

Diseño Plan de Mantenimiento Preventivo en Motor DE12TIS para Volqueta Daewoo

Sergio Danilo Barrera Molano

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

Ing. Carlos Borrás Pinilla. Ph D., M.Sc., Esp. Gerencia Mto.

Doctor en Ingeniería Mecánica – Ingeniero Mecánico.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bucaramanga

2024

### **Dedicatoria**

Esta obra está llena de amor y gratitud está dedicada a las personas más importantes de mi vida: mi querida madre, mi valiente padre y mis amados hermanos.

A mi madre por ser mi fuente inagotable de amor, sabiduría y apoyo incondicional, siempre a mi lado, animándome y acompañándome en cada paso del camino. Gracias por ser mi inspiración y ejemplo de perseverancia y dedicación.

Gracias a mi padre por su coraje, determinación y sacrificio de mi padre ya que fueron un faro en mi camino. Gracias por enseñarme la importancia del trabajo duro, la honestidad, la integridad y por creer siempre en mí y en mis sueños.

Me gustaría agradecer a mis queridos hermanos por ser mis compañeros de aventuras, cuya presencia y amor en mi vida son una fuente constante de alegría y fortaleza. Gracias por compartir cada momento, cada desafío y cada victoria conmigo.

A ustedes, mi familia, les dedico este trabajo con todo mi corazón. Que este trabajo sea un modesto reflejo de mi profundo agradecimiento y amor hacia ustedes. Con todo mi cariño,

**Sergio Danilo Barrera Molano**

### **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecemos a kma construcciones sas por brindarme la oportunidad de llevar a cabo este estudio en sus instalaciones y por proporcionarme el acceso a la información y los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

Mi reconocimiento especial va dirigido al equipo de mantenimiento de la empresa, cuya colaboración y asistencia fueron fundamentales para la recopilación de datos y la realización de las pruebas necesarias.

Agradezco también a mis profesores y asesores, por su orientación, apoyo y valiosas sugerencias durante todo el desarrollo de este proyecto.

Por último, quiero agradecer a mi familia, mis amigos y mi novia por su constante apoyo, comprensión y ánimo durante este proceso de investigación.

Sin la colaboración y el respaldo de todas estas personas e instituciones, este trabajo no habría sido posible.

## Tabla de Contenido

		<b>Pág.</b>
1.	Objetivos.....	13
1.1.	Objetivo General.....	13
1.2.	Objetivos Específicos .....	13
2.	Justificación .....	14
3.	Materiales y Métodos .....	14
4.	Marco teórico.....	15
4.1.	Euro 2.....	16
5.	Resultados.....	17
5.1.	Identificación de las fallas más frecuentes en motores DE12TIS.....	17
5.2.	Determinación de límites operacionales permitidos para motores DE12TIS. ....	17
5.3.	Determinación de componentes más críticos en motores DE12TIS.....	19
5.4.	Diseño plan de mantenimiento preventivo para motores DE12TIS. ....	22
6.	Conclusiones.....	34
7.	Recomendaciones .....	36
8.	Referencias Bibliográfica .....	37

### Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Fallas frecuentes de los motores DE12TIS</i> .....	17
Tabla 2 <i>Parámetros para la compresión del cilindro</i> .....	18
Tabla 3 <i>Presión de aceite en el motor.</i> .....	18
Tabla 4 <i>Número de eventos o fallas en cada subsistema</i> .....	19
Tabla 5 <i>Fallas por año en cada uno de los subsistemas</i> .....	19
Tabla 6 <i>Factores ponderados a ser evaluados en cada subsistema.</i> .....	20
Tabla 7 <i>Fallas por año en cada uno de los subsistemas</i> .....	20
Tabla 8 <i>Criticidad (CTR) en cada uno de los subsistemas.</i> .....	21
Tabla 9 <i>Consecuencia vs Frecuencia.</i> .....	21
Tabla 10 <i>Criticidad total por riesgos</i> .....	21
Tabla 11 <i>Hoja de ruta para plan de mantenimiento en motores DE12TIS.</i> .....	32
Tabla 12 <i>Costos herramienta inicial</i> .....	33
Tabla 13 <i>Costos cambio de aceites y filtros para una volqueta</i> .....	33
Tabla 14 <i>Costos prueba presión de compresión</i> .....	34

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 <i>Motor Doosan DE12TIS</i> .....	22
Figura 2 <i>Tanque auxiliar refrigerante</i> .....	23
Figura 3 <i>Ubicación varilla medidora de aceite</i> .....	23
Figura 4 <i>Varilla medidora de aceite</i> .....	24
Figura 5 <i>Filtro aceite de motor</i> .....	25
Figura 6 <i>Filtro combustible</i> .....	26
Figura 7 <i>Filtro aire</i> .....	27
Figura 8 <i>Sensor presión aceite</i> .....	28
Figura 9 <i>Manometro para prueba de presión de aceite</i> .....	29
Figura 10 <i>Multimetro para medir voltaje alternador</i> .....	30
Figura 11 <i>Inyector falso para prueba de medición presión de compresión</i> .....	30
Figura 12 <i>Equipo de medición presión de compresión</i> .....	31

## Glosario

**Volquetas:** Vehículos de carga utilizados comúnmente en la construcción y el transporte de materiales, caracterizados por su capacidad para cargar y descargar mediante un sistema de elevación basculante.

**Daewoo Euro II:** Tipo específico de volquetas de la marca Daewoo que cumplen con ciertas normas de emisión europeas (Euro II).

**Motor Doosan DE12TIS:** Es un motor diésel de 6 cilindros en línea fabricado por la empresa Doosan Infracore. Se utiliza comúnmente en aplicaciones industriales y de maquinaria pesada, como generadores, excavadoras y equipos de construcción.

**Mantenimiento preventivo:** Prácticas programadas para evitar fallos y averías imprevistas en equipos y maquinaria, realizadas antes de que ocurran problemas.

**Anomalía:** Desviación o irregularidad en el funcionamiento normal de un equipo que puede indicar un posible fallo o problema.

**Norma Euro 2:** Normativa europea que regula las emisiones contaminantes de los vehículos mediante estándares de emisión de gases.

## Resumen

**Título:** Diseño Plan de Mantenimiento Preventivo en Motor DE12TIS para Volqueta Daewoo.

**Autor:** Sergio Danilo Barrera Molano.

**Palabras Clave:** Volqueta Daewoo, Motor DE12TIS, Análisis de Criticidad, Normativa Euro 2, Mantenimiento Preventivo.

**Descripción:** La presente monografía se enfoca en la elaboración de un plan de mantenimiento para motores Doosan DE12TIS instalados en las volquetas Daewoo. Esta iniciativa se fundamenta en una hoja de ruta meticulosamente diseñada que tiene como objetivo identificar posibles daños en los componentes más críticos del motor. Es esencial resaltar que cada dato registrado en este documento actúa como la base fundamental para la toma de decisiones en diversos escenarios. Por ejemplo, se determinará si es necesario reemplazar un componente específico, enviar otro a reparación mientras se utiliza uno en stock, o si se requiere una reparación parcial o total del motor.

El propósito principal de este plan de mantenimiento es la optimización de los costos operativos de la compañía. Una intervención oportuna, realizada antes de que el equipo experimente daños graves, resulta en costos de reparación significativamente menores. Esto contrasta con una intervención efectuada en el momento en que se presenta un daño mayor, lo que implica costos más elevados y un mayor tiempo de inactividad para el equipo.

Además de la reducción de costos, este plan tiene como objetivo incrementar la disponibilidad de las volquetas en operación. Históricamente, estas volquetas han enfrentado numerosos problemas operativos debido a la falta de un seguimiento detallado de los parámetros

críticos que permiten anticipar posibles fallos. Con la implementación y correcta ejecución de este plan de mantenimiento, se espera prevenir daños graves en los motores. Al contar con datos precisos y verídicos, respaldados por la garantía de su operatividad en el terreno de trabajo, se podrá tomar decisiones informadas en el momento justo. Esto no solo evita costos adicionales y tiempos de inactividad, sino que también asegura una mayor eficiencia y fiabilidad de los equipos en operación.

### Abstract

**Title:** Design of a preventive maintenance plan for a DE12TIS motor for Daewoo dump truck.

**Author (s):** Sergio Danilo Barrera Molano.

**Key Words:** Daewoo dump truck, DE12TIS Motor, Critically Analysis, Euro II Standard, Preventive Maintenance.

**Description:** This monograph focuses on the development of a maintenance plan for Doosan DE12TIS engines installed in Daewoo dump trucks. This initiative is based on a meticulously designed roadmap that aims to identify possible damages in the engine's most critical components. It is essential to highlight that each data recorded in this document serves as the fundamental basis for decision-making in various scenarios. For example, it will be determined whether it is necessary to replace a specific component, send another one for repair while using one in stock, or if a partial or total engine repair is required.

The main purpose of this maintenance plan is to optimize the company's operating costs. Timely intervention, carried out before the equipment experiences serious damage, results in significantly lower repair costs. This contrasts with an intervention carried out when a major damage occurs, which implies higher costs and longer downtime for the equipment.

In addition to cost reduction, this plan aims to increase the availability of dump trucks in operation. Historically, these dump trucks have faced numerous operational problems due to the lack of detailed monitoring of critical parameters that allow anticipating possible failures. With the implementation and correct execution of this maintenance plan, it is expected to prevent serious damages to the engines. By having accurate and truthful data, backed by the guarantee of

their operability in the field, informed decisions can be made at the right time. This not only avoids additional costs and downtime but also ensures greater efficiency and reliability of the equipment in operation.

## Introducción

Las empresas constructoras de vías en el país utilizan para su operación una gran cantidad de volquetas, normalmente de su propiedad, estas tienden a tener grandes gastos para su trabajo y su mantenimiento, por lo cual se busca siempre el equipo que reduzca en gran parte la utilización de dichos recursos y que además este el mayor tiempo disponible para su utilización, es por ello que una de las constructoras más importantes en el país opto por los vehículos Daewoo Euro II, los cuales vienen con un motor Doosan DE12TIS, que ofrece a su dueño una economía en cuanto a combustible y gastos de mantenimiento.

Aunque estos equipos se vienen trabajando mediante las rutinas de mantenimiento propuestas por el fabricante, después de cierto trabajo y acumulación de kilómetros, en gran mayoría de ellos se empezaron a presentar fallas muy recurrentes que acortan el tiempo de disponibilidad en obra, pérdida de presión de aceite y pasó de compresión al sistema de refrigeración, son las más comunes.

¿Es posible mejorar la disponibilidad de estas volquetas mediante la implementación de un buen plan de mantenimiento en sus motores?

Muchos de estos equipos llegan a superar el límite de trabajo sin ser intervenidos, como hay otros que deben ser expuestos a mantenimiento y hasta overhall completos con mucho tiempo de anticipación. Lo anterior presenta una oportunidad de mejora, que se puede llevar a cabo mediante la implementación de un plan de mantenimiento más completo que permita cerrar la brecha entre estos dos tipos de situaciones y así alargar el tiempo que pueden trabajar estos equipos sin presentar fallas.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo en motor de volqueta Daewoo; con la finalidad de mejorar la disponibilidad de estos equipos.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- 1.2.1.** Identificar las fallas más frecuentes que se presentan en este tipo de motores DE12TIS, con el propósito de definir los tiempos de parada que ocasionan dichas eventualidades.
- 1.2.2.** Determinar los límites operacionales permitidos por el fabricante para los parámetros más importantes en la operación de los motores DE12TIS, con el fin de establecer trabajos de seguimiento, intervención o cambio de componentes que se acoplen a la magnitud de la operación de mantenimiento pertinente.
- 1.2.3.** Determinar los componentes más críticos en el motor mediante una matriz de criticidad, con el propósito de mejorar la disponibilidad de dichos elementos en el momento de intervención del equipo y bajar estos tiempos de parada.
- 1.2.4.** Diseñar el plan de mantenimiento preventivo para los motores DE12TIS mediante una hoja de ruta donde será almacenada la información más relevante, como límites de operación, frecuencia de trabajos, componentes afectados, tipo de herramienta a utilizar en la rutina, esto, con el fin de determinar el tipo de tareas y la frecuencia optima de ejecución en todos los equipos.

## **2. Justificación**

Con el pasar del tiempo las empresas buscan la manera de monitorear y hacer más rigurosos los seguimientos a los equipos que están en los proyectos y que son de vital importancia para el desarrollo de estos, todo con el fin de anticiparse a alguna parada inesperada que pueda generar problemas mayores en la operación de las labores diarias.

Lo más usado en la actualidad por las grandes compañías son software de control que permiten al usuario analizar en tiempo real todas las variables más relevantes de los equipos, con ello se prevé la mayor parte de las fallas y se disminuyen los tiempos de mantenimiento.

En las volquetas Daewoo Euro II con este tipo de motores no es viable el uso de este tipo de herramientas, debido a que estos equipos no cuentan con sistemas de control electrónico que permitan este tipo de análisis, por lo cual se hace necesario la implementación de un plan de mantenimiento riguroso basado en pruebas técnicas rápidas que permitan al operador y al técnico encargado identificar cualquier tipo de anomalía presente en el vehículo, como un color de humo, golpe, fuga o ruido fuera de lo normal, con lo cual se podrá identificar cualquier anomalía que dará aviso al equipo de mantenimiento para programar la actividad pertinente que permite la corrección de la misma, evitando así paradas inesperadas.

## **3. Materiales y Métodos**

Mediante catálogos, manuales y demás información suministrada por el proveedor de este tipo de volquetas, se recolectará todo lo referente a rutinas, tareas y demás recomendaciones

dadas por el fabricante, con ello se podrá tener la base del plan de mantenimiento que siguen dichos equipos.

Se recogerá información de los últimos mantenimientos que se le hicieron a las volquetas de la empresa donde se realizará el análisis, KMA Construcciones SAS, con ello se podrá comparar si se cumple con los datos del fabricante.

Se recogerá toda la información que se pueda con respecto a fallas, daños o problemas que se hayan presentados con mayor frecuencia en este tipo de equipos, con ello se podrá tener los datos necesarios para la realización del análisis de criticidad, con el cual se buscan identificar los elementos más críticos y por los cuales están fallando más los motores.

Finalmente se diseñará el plan de mantenimiento adecuado con toda la información recolectada y con los datos que sean arrojados con el análisis de criticidad.

#### **4. Marco teórico**

El motor DE12TIS es un motor Diésel de combustión interna, estos son motores de calor que utilizan la compresión del aire y la inyección de combustible a cierta presión para transformar energía química en mecánica Daewoo, Doosan. (2001). Las volquetas Daewoo Euro 2 utilizan este tipo de motores que son controlados mecánicamente y ofrecen un mantenimiento mucho menos costoso que los motores que son controlados electrónicamente.

La durabilidad y eficiencia de estos motores radica en el mantenimiento oportuno que se les brinde, por lo cual es de vital importancia tener un plan de mantenimiento acorde que garantice el mejor funcionamiento, es por ello por lo que el mantenimiento preventivo es una excelente herramienta. El mantenimiento preventivo es la implementación de distintas rutinas de

mantenimiento programadas con el fin de evitar daños o averías imprevistas, en resumen, es actuar antes de que algo falle (Macuchapi, H. 2011).

Para la implementación de un buen plan de mantenimiento en motores de este tipo es muy importante tener una clara información del modelo que da el fabricante a seguir en cuanto a rutinas, y otra de igual importancia es la información que se tenga en cuanto a fallas o averías de las cuales se tenga conocimiento en este modelo de motores en la flota que los utiliza, con ello se podrá adaptar un plan acorde y más puntual, con el cual se podrá garantizar tiempo, rutina, equipo, personal, y demás necesidades identificadas que ayuden a reducir fallas imprevistas en estos motores (Doosan Infracore. (s.f.)).

El análisis de criticidad es una herramienta comúnmente utilizada para mejorar los planes de mantenimiento, este análisis consiste en asignar una calificación a cada uno de los componentes más importantes en un sistema o en una máquina, teniendo en cuenta varios parámetros como número de fallas, importancia en el sistema, costo de mantenimiento, entre otros, después de dicha asignación, se genera una tabla, en la cual se podrán identificar con mayor facilidad los elementos más críticos en el sistema, y a los cuales se les serán asignadas las rutinas y tareas más importantes y de mayor seguimiento en el plan de mantenimiento (Alfonso, Y. A. (et. Al). (2017).

#### **4.1. Euro 2**

Euro 2 es una norma europea que regula las emisiones contaminantes mediante una serie de requisitos que deben cumplir los equipos que utilicen motores de combustión interna en cuanto al límite aceptable de material particulado en los gases contaminantes que emiten estos motores. (Worldwide Fuel Charter, 2013).

## 5. Resultados

### 5.1. Identificación de las fallas más frecuentes en motores DE12TIS.

Para la identificación de las fallas que suelen presentarse con mayor frecuencia en estos motores, se hizo una recopilación de información con el personal técnico que ha hecho las intervenciones de las volquetas Daewoo en el último año, al igual se logró identificar el tiempo que lleva el arreglo de cada una de esas fallas.

**Tabla 1** *Fallas frecuentes de los motores DE12TIS.*

#	FALLA	SINTOMA	TIEMPO PARADA (HORAS LABORALES)
1	Sobrecalentamiento	Expulsión de agua por tanque auxiliar del radiador	1
2	Daño en empaque de culata	Expulsión de agua por tanque auxiliar del radiador	8
3	Ahondamiento de camisa de bloque	Expulsión de agua por tanque auxiliar del radiador	96
4	Camisa de bloque fisurada	Golpe en motor y presencia de compresion en carter	96
5	Sistema de inyección contaminado	Ruido anormal en el motor	48
6	Daño en turbocompresor	Aceite en el intercooler	48
7	Daño en alternador	Sensor de batería prendido	3
8	Desgaste en anillos	Presencia de compresion en carter	24
9	Piston recostado	Golpe en motor o ruido anormal del motor	96

### 5.2. Determinación de límites operacionales permitidos para motores DE12TIS.

Para la identificación de los límites operacionales a los cuales se deben trabajar este tipo de motores, se hizo una investigación con algunos catálogos que aparecen en línea y otros internos de la compañía, después de ello, se determinó que los parámetros más importantes son los que aparecen a continuación.

- Aceite de motor:

Para distancias cortas de operación en motores DE12TIS, el cambio de aceite se debe hacer cada 20.000 Km, se debe utilizar un aceite SAE 15W40, simultáneamente se debe cambiar el elemento filtrante de aceite, combustible y de aire.

- Presión de compresión del cilindro:

Para realizar esta prueba de compresión en cada uno de los cilindros del motor el agua debe estar a 20°C, la rotación del motor debe ser 200rpm (10 rotaciones), y se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

**Tabla 2** *Parámetros para la compresión del cilindro.*

Valor Estándar	28 Kg/cm <sup>2</sup> encima
Valor Limite	24 Kg/cm <sup>2</sup>
Diferencia entre cada cilindro	Dentro +- 10%

- Presión de inyección de combustible:

La presión estándar para inyección de combustible en este tipo de motores debe ser de 220 Kg/cm<sup>2</sup>.

- Presión de aceite:

**Tabla 3** *Presión de aceite en el motor.*

PRESIÓN ACEITE	VELOCIDAD NORMAL	MARCHA EN VACIO
Valor Estándar	4.5 Kg/cm <sup>2</sup> o menos	(0.8 - 1.4) Kg/cm <sup>2</sup>
Valor Limite	3.5 Kg/cm <sup>2</sup>	0.6 Kg/cm <sup>2</sup>

- Voltaje alternador:

El voltaje estándar para el alternador debe ser de 24V.

### 5.3. Determinación de componentes más críticos en motores DE12TIS.

Para la determinación de los componentes más críticos en este tipo de motores se hizo una matriz de criticidad, con la cual se logró identificar dichos componentes. Los sistemas que se evaluaron en esta matriz son los que usualmente presentan inconvenientes, los cuales son: Empaque culata, Camisa bloque, Sistema de inyección, Turbocompresor, Alternador y Pistones.

- Numero de eventos o fallas:

Las semanas evaluadas para este ejercicio fueron 16.

**Tabla 4** *Número de eventos o fallas en cada subsistema.*

Subsistema	No. Eventos
Empaque culata	7
Camisa bloque	12
Sistema de inyección	4
Turbocompresor	2
Alternador	2
Pistones	8
	<b>35</b>

$$Fallas \ x \ año = \frac{Cantidad \ de \ Evento}{Semanas \ evaluadas / Semanas \ año}$$

**Tabla 5** *Fallas por año en cada uno de los subsistemas.*

Subsistema	Fallas x Año
Empaque culata	23,19
Camisa bloque	39,75
Sistema de inyección	13,25
Turbocompresor	6,63
Alternador	6,63
Pistones	26,50

- Factores ponderados a ser evaluados:

**Tabla 6** Factores ponderados a ser evaluados en cada subsistema.

FRECUECIA DE FALLA (FF)	Mayor de 15 fallas año	6
	Entre 8 y 14 fallas año	4
	Entre 3 y 7 fallas año	2
	Menos de 2 fallas año	1
IMPACTO OPERACIONAL (IO)	Pérdidas de producción superior a 75%	8
	Pérdidas de producción entre 50 y 74%	6
	Pérdidas de producción entre 25 y 49%	4
	Pérdidas de producción entre 1 y 24%	2
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)	No cuenta con unidades de reserva	4
	Se cuenta con unidades de reserva, para cubrir operaciones de mantenimiento	2
	Se cuenta con unidades de reserva, en línea	1
COSTOS DE MANTENIMIENTO (CM)	Costos de Mantenimiento superior a: \$1.000.000	10
	Costos de Mantenimiento entre: \$50.000 y \$99.000	5
	Costos de Mantenimiento menos de: \$49.000	1
SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (SMA)	Riesgo alto de pérdidas de vida, daño graves y salud personal	20
	Riesgo medio de pérdidas de vida, daño graves y salud personal	10
	Riesgo bajo de pérdidas de vida, daño graves y salud personal	5

- Evaluación de criticidad:

**Tabla 7** Fallas por año en cada uno de los subsistemas.

Subsistemas	FF	IO	FO	CM	SMA
Empaque culata	6	8	2	5	5
Camisa bloque	6	8	4	10	5
Sistema de inyección	4	6	1	5	5
Turbocompresor	2	4	1	5	5
Alternador	2	2	1	1	5
Pistones	6	8	2	10	5

$$C = IO + FO + CM + SMA$$

$$CTR = FF \times C$$

$$CTR = FF \times (IO + FO + CM)$$

**Tabla 8** *Criticidad (CTR) en cada uno de los subsistemas.*

Subsistemas	FF	C	CTR
Empaque culata	6	20	120
Camisa bloque	6	27	162
Sistema de inyección	4	17	68
Turbocompresor	2	15	30
Alternador	2	9	18
Pistones	6	25	150

**Tabla 9** *Consecuencia vs Frecuencia.*

FRECUENCIA (FF)	6	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150	156	162	168	174	180	186	192	198	204	210	216	222	228	234	240	246	252			
	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210			
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168			
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126			
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84			
1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42				
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42				
	CONSECUENCIA (C)																																									

(NC) - Área de sistemas No Críticos  
 (MC) - Área de sistemas de Media Criticidad  
 (C) - Área de sistemas Críticos

**Tabla 10** *Criticidad total por riesgos.*

Subsistemas	CTR	Estado
Empaque culata	120	C
Camisa bloque	162	C
Sistema de inyección	68	MC
Turbocompresor	30	NC
Alternador	18	NC
Pistones	150	C

#### 5.4. Diseño plan de mantenimiento preventivo para motores DE12TIS.

El mantenimiento preventivo requiere que tanto el técnico como el operador del equipo estén atentos a cualquier cambio en los parámetros normales del equipo, con ello se podrá alargar la vida útil del motor.

**Figura 1** Motor Doosan DE12TIS

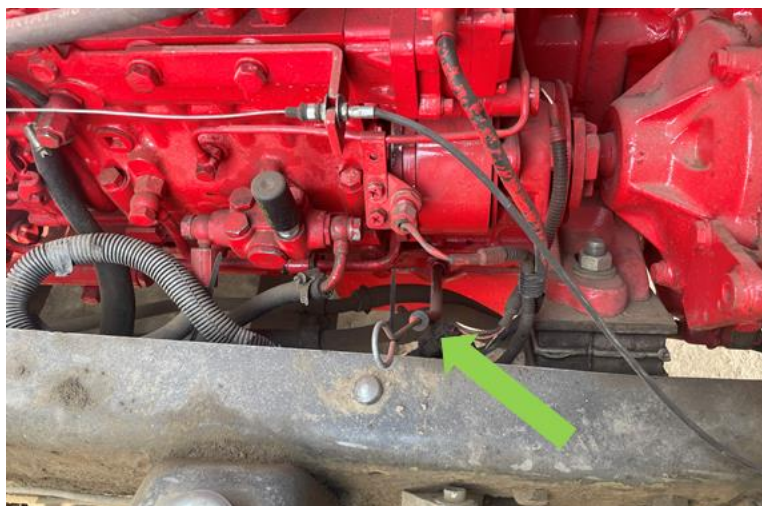


- **Rutina de chequeo pre operacional.**

Esta rutina la debe realizar el operador de la volqueta todos los días al iniciar la jornada laboral, debe realizar revisión del nivel del refrigerante, revisión del nivel del aceite, revisión de fugas de cualquier tipo de fluido, de haber alguna, informar de inmediato al jefe de mantenimiento antes de arrancar el motor.

**Figura 2** *Tanque auxiliar refrigerante*

Para iniciar la rutina, el operador debe levantar la cabina para iniciar la inspección, dirigirse a la parte derecha del vehículo y ubicar el tanque auxiliar de refrigerante, en este, encontrara dos niveles como lo indican las flechas, la de color verde es el nivel máximo y la de color rojo es el nivel mínimo, debe estar en el nivel máximo, de lo contrario debe completar el nivel del líquido refrigerante y verificar que no haya ningún tipo de fuga.

**Figura 3** *Ubicación varilla medidora de aceite*

Para continuar con la inspección visual, el operador debe ubicar la varilla medidora de aceite que se encuentra en la parte inferior de la bomba de inyección, después deberá retirarla para hacer la verificación del nivel de aceite.

**Figura 4** *Varilla medidora de aceite*



Esta varilla presenta dos aberturas en la parte inferior, tal como lo indican las flechas, la más cercana a la parte inferior señalada por la flecha de color rojo, representa el nivel mínimo, y la otra abertura señalada por la flecha de color verde, representa el nivel máximo, el aceite debe permanecer en la mitad de las dos aberturas, si está por debajo del mínimo, está presentando alguna fuga o consumo de aceite que generalmente se da por daño en los anillos de los pistones, por lo cual se debe reportar antes de iniciar la marcha del equipo, por otro lado, si el nivel está por encima del máximo, se debe reportar de igual manera, puede

estar ingresando algún otro fluido, como lo puede ser combustible, por algún daño en el motor, por lo que no se podría iniciar con la marcha del equipo.

- **Cambio de aceite y filtración**

Este cambio lo hará un mecánico y se debe programar para realizarse cada 20.000 Kilómetros, debe utilizarse 21 Litros de aceite SAE 15W40, de igual manera se debe cambiar el filtro del aceite de referencia 400508-00085A, el filtro de combustible de referencia P558000, filtro de aire externo de referencia 3243502020619 y el filtro de aire interno de referencia 32435002010519. Una vez hecho el cambio de aceite y filtros se debe revisar que el nivel de aceite este entre el máximo y el mínimo.

**Figura 5** *Filtro aceite de motor*



El filtro de aceite se ubica en la parte posterior de la bomba de inyección, en el momento de instalación se debe humedecer el caucho con aceite para su correcto sello.

**Figura 6** *Filtro combustible*



El filtro de combustible se ubica en la parte superior del filtro de aceite, y se debe tener precaución en su instalación, humedecer el caucho con combustible para su correcto sello.

**Figura 7** *Filtro aire*

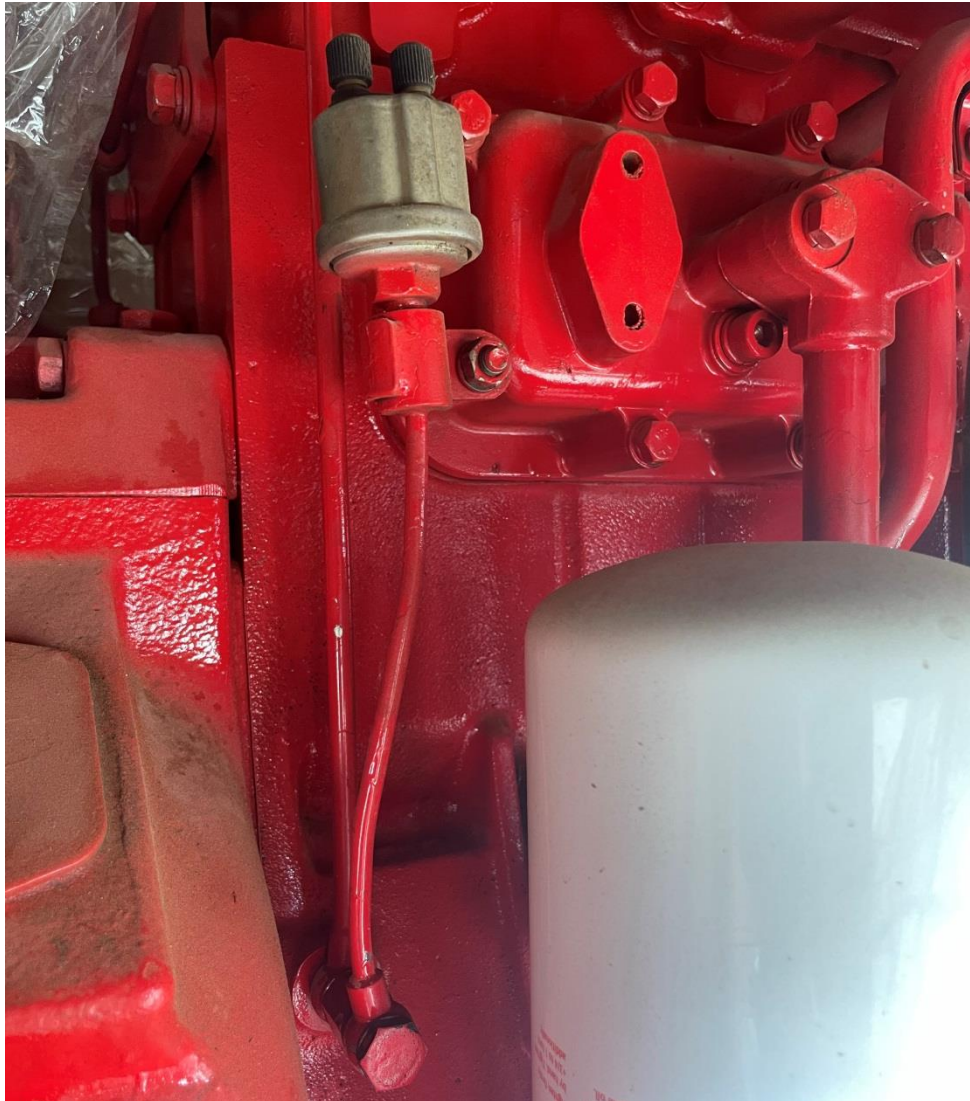
El filtro de aire va dentro de una carcasa que se ubica en la parte izquierda del vehículo, para su instalación se debe limpiar muy bien la parte interna de la carcasa para posteriormente proceder con la instalación primero del filtro interno y después del filtro externo.

- **Prueba de presión de compresión de cada cilindro del motor**

Esta prueba la ejecutara un mecanico y se va a realizar cada dos meses, debido a la criticidad alta que presentan componentes tan importantes como camisas, pistones y el empaque de la culata, elementos que podran ser evaluados con dicha

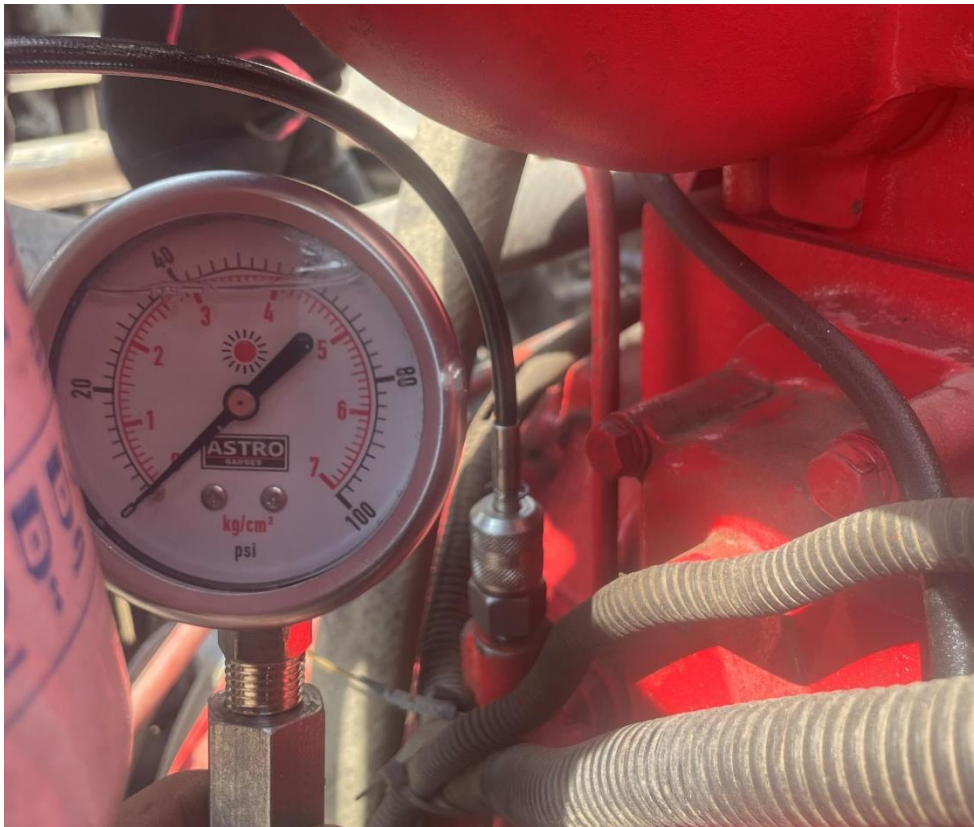
prueba. Junto con esta prueba, también se revisarán fugas de algún fluido, presión de aceite y voltaje del alternador, pruebas que aumentarán la efectividad del mantenimiento preventivo.

**Figura 8** *Sensor presión aceite*



El sensor de presión de aceite se ubica al lado del filtro de aceite, para la prueba debe ser retirado y en su lugar instalar un manómetro.

**Figura 9** Manometro para prueba de presión de aceite



Se debe utilizar un manometro de 0 a 7 Kg/cm<sup>2</sup>, para mayor precisión en la medición. A velocidad normal la presión de aceite debe estar entre 3.5 y 4.5 Kg/cm<sup>2</sup>, y en marcha en vacío debe estar entre 0.8 y 1.4 Kg/cm<sup>2</sup>, mínimo esta presión debe llegar a 0.6 Kg/cm<sup>2</sup>, si está por debajo de este valor se debe intervenir el motor para descartar cualquier daño grave.

**Figura 10** *Multimetro para medir voltaje alternador*



El multimetro debe ser conectado a la salida del alternador y debe tener un valor de 24V, oscilando entre 22V y 26V, si se tiene un valor menor o mayor se debe hacer una revisión por parte del electrico para descartar daños graves en el alternador o en el sistema cableado.

**Figura 11**  *inyector falso para prueba de medición presión de compresión*



**Figura 12** Equipo de *medición presión de compresión*

Para la prueba de presión de compresión es necesario retirar cada inyector y en su lugar instalar el inyector falso, que es un inyector sin nada dentro, es un elemento hecho para servir como adaptador del manómetro, una vez instalado el manómetro, se puede iniciar con la prueba en cada uno de los cilindros, el valor estandar para dicha presión es de 28 Kg/cm<sup>2</sup> o más, y el valor minimo es de 24 Kg/cm<sup>2</sup>, teniendo una vareación de maximo 10 % entre los valores de cada cilindro. Es importante tener en cuenta que esta prueba nos ayudara a determinar si el equipo esta totalmente operativo, pronto a fallar o si definitivamente se debe intervenir de inmediato. Para llevar un mejor control de esta prueba se creo la siguiente hoja de ruta, la cual se debe guardar correctamente para hacer seguimiento de dichos parametros y poder tomar decisiones mas acertadas que aumenten la operatividad de los equipos.

**Tabla 11** Hoja de ruta para plan de mantenimiento en motores DE12TIS.

HOJA DE RUTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO EN MOTORES DE12TIS			
FECHA		NOMBRE MECANICO	
PLACA DEL EQUIPO		NOMBRE AYUDANTE	
KILOMETRAJE			
INSPECCIÓN VISUAL CON MOTOR NO OPERATIVO			
<b>NIVEL REFRIGERANTE</b>			
Hacer revisión del nivel de refrigerante, si está en nivel bajo hacer renivelación y revisión de posibles fugas, de haber fugas indicar posible causa.			
<b>NIVEL ACEITE MOTOR (SAE 15W40)</b>			
Hacer revisión del nivel de aceite sacando la varilla medidora y verificando que este en el rango que se muestra, si está por debajo hacer revisión de posibles fugas e indicarlas en la parte inferior.			
<b>COMBUSTIBLE</b>			
Verificar nivel de combustible y hacer verificación de posibles fugas e indicarlas en la parte inferior.			
<b>PRESION DE COMPRESIÓN DE CILINDROS</b>			
Para realizar esta prueba de compresión de debe retirar cada uno de los inyectores del motor y en su lugar instalar el inyector falso, seguido de ello hacer la conexión del equipo de medición en cada uno de los cilindros del motor, el agua debe estar a 20°C, la rotación del motor debe ser 200rpm (10 rotaciones), y se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:			
		Valor Estándar	<b>28 Kg/cm2 encima</b>
		Valor Limite	<b>24 Kg/cm2</b>
		Diferencia entre cada cilindro	Dentro +- 10%
<b>CILINDRO 1</b>	MEDIDA 1		
	MEDIDA 2		
	MEDIDA 3		
	PONDERADO		
<b>CILINDRO 2</b>	MEDIDA 1		
	MEDIDA 2		
	MEDIDA 3		
	PONDERADO		
<b>CILINDRO 3</b>	MEDIDA 1		
	MEDIDA 2		
	MEDIDA 3		
	PONDERADO		
<b>CILINDRO 4</b>	MEDIDA 1		
	MEDIDA 2		
	MEDIDA 3		
	PONDERADO		
<b>CILINDRO 5</b>	MEDIDA 1		
	MEDIDA 2		
	MEDIDA 3		
	PONDERADO		
<b>CILINDRO 6</b>	MEDIDA 1		
	MEDIDA 2		
	MEDIDA 3		
	PONDERADO		

INSPECCIÓN CON MOTOR OPERATIVO		
<b>PRESIÓN DE ACEITE</b>		
Para hacer la medición de presión de aceite se debe desmontar el sensor que mide esta presión y se debe instalar un manómetro en su lugar.		
PRESIÓN DE ACEITE	A VELOCIDAD NORMAL	EN MARCHA EN VACIO
VALOR ESTANDAR	4.5 Kg/cm2 o menos	(0.8 - 1.4) Kg/cm2
VALOR LIMITE	3.5 Kg/cm2	0.6 Kg/cm2
<b>VOLTAJE ALTERNADOR</b>		
Para hacer la medición del voltaje se debe instalar un multímetro a la salida del alternador.		
VOLTAJE ALTERNADOR		
VALOR ESTANDAR	24 V	

- **Costos implementación plan de mantenimiento**

**Tabla 12** Costos herramienta inicial

Herramienta	Costo
Equipo medición compresión	450.000
Inyector falso	200.000
Manómetro 0-7 Kg/cm2	100.000
Llave filtros	100.000
Multímetro	250.000
<b>Total</b>	<b>1.100.000</b>

**Tabla 13** Costos cambio de aceites y filtros para una volqueta

Ítem	Valor
Repuestos	960.000
Mano de Obra (4 Horas)	400.000
Insumos	100.000
<b>Total</b>	<b>1.460.000</b>

**Tabla 14** *Costos prueba presión de compresión*

Ítem	Valor
Mano de Obra (4 Horas)	400.000
Insumos	100.000
<b>Total</b>	<b>500.000</b>

Como podemos observar en las tablas de costos, la implementación de este plan de mantenimiento en la empresa, es muy económico con respecto a los beneficios que traerá a la misma, debido a que la correcta aplicación del mismo, lograra bajar la incertidumbre en cuanto a la operatividad de los equipos, no saber cuándo van a fallar y van a dejar las obras de la compañía paradas por falta de equipos, generando retrasos y sobrecostos, pero, si se hace un correcto uso de ese plan, se podrán obtener datos de interés, puntuales y verídicos que ayudaran a prever daños futuros en los equipos, con lo que será mejor su programación en cuanto a alguna intervención mayor.

## 6. Conclusiones

Las volquetas Daewoo, que actualmente son operadas por la empresa, a pesar de contar con un plan de mantenimiento establecido, presentan daños prematuros por desgaste en sus componentes. Esto ocasiona paradas no planificadas y tiempos muertos que resultan perjudiciales para la operación.

Uno de los parámetros más críticos para el funcionamiento óptimo de los motores de estos equipos es la lubricación. El uso adecuado del aceite SAE 15W40 y su cambio cada 20.000 km, junto con los filtros de aceite, aire y combustible, prolongará la vida útil de los motores.

Durante la operación, es esencial que la presión de aceite se mantenga por encima de 0.6 Kg/cm<sup>2</sup> en marcha en vacío y por encima de 3.5 Kg/cm<sup>2</sup> en velocidad normal. Si la presión de aceite es menor a estos valores, se debe intervenir el motor de inmediato, ya que una presión baja de aceite suele ser indicativa de una reparación general del motor.

Otro dato crucial es el voltaje del alternador, que debe permanecer constante en 24V. Una disminución en este voltaje puede provocar una alimentación incorrecta de las baterías, lo que podría resultar en el apagado del equipo. Por otro lado, un voltaje superior al permitido puede causar sobrealimentación del sistema eléctrico, lo que podría llevar a un cortocircuito y, como consecuencia, al apagado del equipo. Por lo tanto, es de vital importancia realizar un seguimiento meticuloso de este parámetro.

A través del análisis de criticidad, se identificó que el empaque de culata, las camisas de los cilindros y los pistones son los componentes más críticos en estos motores. Para determinar si existe o se está desarrollando un daño, es fundamental realizar la prueba de compresión. Una correcta medición de la compresión de cada cilindro permite tomar decisiones precisas sobre la intervención del motor en un tiempo determinado. Por ejemplo:

- Si uno o más cilindros registran una compresión inferior a 24 Kg/cm<sup>2</sup> y no son cilindros contiguos, es probable que exista un daño en los anillos, pistón o camisa. En caso de que la compresión sea cero, se debe intervenir el motor de inmediato.
- Si se observa una variación de más del 10% menor en la compresión de alguno de los cilindros, se debe programar una intervención en un corto plazo.
- Si el motor presenta una variación de más del 10% menor en la compresión en dos o más cilindros contiguos, es probable que exista un daño en el empaque de la

culata o en alguna de las camisas, por lo que se debe programar una intervención lo más pronto posible.

La adecuada utilización de los diferentes equipos de medición por parte del equipo técnico garantizará la precisión de los datos recolectados en la hoja de ruta. Esto proporcionará la información necesaria para tomar decisiones oportunas, lo que resultará en menores costos y reducirá la incertidumbre en la operatividad de las volquetas.

## **7. Recomendaciones**

Es fundamental implementar un plan de mantenimiento meticuloso desde el momento de la adquisición de la volqueta. Es necesario establecer los recursos adecuados, tanto económicos como humanos, para asegurar un mantenimiento óptimo. Realizar un seguimiento riguroso de los parámetros críticos en los motores de las volquetas garantizará una mayor vida útil de los mismos. Esta práctica se detalla y se respalda en la presente monografía, donde se presenta una hoja de ruta específicamente diseñada para la identificación de fallas tempranas.

## 8. Referencias Bibliográfica

Alarcon, E. (2022). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la criticidad para la flota de vehículos de la Mecánica Automotriz El Gringo EIRL, Chachapoyas – Amazonas. (Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Amazónica). Recuperado de: <https://repositorio.upa.edu.pe/handle/20.500.12897/131>

Alfonso, Y. A. (et. Al). (2017). Análisis de criticidad en los sistemas mecánicos de los grupos electrógenos. Revista de Ingeniería Energética. 38(3), p. 224-230.

Angeles, E. (et, Al). (2020). Optimal Inspection and Preventive Maintenance Scheduling of Mining Equipment. J Fail. Anal. and Preven. 20, 1408–1416.

Centro de Mantenimiento de Activos (2022, 23 de febrero). Análisis de criticidad: ¿Qué es y por qué es importante? Recuperado el 20 de agosto de 2023, de <https://cmc-latam.com/2022/02/23/analisis-de-criticidad-que-es-y-por-que-es-importante/#:~:text=an%C3%A1lisis%20de%20criticidad%3F-El%20an%C3%A1lisis%20de%20criticidad%20se%20define%20como%20el%20proceso%20de%20riesgo%20%20E2%80%93%20Principios%20y%20directrices>

Cobo, K. (2023). Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo de los sistemas hidráulicos para maquinaria pesada de la empresa Fernández & Fernández Construc del Distrito Metropolitano de Quito. (Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24260/1/TTS1154.pdf>

Consejo de Tecnología y Educación de Diésel de California (CCDET). (2017). Manual, Recuperado de [https://ccdet.org/wp-content/uploads/2017/06/Es\\_Preventive\\_Maintenance\\_Handbook\\_06282017.pdf](https://ccdet.org/wp-content/uploads/2017/06/Es_Preventive_Maintenance_Handbook_06282017.pdf)

Cummins. (2023, 23 de mayo). ¿Qué es un motor diésel y cuáles son los tipos y componentes de un motor diésel? Recuperado el 20 de agosto de 2023, de <https://www.cummins.com/es/news/2023/05/23/what-diesel-engine-and-what-are-types-and-components-diesel-engine>

Daewoo, Doosan. (2001). Daewoo Doosan DE12 DE12T DE12TI DE12TIS Diesel Engine Maintenance Manual. Catalogo Técnico. Daewoo/Doosan. Recuperado de <https://www.epcatalogs.com/daewoo-doosan-de12-de12t-de12ti-de12tis-diesel-engine-maintenance-pdf/>

Doosan Infracore. (s.f.). Motor diésel DE12TIS. Recuperado el 20 de agosto de 2023, de <https://www.directindustry.es/prod/doosan-infracore/product-26469-2382077.html>

European Automobile Manufacturers Association (2013). World Wide Fuel Charter. Washington, D.C. Recuperado el 20 de agosto de 2023, de [http://www.acea.be/uploads/publications/Worldwide\\_Fuel\\_Charter\\_5ed\\_2013.pdf](http://www.acea.be/uploads/publications/Worldwide_Fuel_Charter_5ed_2013.pdf)

Macuchapi, H. (2011). Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para volquetas hino ff19250 de la empresa TREBOL S.A. (Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés-Bolivia). Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15198/EG-1104-Macuchapi%20Ticona%2c%20Hugo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mafla. C. (et Al). (2024). Implementación de un plan de mantenimiento y diagnóstico de la unidad dosificadora en motores diésel electrónicos (Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte). Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15422>

Muñoz, C. (2022). Diseño plan de mantenimiento preventivo para volquetas. (Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia). Recuperado de <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/31876>

Muñoz, J. (2018). Implementación de la matriz de criticidad en el área de equipos móviles y de elevación en la empresa Faismon S.A.S. y análisis del Costo del ciclo de vida en las grúas telescópicas. (Informe de práctica académica) Recuperado de [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13233/1/JulianMu%C3%B1oz\\_2019\\_PMC\\_12658.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13233/1/JulianMu%C3%B1oz_2019_PMC_12658.pdf)

Renting Finders (s.f.). Normativa Euro. Recuperado el 20 de agosto de 2023, de <https://rentingfinders.com/glosario/normativa-euro/>

Valencia, R. (2022). Diseño plan de mantenimiento preventivo para volquetas. (Tesis de pregrado) Recuperado de [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/31876/4/ValenciaRuben\\_2022\\_MantenimientoPreventivoVolquetas.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/31876/4/ValenciaRuben_2022_MantenimientoPreventivoVolquetas.pdf)