM, y todas las luces tanto delanteras, posteriores y de emergencia las cuales complementan el funcionamiento de este sistema.

- **Sistema de Llantas**

Presenta todos los neumáticos utilizados tanto en los ejes delanteros como posteriores.

- **Sistema Neumático**

Presenta como componente principal el compresor y cada uno de sus tanque y válvulas esencial para el funcionamiento del sistema de frenos.

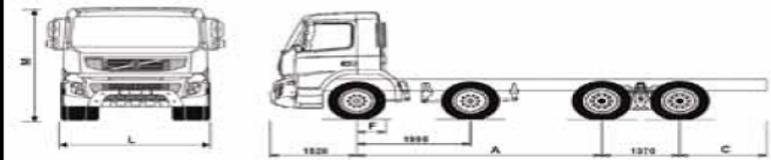
- **Sistema Chasis**

Presentado principalmente por la estructura de soporte de todos los demás sistemas además de soportar a la tolva y cabina.

2. Especificaciones técnicas del volquete FMX

El volquete FMX de la marca VOLVO, presenta un parachoques delantero construido para condiciones severas, chasis reforzado, tren de fuerza robusto trabaja con un motor D13A, con una transmisión VT2214B.

VOLVO FMX 13 LITROS BX4R - Especificación Técnica



Freno Motor		VEB 410	VEB 500
Potencia		410 cv	500 cv

Dimensiones (mm)			
Cabina			
A - Entre-ejes****		4300	4900
B - Entre ejes teórico		3988	4588
C - Voladizo trasero		975	1925
D - Largo total		8165	9715
E - Distancia eje delantero - final de la cabina		440	440
F - Distancia eje delantero - implemento (mín.)		510	510
K - Distancia entre los ejes traseros		1370	1370
M - Altura sin climatizador**		2843	2843
N - Distancia de el 1º a el 2º eje direccional		1995	1995
Radio de giro		9900***	10900***

* Neumático 11,00R22 - Llantas de Acero - Suspensión RADD-TR2 - L1EH1 - FST PAR - RAL32 - FAL17,4 - Carga Nominal.
 ** Para vehículos con climatizador, agregar 148 mm en la altura.
 *** Para neumáticos 12,00R24, por la limitación del ángulo de viraje de las llantas, el radio de giro es alterado para 12000mm (Entre-ejes 4300) / 13250mm (Entre-ejes 4900).
 **** Consultar por mayores distancias entre ejes.

Pesos (kgf)			
Tara en el eje delantero		6750	6800
Tara en el eje trasero		3900	4000
Tara total del chasis		10650	10800

Peso para vehículos standard, en orden de marcha, sin rueda de auxilio y sin conductor. Tolerancia de 3%. (Ref NBR 6070).

Motor	D13A400	D13A440	D13A480
	Tipo de inyección	Inyección directa con unidades inyectoras y gerenciamiento electrónico	Inyección directa con unidades inyectoras y gerenciamiento electrónico
Potencia	400 cv - 294 kW (1400 - 1800 rpm)	440 cv - 324 kW (1400 - 1800 rpm)	480 cv - 353 kW (1400 - 1800 rpm)
Torque	2000 Nm - 204 kgfm (1050 - 1400 rpm)	2200 Nm - 224 kgfm (1050 - 1400 rpm)	2400 Nm - 245 kgfm (1050 - 1400 rpm)
Número de cilindros	6	6	6
Cilindrada	12,8 dm³ (litros)	12,8 dm³ (litros)	12,8 dm³ (litros)
Diámetro x Carrera del pistón	131 x 158 mm	131 x 158 mm	131 x 158 mm
Emissiones	Euro III / CONAMA fase P5	Euro III / CONAMA fase P5	Euro III / CONAMA fase P5
Sistema de lubricación*	33 l - cárter plást. 37 l - cárter acero	33 l - cárter plást. 37 l - cárter acero	33 l - cárter plást. 37 l - cárter acero
Sistema de enfriamiento	38 litros	38 litros	38 litros

* Para cambio de aceite y filtros.

Caja de Cambios	VT2214B	VT2514B	AT2612D (I-Shift)
	Motorización (cv)	400	440 a 480
Máx. torque del motor	2200 Nm	2450 Nm	2600 Nm
Tipo	Sincronizada	Sincronizada	Automatizada
Cambios de marcha	Manual / por cables	Manual / por cables	Manual y Automática / Electroneumático
Número de marchas al frente	14 (12 + 2 super-reducidas)	14 (12 + 2 super-reducidas)	12
Número de marchas en reversa	4	4	4
Capacidad de aceite (l)*	13,5	13,5	13

* Para caja con toma de fuerza agregar 0,8 litros.

Llantas y Neumáticos					
Tipo	acero	acero	acero	acero	acero
Llanta	8,25x22,5	9,00x22,5	8,00x22	8,50x20	8,50x24
Neumático	295/80R22,5	315/80R22,5	11,00R22	12,00R20	325/95R24

Embrague	CD408-O	CS43B-O (Caja I-Shift)
	Tipo	Bidisco de fricción a seco tipo pull-type
Accionamiento	Hidroneumático (bajo esfuerzo de accionamiento)	Hidroneumático (bajo esfuerzo de accionamiento)
Diámetro del disco (mm)	400	430

Especificaciones del volquete FMX, Fuente manual de mantenimiento FMX- Parte 1.

Toma de fuerza						
	PTR-DM	PTR-DH	PTR-FL	PTR-F	PTR-FH	PTER-DIN
Ensamble	Trasera de la caja	Trasera de la caja	Trasera de la caja	Trasera de la caja	Trasera de la caja	Trasera del motor
Relaciones de reducción	1,06/1,32 (VT)	1,23/1,54 (VT)	0,73/0,91 (VT)	0,70/0,88 (VT)	1,23/1,54 (VT)	1,26
Tipo de acoplamiento	DIN5462 / ISO7653 (bomba)	DIN5462 / ISO7653 (bomba)	Brida SAE1300 (cardan)	Brida SAE1400 (cardan)	Brida SAE1300 (cardan)	DIN5462 / ISO7653 (bomba)
Depende del embrague	sí	sí	sí	sí	sí	no
Eje Trasero						
RT3210HV						
Tipo	Simple velocidad					
Reducción en los cubos	sí					
Tipo de carcaza	Fundida					
CMT (t)	100					
Relaciones de reducción	3,33:1/3,46:1/3,97:1/3,61 1:1/3,76:1/4,12:1 4,55:1/5,41:1/7,21:1					
Capacidad de aceite (l)	26,5 + 23					
Bloqueo de diferencial	sí					
Eje Delantero						
FATYPE 290						
Tipo	Eje de acero forjado en perfil "I" tratado térmicamente. Cubos lubricados con grasa, libres de mantenimiento					
Suspensión						
RADD-TR2 RST-MUL RAL 32						
Suspensión Trasera						
Tipo	Semi-elíptica					
Nº elementos elásticos	2 conjuntos de 11 láminas					
Amortiguadores	2 de doble acción					
Barra estabilizadora	sí					
Suspensión delantera						
FST-PAR FAL17.4						
Tipo	Parabólica					
Nº elementos elásticos	4 conjuntos de 3 láminas					
Amortiguadores	2 de doble acción					
Barra estabilizadora	sí					
Capacidad de Carga (kgf)						
FST-PAR FAL17.4 RST-MUL RAL 32 RT3210HV 8x4						
Eje delantero	17400					
Eje trasero	32000					
PBT - Técnico	49400					
PBT - Legal	29000					
CMT - Técnico	100000					
Chasis						
FRAME88 (con refuerzo)						
Tipo	Largueros rectilíneos, con perfil "U", en acero estructural de alta resistencia y bajo peso.					
Material	LNE60					
Sección (mm)	850					
Altura de la alma (mm)	300					
Longitud del perfil (mm)	90					
Espesor del larguero (mm)	8					
Espesor del refuerzo (mm)	5					
Equipos Eléctricos						
Tensión normal	24V					
Alternador	80A / 24V					
Batería	2x170 Ah / 12V (en serie)					
Motor de partida	Melco 5,5 kW					
Fáros	2x70W					
Cabinas						
L1EH1 (Extendida)						
Tipo	Cabinas fabricadas en acero de alta resistencia, con planchas galvanizadas, tratamiento anticorrosivo electroforetico (electrodeposición)					
Altura interna (mm)	1550					
Largo interno (mm)	1810					
Longitud interna (mm)	2430					
Tipo de suspensión delantera	Resorte/amortiguador					
Tipo de suspensión trasera	Resorte/amortiguador					
Tanques de Combustible						
Material	Plástico					
Capacidad (l)*	280 (RFUEL280)					
	200 (RFUEL200)					
* Consultar guía de referencia para obtener detalles de las configuraciones posibles de tanques, que varían acuerdo el modelo, paquete de terminación, etc.						

Especificaciones del volquete FMX, Fuente manual de mantenimiento FMX – Parte 2.

- **Especificaciones de motor**

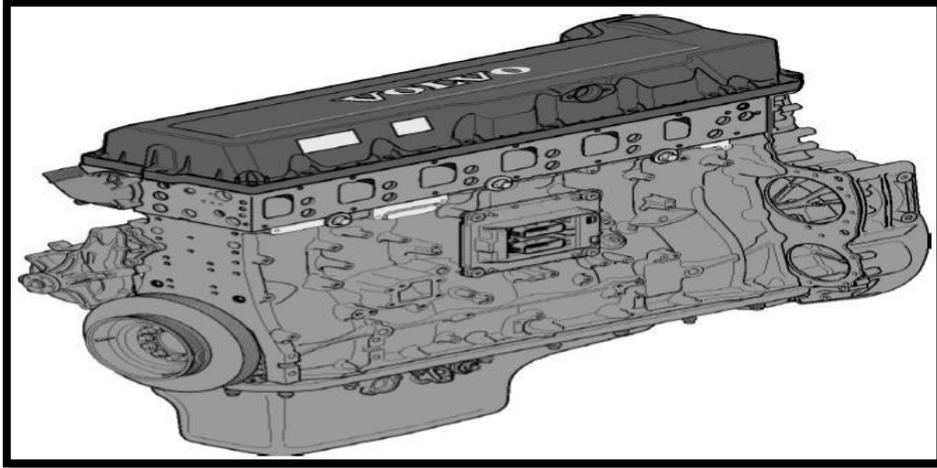


Imagen referencial de motor FMX.

D13A es la designación del motor de nueva construcción de 13 litros de Volvo para FM y FH, introducido en el otoño de 2005. Se trata de un motor diésel de seis cilindros en línea e inyección directa con turbocompresor, enfriamiento del aire de admisión y sistema de mando del motor (EMS — Engina Management System). El motor está disponible en cinco variantes de potencia: 360 CF, 400 CF, 440 CF, 480 CF y 520 CF.

El motor tiene ventilación del cárter opcional, abierta o cerrada. Con la ventilación del cárter cerrada se elimina totalmente el riesgo de goteo de aceite, propiedad que tiene demanda en muchos mercados para transportes en entornos sensibles.

La designación completa del motor (D13A440) significa:

D = Diésel

A = Generación

13 = Cilindrada en litros

440 = Variante (potencia en caballos de fuerza)

- **Especificaciones transmisión.**

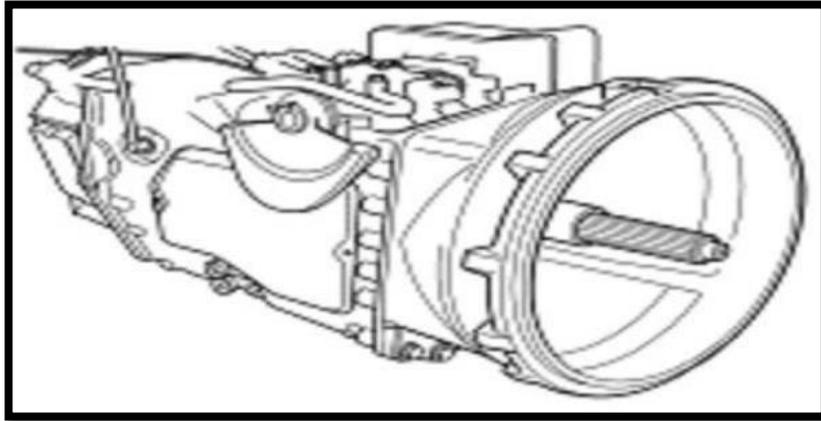


Imagen referencial de sistema de transmisión FMX.

Caja de transmisión utilizada en el volquete FMX440 es un componente de la marca VOLVO de tipo VT2214B las cuales consta de 14 marchas para adelante y 4 marchas hacia atrás, esta tiene como peso sin aceite 330 kg y una longitud de 1066mm. En el cuadro 12 mostraremos la relación de este tipo de transmisión y de demás tipos de cajas utilizados en este volquete FMX440.

- **Especificaciones del cardán.**

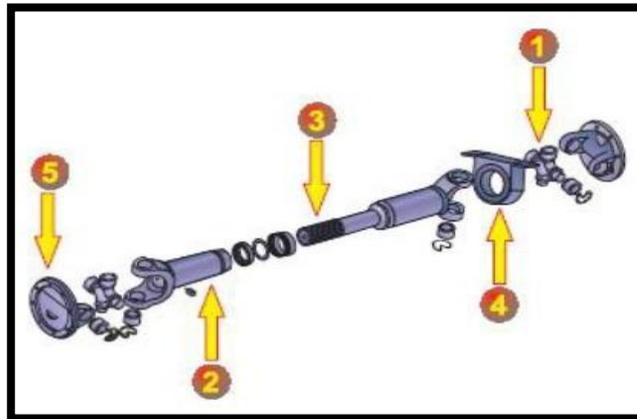


Imagen referencial del cardán volquete FMX.

El árbol de transmisión consta de cruceta principal, cruceta secundaria, cardan principal, cardan secundario, los cuales unidos todos y ensamblado desde la caja de transmisión hacia el puente trasero el cual transmite el par del motor.

- **Especificaciones de los diferenciales y corona.**

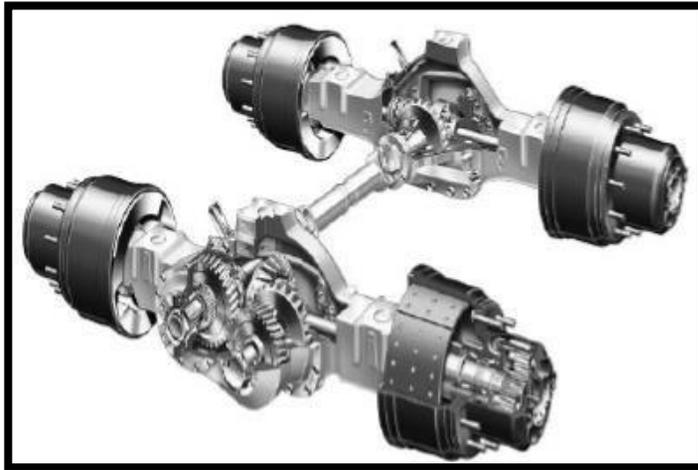


Imagen referencial de los diferenciales y corona volquete FMX.

Coronas y diferenciales con designación tipo RT3210HV El cual corresponde a un eje trasero de simple reducción tipo cónico espiral con reducción en los cubos, engranaje de reenvío cilíndrico, reductores de cubo con engranaje cilíndrico y reductores de cubo de un grupo planetario cilíndrico.

	Elaborado	Revisado	Aprobado
Nombre			
Firma			

3.2.3 Elaborar el plan de mantenimiento preventivo

Se elaboró el plan de mantenimiento preventivo para los volquetes FMX 440, se ejecutará tomando en cuenta el horometro actual es decir el recorrido por cada volquete, también se basara en las especificaciones técnicas del fabricante Volvo Trucks Perú, se tomara el estado actual y las condiciones en las que se operan los equipos.

	Sistema de Gestión de Mantenimiento	
	Plan de mantenimiento preventivo para los volquetes Volvo FMX 440	REV 22-05- 2019/ Edición N° 1

Objetivo

Difundir el plan de mantenimiento preventivo para la flota de volquetes Volvo FMX 440.

1. Responsabilidades en el mantenimiento preventivo.

- Es responsabilidad del planer programar las tareas de acuerdo al plan anual de mantenimiento y solicitar repuestos de acuerdo a las necesidades del equipo.
- La responsabilidad del supervisor es hacer que se cumplan los programas de mantenimiento, verificando el cumplimiento del mismo y registrarlos.
- El mecánico tiene por responsabilidad cumplir con el programa de mantenimiento asignado, registrar la reparación de equipo y hacer la entrega formal al supervisor y operario.
- La responsabilidad del operario será realizar actividades de inspección y reportarlas mediante las tarjetas verdes y rojas, de acuerdo al nivel de fallas simples o complejas.

CHECK LIST DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO VOLQUETES VOLVO FMX 440				
Actividades a realizar	Si	No	Estado	Observaciones puntuales
1. Lavado general del equipo				
2. Motor				
Cambiar aceite de motor.				
Cambiar filtro de aceite Long Life.				
Cambiar filtro de aceite By Pass.				
Cambiar filtro de combustible.				
Cambiar flitro separador de agua.				
Cambiar flitro de aire primario.				
Revisar nivel de aceite de motor.				
Revisar nivel de refrigerante.				
Revisar fugas de aceite, combustible y refrigerante de motor.				
Revisar faja de ventilaor de motor y bomba de refrigerante.				
Revisar faja de compresor de AC y alternador.				
Revisar tensores de las fajas.				
Revisar ventilador.				
Revisar estado del radiador.				
Limpiar radiador y enfriador de aceite.				
Revisa líneas de admisión de aire.				
Revisar estado de filtro de aire secundario.				
Revisar líneas de escape de gases contaminantes.				
Revisar cableado eléctrico del motor.				
Drenar agua y sedimentos del tanque combustible.				

Obtener muestra de aceite de motor.				
Obtener muestra de refrigerante.				
Otros				
3. Dirección				
Revisar nivel de aceite.				
Revisar fugas de aceite.				
Revisar terminales.				
Revisar rodamientos delanteros.				
Obtener muestra de aceite de dirección.				
4. Hidráulico				
Revisar nivel de aceite.				
Revisar fugas de aceite.				
Revisar respirador de tanque hidráulico.				
Revisar mand neumático de accionamiento.				
Revisar válvula control de levante de tolva,				
Revisar telescopio de levante de tolva				
Otros				
5. Transmisión				
Revisar nivel de líquido de embrague.				
Revisar nivel de aceite.				
Revisar respiradero de caja de cambios.				
Revisar fugas de aceite y aire.				
Medir desgaste de discos de embrague.				
Obtener muestras de aceite de caja de cambios.				
Revisar juego en crucetas.				
Revisar ajuste de pernos de cardanes.				
Revisar nivel de aceite de diferencial del Y. Post.				

Revisar fuga de aceite de diferencial del Y. Post.				
Revisar nivel de aceite en los cubos reductores.				
Obtener muestra de aceite de cubos reductores.				
Otros				
6. Frenos				
Inspeccionar carga de compresor de aire.				
Revisar fugas de aire en el sistema de frenos.				
Drenar agua de tanques de aire.				
Inspeccionar forros de zapatas delanteras y posteriores.				
Otros				
7. Cabina				
Revisar filtro de cabina.				
Revisar nivel de agua de limpiaparabrisas.				
Revisar amortiguadores de cabina.				
Revisar estado de limpiaparabrisas.				
Revisar estado de los parabrisas, delanteros y laterales.				
Revisar cinturón de seguridad.				
Revisar estado de los espejos retrovisores.				
Revisar estado de los controles en el panel.				
Otros				
8. Eléctrico				
Revisar luces de estacionamiento,				
Revisar luces de circulación(Luz larga y de cruce).				
Revisar luz larga y luces adicionales (Faros de largo alcance).				
Revisar luces intermitentes de advertencia.				
Revisar luces de freno.				
Revisar luz antiniebla.				

Revisar luz de faro pirata (Retroceso).				
Revisar circulina.				
Revisar luces de cabina.				
Revisar luces de tolva.				
Revisar larma de retroceso.				
Revisar estado y electrolito de baterías.				
Otros				
9. Chasis y suspension				
Inspeccionar pines y bocinas debisagra de tolva.				
Revisar planchas de piso de tolva.				
Revisar travesaño.				
Revisar amortiguadores.				
Revisar barra de reacción.				
Revisar barra en V.				
Revisar hojas de mueble delantero y posterior.				
Revisar soportes y abrazaderas de muelle.				
Verificar y reajustar guardas.				
10. Llantas				
Verificar presión de aire en los neumáticos.				
Revisar ajuste de pernos de rueda.				
Revisar fisuras en los aros.				
Medir altura de remanente de neumáticos				
Otros				
11. Prueba de calidad				

TRABAJOS PENDIENTES

TRABAJOS PENDIENTES			

MEDIDA FORROS DE FRENOS (mml)

		LH	RH
1er. Eje	Sup.		
	Inf.		
2do. Eje	Sup.		
	Inf.		
3er. Eje	Sup.		
	Inf.		

MEDIDA DE NEUMÁTICOS

Pos. Neum.	Interna	Externa
Pos. 1		
Pos. 2		
Pos. 3		
Pos. 4		
Pos. 5		
Pos. 6		
Pos. 7		
Pos. 8		
Pos. 9		
Pos. 10		

MEDIDA DISCO DE EMBRAGUE (mml)

M.Máx. Perm.	Med. Est.	Medición actual	Desgaste

Técnicos participantes:

1	
2	
3	
4	

Firmas:

Horas - Hombre

Supervisor mecánico

3 Programa de mantenimiento preventivo

Descripción	Cantidad	Horas	400 horas	800 horas	1200 horas	1600 horas	2000 horas	2400 horas	2800 horas	3200 horas	3600 horas	4000 horas	4400 horas
Aceite de motor VDS 3	37 Lts	400	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Filtro de aceite de motor	2	400	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Filtro de aceite de motor BY – PASS	1	400	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Filtro de combustible	1	400	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Filtro separador de agua	1	400	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lubricación de chasis	1	400	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Filtro de aire	1	800		x		x		x		x		x	
Aceite de caja de cambio	14.3 Lts	1200			x			x			x		
Filtro de aceite de caja de cambio	1	1200			x			x			x		
Aceite de eje trasero	48.5 Lts	1600				x				x			
Filtro secador de aire	1	2800							x				
Filtro de dirección	1	2800							x				
Filtro de aire para climatizador	1	2800							x				
Aceite de dirección hidráulica	6 Lts	2800							x				
Líquido de embrague	1	2800							x				
Filtro de cabina	1	2800							x				
Aceite de cabina	2 Lts	3600									x		
Refrigerante	26 Lts	3600									x		

4 Formato de registro de mantenimiento preventivo

REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
Familia	Volquete FMX 440		N° OT	
Código de equipo				
Horómetro programado			Hrs.	
Fecha				
Materiales a reemplazar:				
Cantidad	U/M	Descripción	N/P Original	Estado
EJECUTADO				
Horómetro		Hrs.	Téc. Responsable	
Tiempo dedicado al PM		H-H	Lugar de trabajo	

3.2.4 Diseñar el etiquetado para reporte de fallas.

Se diseñó el etiquetado para el reporte de fallas de los volquetes FMX 440, con la finalidad de que se identifique, se reporte y se de el mantenimiento respectivo ante las diferentes fallas. Se diferencias en tarjetas verdes, son mantenimientos de fácil acceso para el operador, y las tarjetas rojas, que son mantenimiento que tiene que ser realizado por el mecánico, debido a la complejidad que abarca.

	Sistema de Gestión de Mantenimiento	
	Etiquetado para reportar fallas en los Volquetes Volvo FMX 440	REV 22-05- 2019/ Edición N° 1

Objetivo

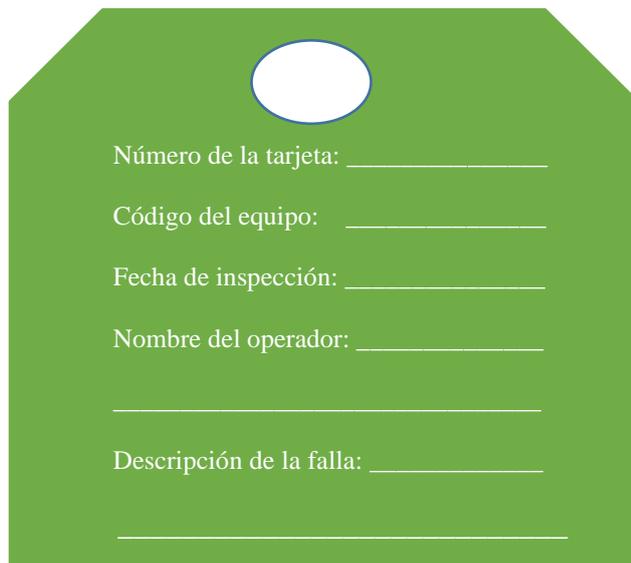
Difundir el etiquetado para reportar las fallas en los volquetes Volvo FMX 440.

Alcance

Se empleará el siguiente protocolo para reportar fallas simples y complejas.

1. Etiquetado para reparación de falla

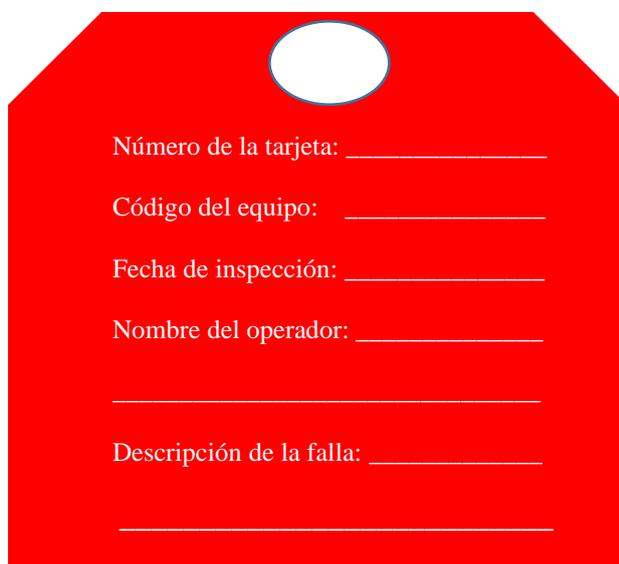
El método de etiquetado, servirá para identificar quien será el encargado de realizar la reparación de la falla, se utilizarán tarjetas verdes y rojas, que tienen por finalidad identificar el tipo de falla que puede resolver el operario y fallas complejas que deben ser resueltas por el mecánico especialista.



Número de la tarjeta: _____
 Código del equipo: _____
 Fecha de inspección: _____
 Nombre del operador: _____

 Descripción de la falla: _____

Tarjeta verde para fallas simples, que puede resolver el operador.



Número de la tarjeta: _____
 Código del equipo: _____
 Fecha de inspección: _____
 Nombre del operador: _____

 Descripción de la falla: _____

Tarjeta roja para fallas complejas, para ser resueltas por mecánico.

	Elaborado	Revisado	Aprobado
Nombre			
Firma			

3.2.5 Plan de educación y capacitación

El plan tiene por objetivo establecer los conceptos y periodos de educación y capacitación, basado en el diseño del sistema de gestión de mantenimiento.

	Sistema de Gestión de Mantenimiento	
	Plan de Educación y Capacitación	REV 22-05- 2019/ Edición N° 1

Descripción

- Programas de educación e información

Las capacitaciones están enfocadas en los objetivos del diseño del sistema de gestión de mantenimiento, considerándose una capacitación inicial para dar a conocer la metodología.

En la siguiente tabla se muestran los temas planteados para las capacitaciones.

Tema	Duración	Frecuencia	Expuesto por	Dirigido a:
Metodología del sistema de gestión de mantenimiento	30 minutos	Sólo una vez	Jefe de mantenimiento	Todo el personal
Objetivos de diseño e implementación del SGM a corto y mediano plazo	30 minutos	Trimestral	Supervisor de mantenimiento	Todo el personal
Indicadores de gestión de mantenimiento	30 minutos	Trimestral	Supervisor de mantenimiento	Todo el personal
MTTR	40 minutos	Trimestral	Supervisor de mantenimiento	Todo el personal
MTTF	30 minutos	Trimestral	Supervisor de mantenimiento	Todo el personal
Disponibilidad mecánica	20 minutos	Trimestral	Supervisor de mantenimiento	Todo el personal
Cultura organizacional en mantenimiento	30 minutos	Trimestral	Supervisor de mantenimiento	Todo el personal
Orden y limpieza	20 minutos	Mensual	Supervisor de operaciones	Todo el personal
Charla de seguridad	15 minutos	diario	Prevencionista	Todo el personal

Plan de capacitación en base a la metodología del sistema de gestión de mantenimiento.

- **Programas de evaluación de aprendizaje**

Posteriormente a las capacitaciones se hará seguimiento en campo al personal entrenado para verificar si cumplen con la metodología aprendida, para ello se plantea el siguiente cuadro de evaluación:

Tarea	Habilidad Requerida	Código del operador	Nivel de habilidad
Conocimiento del sistema de bloqueos de equipos.			
Conocimiento del volquete y sus componentes internos.			
Conocimiento de la aplicación del reporte de fallas.			
Conocimiento del check list de inspección.			
Mantenimiento preventivo / limpieza			
Lubricación, ajustes			
Limpieza			
Seguridad personal			
Total			

Formato para evaluación del aprendizaje.

Se plantea la siguiente tabla, para medir el nivel de habilidad adquirida por los operadores.

Nivel de Habilidad	Descripción/Atributos/comentarios
1	Trabajador, básicamente sin habilidades; está aprendiendo como operar el equipo; inseguro(a) de sí mismo(a), necesita supervisión continua.
2	Puede operar equipos, conoce el proceso básico. Necesita asistencia ocasional. No conoce bien el equipo, pocas veces reconoce un equipo que esté funcionando mal o algún problema.
3	Opera los equipos con confianza y necesita muy poca asistencia. Reconoce cuando un equipo funciona mal o cuando hay problemas de calidad, pero no los puede corregir.
4	Conoce muy bien el equipo y lo opera a un alto nivel de confianza. No necesita supervisión. Comprende la relación entre rendimiento del equipo y la calidad/productividad. Reconoce cuando un equipo funciona.

Nivel de habilidad adquirida por el operario.

	Elaborado	Revisado	Aprobado
Nombre			
Firma			

3.3. Evaluar las posibles mejoras que se obtienen con la implementación del diseño de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440.

Para evaluar las posibles mejoras que se obtienen con la implementación del diseño de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX 440, es necesario resaltar que la mejora fue proyectada en base a que se implemente el diseño, en la tabla 18 se muestra la proyección del sistema:

Tabla 18

Proyección de mejora del sistema de gestión de mantenimiento

Proyección de mejora después del diseño Del SGM	
OT Correctivas	$\leq 25\%$
OT Preventivas programadas	$\geq 75\%$

La tabla muestra la proyección de mejora después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Grupo HH Servicios Generales.

Así mismo, como se aprecia en la tabla 19 proyectamos que, si se implementa el diseño con un indicador de órdenes de trabajo por mantenimiento preventivo $\geq 75\%$ la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX 440 mejorará.

Tabla 19

Proyección del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX 440

Proyección del diseño del SGM en la disponibilidad mecánica	
Grupo HH Servicios Generales	OT preventivas programadas $\geq 75\%$ - Disponibilidad mecánica mejorará

La tabla muestra la proyección de mejora después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX 440.

3.3.1. Análisis de la mejora de la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo

FMX 440.

La proyección se estimó para el periodo de julio a diciembre del 2019, siendo los nuevos indicadores para la disponibilidad mecánica:

- MTBF en los volquetes volvo FMX 440 después del diseño del SGM

En la tabla 20, se detalla MTBF de los volquetes volvo FMX después del diseño del SGM, este parámetro nos indica el tiempo promedio de reparación entre falla.

Dicho indicador ha sido calculado en base a las horas de trabajo al año y el número de paradas, para el periodo de julio a diciembre del 2019.

Tabla 20

MTBF de los volquetes volvo FMX 440 después del diseño del SGM

	Volvo 1	Volvo 2	Volvo 3	Volvo 4	Volvo 5	Volvo 6
Horas de trabajo en el año (HT)	900	900	900	900	900	900
Número total de paradas (NP)	6	7	6	5	6	6
MTBF	150	128.57	150	180	150	150
MTBF/Flota	151.42 horas					

La tabla muestra el cálculo del MTBF después del diseño para los 06 camiones volvo de la flota en el periodo de julio a diciembre del 2019.

El tiempo promedio entre fallas después del diseño del SGM para la flota de volquetes volvo FMX 440 es 151.42 horas.

- MTTR en los volquetes volvo FMX 440

En la tabla 21, se detalla MTTR los volquetes volvo FMX después del diseño del SGM, este parámetro nos indica el tiempo promedio de reparación.

Tabla 21

MTTR de los volquetes volvo FMX 440 después del diseño del SGM

	Volvo 1	Volvo 2	Volvo 3	Volvo 4	Volvo 5	Volvo 6
Horas utilizadas en mantenimiento preventivo(MP)	7	5	4.86	6.43	3	2.29
Horas utilizadas por fallas mecánicas (FM)	10.5	15.7	17.3	12.7	21	17.4
Horas utilizadas por fallas eléctricas (FE)	12.4	10.9	9.2	6.8	13.4	11.2
Horas utilizadas en otros eventos	1	1	3	1	1	1
Número total de paradas (NP)	6	7	6	5	6	6
MTTR	5.15	4.66	5.73	5.39	6.40	5.31
MTTR/Flota	5.44 horas					

La tabla muestra el cálculo del MTTR para los 06 camiones volvo después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento para el periodo de julio a diciembre del 2019.

El tiempo promedio de reparación de fallas después de la implementación del diseño del SGM para la flota de volquetes volvo FMX 440 es 5.44 horas.

- Disponibilidad mecánica en los volquetes volvo FMX 440 después del diseño del Sistema de gestión de mantenimiento.

En la tabla 22 se muestra la disponibilidad mecánica de los volquetes volvo FMX 440, calculado en base a los indicadores de horas programadas en el año y horas de parada por mantenimiento reportadas en la OT ejecutadas, mediante los indicadores MTBF y MTTR, obteniendo una disponibilidad mecánica de la flota después del diseño de 97%, indicando que se encuentra por encima del estándar de disponibilidad que establece la empresa y el contratista.

Tabla 22

Disponibilidad mecánica de los volquetes volvo FMX 440

	Volvo 1	Volvo 2	Volvo 3	Volvo 4	Volvo 5	Volvo 6
MTBF	150	128.57	150	180	150	150
MTTR	5.15	4.66	5.73	5.39	6.40	5.31
DM	97%	97%	96%	97%	96%	97%
Disponibilidad Mecánica/ flota			97%			

La tabla muestra la disponibilidad mecánica de la flota después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento, en el periodo de enero a julio del 2019.

3.3.2. Operacionalización de las variables después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en los volquetes volvo FMX 440.

En la tabla 23 se muestra el resumen de la operacionalización de variables antes y después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento de los volquetes FMX 440 en la empresa Grupo HH Servicios Generales SAC.

Tabla 23
Operacionalización de las variables después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en los volquetes volvo FMX 440.

Variables	Dimensión	Indicador	Resultado Actual	Resultado después del diseño de SGM	Indicador Estándar	Variación	Análisis
Variable Independiente: Sistema de gestión de mantenimiento	Órdenes de mantenimiento ejecutadas	OT de mantenimiento correctivo	78%	<25%	<25%	-53	Mínima cantidad de mantenimiento correctivo.
		OT de mantenimiento preventivo programado	22%	>75%	>75%	+53	Se emplea el programa de mantenimiento preventivo.
	Tiempo promedio de distribución entre fallas	MTBF	43.26 horas	151.42 horas	Valor mínimo > 60 horas	+108.16	Número de paradas por mantenimiento se han reducido.
Variable Dependiente: Disponibilidad mecánica	Tiempo promedio de reparación de fallas	MTTR	8.08 horas	5.44 horas	Valor máximo < 6 horas	-2.64	Se reduce el número de horas de reparación de fallas.
	Disponibilidad	Disponibilidad Mecánica	84%	97%	> 90%	+13%	La disponibilidad mecánica es superior al estándar estipulado por la empresa y contratista.

Resumen de la operacionalización de variables antes y después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento.

3.4. Análisis económico, beneficio-costo del sistema de gestión de mantenimiento

Para el análisis económico beneficio-costo vamos a ponernos en el escenario de que, si mejora la disponibilidad mecánica mediante el diseño del sistema de gestión de mantenimiento de los volquetes Volvo FMX 440, el beneficio se verá reflejado en que la empresa percibirá un ahorro por las horas de inoperatividad, por el remolque de unidades y por el incumplimiento del contrato.

En el escenario contrario analizaremos que la empresa decide no considerar el diseño y destinar el costo de la inversión a una cuenta de ahorro a plazo fijo al 4.9% anual.

Tabla 24

Ahorro generado después del diseño de gestión de mantenimiento

Periodo	Horas de parada antes del diseño	Costo de operación Hora/volquete	Pérdida USD	Ahorro total USD
Enero - Diciembre 2018	1812	37	67044	59,829
Enero - Junio 2019	195	37	7215	

Resumen del ahorro generado después del diseño del SGM.

Después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en los volquetes Volvo FMX 440, se obtuvo una disminución de 1617 horas de parada por mantenimiento correctivo y preventivo no programado, el costo de hora por volquete es 37 USD por lo que en el periodo de enero a diciembre del 2018 se reportaron pérdidas equivalentes a 67044 USD; después de la implementación del diseño, en un periodo de 06 meses se reportaron solo 195 horas de paradas en los 06 volquetes, equivalente a 7215 USD; para nuestro contexto el beneficio es expresado como el ahorro total por pérdidas de 59829 USD.

En la tabla 25, se calculó el monto inversión que se requiere para el diseño del sistema de gestión de mantenimiento de los volquetes Volvo FMX 440.

Tabla 25

Inversión para diseño del sistema de gestión de mantenimiento de los volquetes Volvo FMX 440.

Inversión	Descripción	Cantidad	Medida	Costo unitario USD	Costo
Personal	Ingeniero mecánico	1	Persona	\$800.00	\$800.00
	Elaboración del diagrama de actividades y responsabilidades del mantenimiento.	1	Unidad	\$150.00	\$150.00
	Elaboración del plan de mantenimiento	1	Unidad	\$300.00	\$300.00
Procedimientos y formatos	Elaboración del check list de mantenimiento preventivo	1	Unidad	\$150.00	\$150.00
	Elaboración del programa de mantenimiento	1	Unidad	\$150.00	\$150.00
	Elaboración de etiquetado para reporte de fallas	1	Unidad	\$200.00	\$200.00
Plan de educación y capacitación	Elaboración del plan de educación y capacitación	1	Unidad	\$150.00	\$150.00
	Capacitación de inducción	1	Unidad	\$500.00	\$500.00
	Capacitación de la metodología del diseño	1	Unidad	\$150.00	\$150.00
	Aceite de motor VDS 3	58.73	Litros	\$28.12	\$1,651.49
	Filtro de aceite de motor	12	Unidad	\$40.00	\$480.00
	Filtro de aceite de motor BY – PASS	6	Unidad	\$40.00	\$240.00
	Filtro de combustible	6	Unidad	\$29.00	\$174.00
	Filtro separador de agua	6	Unidad	\$38.94	\$233.64
	Lubricación de chasis	6	Unidad	\$27.00	\$162.00
	Filtro de aire	6	Unidad	\$159.00	\$954.00
Repuestos stock mínimo	Aceite de caja de cambio	4.29	Litros	\$175.00	\$750.75
	Filtro de aceite de caja de cambio	6	Unidad	\$38.10	\$228.60
	Aceite de eje trasero	76.98	Litros	\$125.60	\$9,669.21
	Filtro secador de aire	6	Unidad	\$160.00	\$960.00

Repuestos stock mínimo	Filtro de dirección	6	Unidad	\$55.00	\$330.00
	Filtro de aire para climatizador	6	Unidad	\$38.00	\$228.00
	Aceite de dirección hidráulica	36	Litros	\$228.00	\$8,208.00
	Líquido de embrague	6	Unidad	\$56.00	\$336.00
	Filtro de cabina	6	Unidad	\$114.00	\$684.00
	Aceite de cabina	12	Litros	\$42.00	\$504.00
	Refrigerante	42.16	Litros	\$187.82	\$7,918.90
Total USD					\$36,262.59

Inversión para la implementación del diseño del sistema de gestión de mantenimiento.

Cálculo del beneficio costo de la inversión

En la tabla 26 se muestra el ahorro en producción por reducción de horas de parada de planta en comparación con el costo de inversión si no se decide implementar y poner los fondos en una entidad bancaria.

Tabla 26

Cálculo beneficio/costo del diseño del sistema de gestión de mantenimiento.

Ahorro total en horas de inoperatividad de unidades	\$59,829.00
Remolque de volquetes FMX 440	\$14,000.00
Penalidad por incumplimiento del contrato	\$15,000.00
Total de costos proyectados (beneficio)	\$88, 829.00
Costo de inversión para el diseño del SGM	\$36,262.59
Total de costos proyectados (Contra Beneficio)	\$1,776.87

Parámetros para el cálculo del beneficio/costo del diseño del SGM.

Reemplazando en la ecuación de la razón del cálculo B/C, se obtiene:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficio- contrabeneficio}}{\text{Costo}}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{\$88.829.00 - \$1,776.87}{\$36,262.59}$$

$$\frac{B}{C} = 2.40$$

(El resultado de la razón es >1)

B/C > 1 indica que los beneficios superan a los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Del diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento y la disponibilidad mecánica, podemos deducir que las empresas que no cuentan con sistemas de gestión de mantenimiento, tienden a presentar mayor índice de órdenes de trabajo por mantenimientos correctivos, así también lo manifiesta (Salas, 2016), esto quedó demostrado cuando analizamos las órdenes de trabajo reportadas, encontrando efectivamente evidencia de OT de mantenimiento correctivos superior al 75% del total de órdenes.

Así mismo, con respecto a la disponibilidad mecánica, podemos afirmar que la carencia un sistema de gestión de mantenimiento genera en que no exista monitoreo ni control de los indicadores MTBF y MTTR, generando así, baja disponibilidad mecánica. Así también, (Vila, 2019) y (Tejeda, 2017) demuestran en sus tesis que, no contar con sistemas de gestión de mantenimiento, se ha visto reflejado en indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad inferiores al estándar establecido.

No existe normativa que establezca la metodología exacta para la gestión de mantenimiento, tal como lo expresa (Gutierrez, 2016) por consiguiente, el diseño se elaboró en base a establecer formatos, registros y procedimientos que aseguren una óptimo manejo y planificación en la gestión de mantenimiento de la flota de volquetes Volvo FMX 440. Es importante recalcar que como parte de funcionamiento del diseño debe realizarse seguimiento constante, ya que muchas empresas implementan documentación y no realizan las prácticas acordes a ésta.

Después de evaluar las posibles mejoras de la implementación del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX

440 , podemos determinar que los indicadores de OT preventivas son mayores al 75% y las OT correctivas inferiores al 25%, un aumento en el MTBF de 43.26 a 151.42 horas; una disminución del MTTR de 8.08 a 5.44 horas y finalmente un incremento en la disponibilidad mecánica de 84 % a 97%, encontrándose sobre el estándar que estipula la empresa. Así también lo demuestran en su tesis, (Vila, 2019) y (Tejeda, 2017) quienes después de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento vieron mejorados los indicadores de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

Finalmente, en base al ahorro estimado de 88 829 dólares, se logró realizar el análisis económico beneficio-costos del diseño del sistema de gestión de mantenimiento, obteniendo un valor de 2.40, indicando el proyecto debe ser considerado, ya que genera mayor beneficio para la empresa la inversión que implica la implementación del diseño del sistema de gestión de mantenimiento antes que presentar pérdidas económicas en cuanto a las horas de inoperatividad, remolque de unidades y penalidad por pérdida del contrato.

4.2 Conclusiones

- En el diagnóstico situacional de la gestión de mantenimiento se obtuvo indicadores de OT preventivas de 22% y OT correctivas de 78%, clasificando así al sistema como deficiente. Así mismo, en el diagnóstico de la disponibilidad mecánica de los volquetes FMX 440, se obtuvieron indicadores MTBF 43.26 horas de y MTTR 8.08 horas, ambos indicadores están por debajo del estándar establecido.
- El diseño del sistema de gestión de mantenimiento para los volquetes FMX 440, fue realizado en función al diagnóstico realizado, éste abarca, responsabilidades en el sistema de gestión de mantenimiento, procedimiento de inducción - especificaciones técnicas volquete Volvo FMX 440, plan de mantenimiento, check list, formato de registro y programa de mantenimiento preventivo, etiquetado para reporte de fallas, plan de educación y capacitación.
- Las posibles mejoras que se obtendrán al implementar el diseño del sistema de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX 440, abarca, que las OT preventivas sean mayor al 75%, las OT correctivas inferiores al 25%, un aumento en el MTBF de 43.26 a 151.42 horas; una disminución del MTTR de 8.08 a 5.44 horas y finalmente un incremento en la disponibilidad mecánica de 84 % a 97%, encontrándose sobre el estándar que estipula la empresa.
- El análisis económico se estimó en base al ahorro generado de 59,829 dólares, obteniendo un valor de 2.40, indicando que los beneficios superan a los costos, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.
- Finalmente, se concluye que el diseño del sistema de gestión de mantenimiento influye positivamente, logrando que la disponibilidad mecánica de los volquetes FMX 440 mejore.

REFERENCIAS

- Aragón, Víctor. (2016). *Diseño de un Sistema de Mantenimiento para equipos para la Empresa Transporte Fuentes Operador Logístico S.R.L. Facultad de Ciencias e Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica, Universidad Católica de Santa María. Arequipa: s.n., 2016. Para optar el Título de Ingeniero Mecánico.*
- García, O. (2015). *Gestión moderna del mantenimiento industrial. Bogotá: ediciones de la U.*
- García, S. (2014). *Organización y gestión integral de Mantenimiento. Madrid: Diaz de Santos.*
- Heyzer, J., & Barry, R. (2014). *Principios de administración de operaciones en mantenimiento. Mexico: PEARSON.*
- Johanna E. Allauca Fernandez, Johanna X. Neira Mendez, Christina A. Arias Ulloa. (2016). *Título de Tesis: Diseño de un Sistema de Gestión y de Control Operacional centrado en la gestión de mantenimiento en una Estación de Servicio".*
- Parra Márquez Carlos, C. M. (2016). *Técnicas de auditoría aplicadas en los procesos de gestión de mantenimiento. Ingecon, 2.*
- Tejeda, A. L. (2017). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX 440 - Proyecto el Toro.*
- Valdiviezo, Gilmer (2017). *Incremento de la Disponibilidad de la flota vehicular de la empresa Valdiviezo S.R.L Implementando un Programa de Mantenimiento. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo.*
- Vila, F. H. (2019). *Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica en la empresa QSE Service SAC.*

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia de la investigación

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título	Formulación del problema	Objetivos	Variables	Indicadores	Diseño de la investigación
Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento y su influencia en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440 en la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C	¿De que manera el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento influye en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440 en la empresa Grupo HH Servicios Generales SAC?	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la influencia del sistema de gestión de mantenimiento en la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440 en la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C.</p>	Diseño del sistema de gestión de mantenimiento	OT de mantenimiento correctivo y preventivo.	Tipo de investigación
		<p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento, así como de la disponibilidad mecánica de los volquetes Volvo FMX440. • Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para los volquetes Volvo FMX440 de la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C. • Determinar la influencia del diseño de gestión de mantenimiento de los volquetes Volvo FMX440 en la disponibilidad mecánica. • Evaluar la viabilidad económica del sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Grupo HH Servicios Generales S.A.C. 			Disponibilidad mecánica de los equipos Volvo FMX 440

Matriz de consistencia expresando los principales puntos de la investigación.

Anexo 2

Características de los volquetes Volvo FMX 440

En la empresa se cuenta con 6 de estas unidades, con las siguientes características.

- Motor: Volvo D13A 440
- Potencia: 440HP
- Torque: 2200N.m
- Caja: VT2514B (14 cambios)
- Freno Motor: VEB
- Tolva: Semiroquera RMB Sateci 20 m³
- PBV: 50 toneladas.



Anexo 3

Fotos referenciales de los volquetes Volvo FMX 440 en mantenimiento.

