

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE LUBRICACIÓN PARA AUMENTAR LA
DISPONIBILIDAD DE LOS BANCOS DE PRUEBA PARA BOMBAS
OLEOHIDRÁULICAS EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO

AUTORES

PABLO CÉSAR VENTURA SERVÁN
CRHISTIAN RAMOS ARPHI

ASESOR

MG. CARLOS ALFREDO BAILON BUSTAMANTE

LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024

PERÚ

Document Information

Analyzed document	INFORME FINAL DE TESIS -RAMOS ARPHI- VENTURA SERVAN (1).docx (D182720200)
Submitted	2023-12-28 01:46:00 UTC+01:00
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	10%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Tesis AMEF - Belardo enviar21-06.docxenviar.docx Document Tesis AMEF - Belardo enviar21-06.docxenviar.docx (D109729581)	1	
W	URL: https://www.q8oils.com/es/energia/viscosity-index/ Fetched: 2020-11-27 11:08:54	2	
W	URL: https://prodimsa.com/asistencia-tecnica/preguntas-frecuentes-faq/viscosidad-e-indice-viscosidad-iv/  2 Fetched: 2021 07-01 02:06:26		
W	URL: https://mobilenperu.pe/vehiculospesados/mobil-delvac-25w-50/ 4 Fetched: 2023 12-28 01:46:00		
W	URL: https://latinamerica.chevronlubricants.com/es_mx/home/products/delo-400-sde-sae-15w-40.html 1 Fetched: 2023 12-28 01:46:00		
	DISEÑO, CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CILINDROS HIDRÁULICOS.pdf		
SA	2 Document DISEÑO, CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CILINDROS HIDRÁULICOS.pdf (D14573431)		
W	URL: http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/upload/blog/file/2010/6/20106266481831673.pdf 15 Fetched: 2022 01-05 23:34:35		

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Unidad de investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.

TÍTULO:

“Diseño de un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba para bombas oleohidráulicas en una empresa de servicios”

AUTORES / CÓDIGO ORCID / DNI

PABLO VENTURA SERVÁN / 0009-0001-8163-3103 / 44782851

CRHISTIAN RAMOS ARPHI / 0009-0009-3016-8983 / 48003234

ASESOR

MG. CARLOS ALFREDO BAILON BUSTAMANTE /0000-0002-0545-5018 / 42362677

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Empresa de servicios de reparación de bombas oleohidráulicas, localizada en la Av. Aviación, cuadra 15, La Victoria- Lima - Perú.

UNIDAD DE ANÁLISIS:

Bancos de Prueba Hidráulico

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Aplicada / Cuantitativo / No Experimental

TEMA OCDE: 2.00.00--Ingeniería Tecnología

**ACTA N°161 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBRO 001, FOLIO N°187, ACTA N°161 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE
TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO.**

A los 12 días del mes de enero del año 2024, siendo las 17:41 horas, se reunieron en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" sito Av. Juan Pablo II N° 306 Bellavista – Callao, los miembros del **Jurado Evaluador de Sustentación del II Ciclo Taller de Tesis 2023**, designado con Resolución de Consejo de Facultad N° 302-2023-CF-FIME – Callao, 10 de noviembre de 2023, para la obtención de los **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

- Mg. ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI : Presidente
- Mg. JOSÉ MARTÍN CASADO MÁRQUEZ : Secretario
- Mg. GUILLERMO ALONSO GALLARDAY MORALES : Vocal

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **CRHISTIAN RAMOS ARPHI**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, sustenta la tesis "**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE LUBRICACIÓN PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS BANCOS DE PRUEBA PARA BOMBAS OLEOHIDRÁULICAS EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS**", cumpliendo con la sustentación en acto público de acuerdo al artículo 56° de la Resolución de Consejo Universitario N° 150 -2023-CU - CALLAO, 15 de junio del 2023.

Con el quórum reglamentario, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición y la absolución de las preguntas formuladas por el jurado, y efectuada la deliberación pertinente, acordó por unanimidad: Dar por **APROBADO** en la escala de calificación cualitativa **BUENO**, y con calificación cuantitativa de **14 (CATORCE)**, conforme a lo dispuesto en el Artículo 24° del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU- CALLAO, 15 de junio de 2023.

Se dio por cerrada la Sesión a las 18:05 horas del día 12 de enero de 2024.


Mg. Alfonso Santiago Caldas Basauri
Presidente


Mg. José Martín Casado Márquez
Secretario


Mg. Guillermo Alonso Gallarday Morales
Vocal

DEDICATORIA

Ésta tesis la dedico con mucho cariño a mi padre Juan, mi madre Flor de María, porque son el soporte que le dan a mida brindándome su apoyo en todo momento para lograr mis objetivos.

Pablo Ventura S.

DEDICATORIA

Dedico ésta tesis con todo mi amor y cariño a mis padres Silverio y María y hermanos: Martha, Vladimir, Juan, Carlos, Elizabeth y Miguel; quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siga adelante y cumpla mis ideales.

Crhistian Ramos A.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios que me ha dado la fortaleza para seguir adelante. Agradezco también a mi Universidad Nacional del Callao por formarme profesionalmente, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos.

Pablo Ventura S.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios Jehová porque me guía y ayuda a salir adelante, porque le debo lo que soy y seré, porque siempre está a mi lado. También agradezco a todos los docentes y compañeros, quienes tuvieron la dedicación y paciencia para compartir sus conocimientos en éste gran desafío superado.

Christian Ramos A.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. Descripción de la realidad problemática	13
1.1.1. Problema general	16
1.1.2. Problemas específicos.....	16
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificación	17
1.3.1. Justificación teórica	17
1.3.2. Justificación práctica.....	17
1.3.3. Justificación económica.....	17
1.3.4. Justificación tecnológica	18
1.4. Delimitantes de la investigación.....	18
1.4.1. Delimitación teórica	18
1.4.2. Delimitación temporal	18
1.4.3. Delimitación espacial.....	18
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	21
2.2. Bases teóricas	23
2.2.1. Mantenimiento preventivo según plazo o calendario	23
2.2.2. Mantenimiento predictivo	23
2.2.3. Plan de lubricación	23
2.2.4. Disponibilidad	27
2.2.5. Valor Actual Neto (VAN).....	28

2.2.6. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	29
2.2.7. Ecuación de Walther.....	30
2.3. Marco conceptual.....	30
2.3.1. Banco de Pruebas de Bombas Oleohidráulicas.....	30
2.3.2. Selección de un aceite lubricante	30
2.3.3. Cálculo de frecuencia de cambio, reposición de aceite lubricante.....	30
2.3.4. Confiabilidad	30
2.3.5. Mantenibilidad	31
2.4. Definición de términos básicos	31
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	34
3.1. Hipótesis	34
3.1.1. Hipótesis general.....	34
3.1.2. Hipótesis específicas.....	34
3.2. Operacionalización de variables	35
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	36
4.1. Diseño metodológico	36
4.1.1. Enfoque cuantitativo	36
4.1.2. Tipo aplicada	36
4.1.3. Nivel explicativo.....	37
4.1.4. Diseño no experimental	37
4.1.5. Alcance longitudinal.....	37
4.2. Método de investigación	38
4.2.1. Método analítico	38
4.2.2. Método sintético.....	38
4.3. Población y muestra	39
4.3.1. Población.....	39
4.3.2. Muestra.....	39
4.4. Lugar de estudio	39
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	40
4.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	40
4.5.2. Instrumentos para la recolección de datos	40
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	41
4.6.1. Diagnóstico de línea base	43
4.6.2. Diseño del programa	48
4.6.3. Implementación	52
4.7. Cronogramas de actividades	79

4.8. Análisis económico financiero.....	79
V. RESULTADOS	83
5.1. Resultados descriptivos	83
5.2. Resultados estadísticos	86
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	90
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	90
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	91
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes	93
VII. CONCLUSIONES	94
VIII. RECOMENDACIONES.....	95
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXOS	100
Anexo 1.- Matriz de consistencia	100
Anexo 2.- Ficha técnica del motor John Deere E4045HT086	101
Anexo 3.- Ficha técnica del aceite Hydrau Premium John Deere.....	102
Anexo 4.- Ficha técnica del aceite Chevron Delo 400 SAE 15W40	103
Anexo 5.- Formato de ficha para capacitación.....	104
Anexo 6.- Registro data para análisis económico financiero.....	105
Anexo 7.- Registro de data para el desarrollo estadístico.....	106
Anexo 8.- Viscosidad experimental vs ecuación de Walther.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Matriz de Operacionalización de Variables	35
Tabla 4.1 Cantidad actual de aceites por mes	44
Tabla 4.2: Fallas más frecuentes	46
Tabla 4.3: Propiedades del aceite para motor Mobil Delvac™ 25W-50.....	54
Tabla 4.4: Viscosidad cinemática vs temperatura Mobil Delvac TM 25W-50 ...	54
Tabla 4.5: Propiedades aceite motor John Deere Plus-50 II	56
Tabla 4.6: Viscosidad cinemática vs temperatura John Deere Plus-50 II.....	57
Tabla 4.7: Propiedades aceite motor Delo 400 SDE SAE 15W-40	58
Tabla 4.8: Viscosidad cinemática vs temperatura Delo 400 SDE 15W40	59
Tabla 4.9: Propiedades del aceite Akron hydraulic	61
Tabla 4.10: Viscosidad cinemática vs temperatura aceite Akron Hydraulic	62
Tabla 4.11: Propiedades aceite Hydrau Premium John Deere.....	64
Tabla 4.12: Viscosidad cinemática vs temperatura aceite Hydrau Premium John Deere	64
Tabla 4.13: Propiedades del aceite Chevron Hydraulic oil AW ISO 68	66
Tabla 4.14 Viscosidad cinemática vs temperatura Chevron Hydraulic oil AW ISO 68.....	67
Tabla 4.15: Cuadro especificaciones de horómetro Faria	78
Tabla 4.16: Cuadro resumen de recursos	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Diagrama de Ishikawa.....	15
Figura 2.1: Relación entre el VAN y TIR	29
Figura 2.2: Índice de viscosidad.....	33
Figura 4.1: Relación entre las cuatro etapas.....	41
Figura 4.2 Frecuencia de mantenimiento de los bancos	43
Figura 4.3. Procedimiento actual de limpieza de tanque de aceite	45
Figura 4.4: Gráfica de fallas más frecuentes	47
Figura 4.5: Formato ficha para capacitación	48
Figura 4.6: Forma de etiqueta LIS para aceite	50
Figura 4.7: Forma de etiqueta LIS para grasas	50
Figura 4.8: Carro de filtración simple.....	51
Figura 4.9: Aceite Mobil Delvac TM 25W-50	53
Figura 4.10: Curva de Viscosidad cinemática vs temperatura Delvac.....	55
Figura 4.11: Variación porcentual de viscosidad cinemática vs temperatura de aceite Mobil Delvac TM 25W-50	55
Figura 4.12: Aceite John Deere Plus-50 II.....	56
Figura 4.13: Curva de Viscosidad cinemática vs temperatura Plus-50 II	57
Figura 4.14: variación porcentual de Viscosidad cinemática vs temperatura de aceite John Deere Plus-50 II	57
Figura 4.15: Delo 400 SDE SAE 15W-40.....	58
Figura 4.16: Curva de Viscosidad cinemática vs temperatura Delo 400	59
Figura 4.17: Variación porcentual de viscosidad cinemática vs temperatura de aceite Delo 400 SDE SAE 15W40.....	60
Figura 4.18: Sistema hidrostático: bomba – motor.....	60
Figura.4.19: aceite Akron hydraulic.....	61

Figura.4.20: Curva de viscosidad cinemática vs temperatura Akron.....	62
Figura 4.21: Variación porcentual de viscosidad cinemática vs temperatura de aceite Akron hydraulic.....	63
Figura 4.22: Aceite hidráulico Hydrau Premium John Deere.....	63
Figura 4.23: Curva de Viscosidad cinemática vs temperatura Hydrau Premium John Deere.....	65
Figura 4.24 Variación porcentual de Viscosidad cinemática vs temperatura de aceite Hydrau Premium John Deere.	65
Figura 4.25: Chevron Hydraulic oil AW ISO 68	66
Figura 4.26: Curva de Viscosidad cinemática vs temperatura AW ISO 68.....	67
Figura 4.27: Variación porcentual de Viscosidad cinemática vs temperatura de aceite Chevron Hydraulic oil AW ISO 68.....	68
Figura 4.28: Cuarto de lubricación adecuado.....	69
Figura 4.29: Tabla tiempo máximo de almacenamiento para lubricantes	69
Figura 4.30: Bomba hidráulica del banco de pruebas modelo SPV 25.....	70
Figura 4.31: Cuadro de datos técnicos de bombas modelo SPV serie 20.....	71
Figura 4.32: Cuadro de códigos para bombas modelo SPV serie 20	72
Figura 4.33: motor hidráulico A2FE160.....	73
Figura 4.34: Datos técnicos motor hidráulico A2FE160	73
Figura 4.35: Cartilla de mantenimiento sistema hidrostático Bomba – Motor hidráulico.....	74
Figura 4.36: Motor de combustión interna diésel modelo E4045HT086.....	75
Figura 4.37: Ficha técnica de motor diésel E4045HT086.....	75
Figura 4.38: Cartilla de mantenimiento de motor diésel E4045HT086	76
Figura 4.39. horómetro Chesapeake.....	77
Figura N° 4.40. Indicador de temperatura HYD.OIL.....	78
Figura 4.41: Cronogramas de Actividades	79

Figura 4.42: Cuadro económico de implementación de programa	80
Figura 5.1: Gráfica variación porcentual de viscosidad vs temperatura para los aceites hidráulicos.....	83
Figura 5.2: Gráfica variación porcentual de viscosidad vs temperatura para los aceites de motor.....	84
Figura 5.3: Registro de datos situacional actual 16 de diciembre 2023	86
Figura 5.4: Gráfica MTBF para el banco de pruebas crítico	87
Figura 5.5: Gráfica MTTR para el banco de pruebas crítico.....	88
Figura 5.6: Gráfica Disponibilidad para el banco de pruebas crítico	89

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- MTTF:** Mean Time To Failures (Tiempo Promedio Para la Falla)
- MTBF:** Mean Time To Repair (Tiempo Promedio Para la Reparación)
- DISP:** Disponibilidad
- COVID-19:** Enfermedad respiratoria muy contagiosa causada por el virus SARS- CoV-2.
- PBI:** Producto Bruto Interno
- SLP:** Procedimiento estándar de lubricación
- MCL:** Manual de Lubricación Corporativo
- TAREO:** Registro de actividades diarias
- OT:** Orden de trabajo
- OS:** Orden de servicio
- TCK:** Tasa de Costo de Capital
- ASTM:** Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales
- IV:** Índice de Viscosidad
- OEM:** Fabricante de equipos originales
- FNE:** Flujo Neto Egresos
- TIR:** Tasa Interna de Retorno
- FODA:** fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas
- ISO:** Organización Internacional de Normalización

RESUMEN

El presente informe final de Tesis, titulado “Diseño de un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas en una empresa de servicios”, tuvo como objetivo principal realizar un diseño de un programa de lubricación específico para los bancos de prueba de una empresa de servicios, con la finalidad de aumentar su disponibilidad que pueda coadyuvar a prestar servicios rápidos, eficientes y de buena calidad a sus clientes.

El desarrollo del diseño inició con una guía descriptiva de las actividades específicas que deben desarrollarse en la ejecución del programa de lubricación. Ésta consta de una serie de pasos acorde a la necesidad y realidad actual de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas, así mismo, se recomiendan procedimientos y herramientas para el uso y manejo de los aceites, fluido que es el componente preponderante en el programa de lubricación.

Posteriormente se realizó la selección de los dos tipos de aceites que utiliza los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas; el aceite de motor diésel y el aceite hidráulico para su sistema hidrostático, esto utilizando una herramienta de análisis matemática, una fórmula logarítmica que nos permitió analizar y seleccionar el aceite óptimo con gran exactitud. Adicional a eso se realizó la selección de sus respectivas cartillas de mantenimiento para el motor y para el sistema hidráulico.

Finalmente se analizan los indicadores de confiabilidad y mantenibilidad para hacer una proyección del aumento de disponibilidad de los bancos de prueba.

Palabras claves: lubricación, viscosidad, banco de pruebas.

ABSTRACT

The main objective of this final Thesis report, entitled “Design of a lubrication program to increase the availability of hydraulic pump test benches in a service company”, was to design a specific lubrication program for the benches. of a service company, with the aim of increasing its availability that can help provide fast, efficient and good quality services to its clients.

The development of the design began with a descriptive guide of the specific activities that must be carried out in the execution of the lubrication program. This consists of a series of steps according to the need and current reality of the hydraulic pump test benches. Likewise, procedures and tools are recommended for the use and management of oils, a fluid that is the predominant component in the lubrication program.

Subsequently, the selection of the two types of oils used by the test banks was carried out; diesel engine oil and hydraulic oil for its hydrostatic system, using a mathematical analysis tool, a logarithmic formula that allowed us to analyze and select the optimal oil with great accuracy. In addition to that, the selection of their respective maintenance records for the engine and hydraulic system was carried out.

Finally, the reliability and maintainability indicators are analyzed to make a projection of the increase in availability of the test benches.

Keywords: lubrication, viscosity, hydraulic pump test benches.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal establecer en qué medida el diseño de un programa de lubricación mejora la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas.

La lubricación es uno de los temas más importantes para asegurar la fiabilidad y disponibilidad de los diferentes equipos presentes, como por ejemplo elementos con transmisiones mecánicas, motores, bombas, compresores; todos estos sistemas requieren lubricación y son susceptibles de fallo tribológico dado por los elementos de desgaste de maquinaria.

En la actualidad es común que se realicen actividades de lubricación en diversas empresas, sin embargo, no todas tienen un programa de lubricación adecuado o no tienen un programa como tal acorde a su realidad problemática.

Egoávil en su tesis, hace mención sobre el papel importante que juega la lubricación en las máquinas, más aún en la maquinaria pesada que trabaja en el rubro minero debido al ambiente y a las duras condiciones que muchas veces se presentan en las minas. La estadística indica que del 75% al 85% de todas las fallas se deben a la contaminación del aceite lubricante (Egoávil Méndez, 2019 pág. 17).

García en su tesis, desarrolla la problemática de optimizar la lubricación de los motores y bombas del área de elaboración en la empresa azucarera industrial Agropucalá S.A.A. en la cual obtiene un incremento del 21.9% de disponibilidad luego de haber aplicado un programa de lubricación industrial acorde a la necesidad de la empresa (García Vallejos, 2022, pág. 76).

Los objetivos que persigue el presente trabajo, además de diseñar con éxito un programa de lubricación para los bancos de prueba en una empresa que brinda servicios para incrementar su disponibilidad, son la selección de un aceite hidráulico de alto rendimiento, seleccionar un aceite lubricante para motor diésel

óptimo para ciertas condiciones de servicio y finalmente elaborar un plan de buenas prácticas de lubricación.

Cabe mencionar que el alcance del trabajo sólo comprende a los bancos de prueba, esto debido a que, dentro de los distintos tipos de equipos con las que cuenta la empresa, los bancos tienen incidencia directa para la verificación final de funcionamiento en los procesos de mantenimiento y reparación de componentes hidráulicos que se realizan en su taller.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Las maquinarias fallan por diversas razones, es así que esa condición implica que la máquina ha dejado de funcionar de la manera en que fue pensada o diseñada, esto se conoce como “pérdida de utilidad”, ésta a su vez se desglosa en tres categorías principales: obsolescencia, accidentes y degradación de superficie. En la mayoría de los casos la degradación de la superficie tiene mayor incidencia con un 70% la cual está compuesto a su vez por: corrosión 20%, desgaste mecánico 50%, es en esta última que entra a tallar un buen programa de lubricación para evitar la pérdida de utilidad. En ese sentido encontramos también que; en el reporte “Enfoque del sistema para el control de la contaminación”, Vickers, Inc. descubrió la adecuada selección e instalación de dispositivos de control de contaminación elimina hasta el 80% de las fallas de un sistema hidráulico (Noria Corporation México, 2023 pág. 36).

Sin duda indica que los programas preventivos en el área lubricación y limpieza significan un aporte a la productividad, al crecimiento de la producción y a los beneficios de la empresa.

¿Cuánto le costaría que su producción se interrumpiera? ¿Saber, en qué momento van a dejar de producir sus máquinas?, Dos premisas que son básicas en el mejoramiento continuo de una industria. En primer lugar, los procesos de mantenimiento deben optimizarse; en segundo lugar, para el éxito de cualquier proyecto, este debe suscitar la cooperación y el interés de todos, y ser proyectado para una planta específica. Toda maquinaria con mecanismos en movimiento está expuesta a fricción, desgaste y lubricación. El estudio de la tribología, el análisis de los lubricantes, nos permite valorar la “condición” de funcionamiento de nuestros equipos y aún más importante diagnosticar, y dar las recomendaciones para actuar “Mantenimiento”, para lograr prevenir y solucionar problemas en las máquinas y equipos y evitar “Down time” en la producción (Gica Ingenieros, 2022).

Es conocido que; en todo el mundo casi la totalidad de las actividades económicas se han reducido a la mínima producción o se han paralizado en su totalidad a causa de la pandemia del covid-19, en ese todos los gobiernos esperan reiniciar todas sus actividades productivas y en el sector construcción, se espera también un incremento significativo similar a los volúmenes pre-pandemia.

Oscar Bravo, director ejecutivo y Socio Fundador de V&V Bravo Constructora, explica que el sector construcción seguirá en constante crecimiento, pero es importante la confianza que el Gobierno pueda ofrecer a los empresarios para que puedan invertir y seguir apostando en el mercado local. A pesar de tener un futuro prometedor, el experto refiere que en el sector persisten algunos problemas que marcarían otras cifras en el 2022 y 2023 (Construir, 2022).

El año 2022 se caracterizó por ser un año de bajos crecimientos en las economías del mundo, y los países de Latinoamérica no fueron la excepción. Así, la economía peruana creció 2.8%, significativamente por debajo del 2021 (13.6%). Es notable destacar que a pesar del deterioro en el entorno global y de un año claramente marcado por la incertidumbre política, el desempeño macroeconómico del país arrojó indicadores de solidez. Por un lado, el déficit fiscal fue bajo (1.7% del PBI) y menor que el de otras economías de la región, mientras que el nivel de las reservas internacionales llegó a 30.2% del PBI. Por otro lado, la moneda peruana fue una de las pocas en el mundo que se apreció respecto del dólar norteamericano en el 2022.

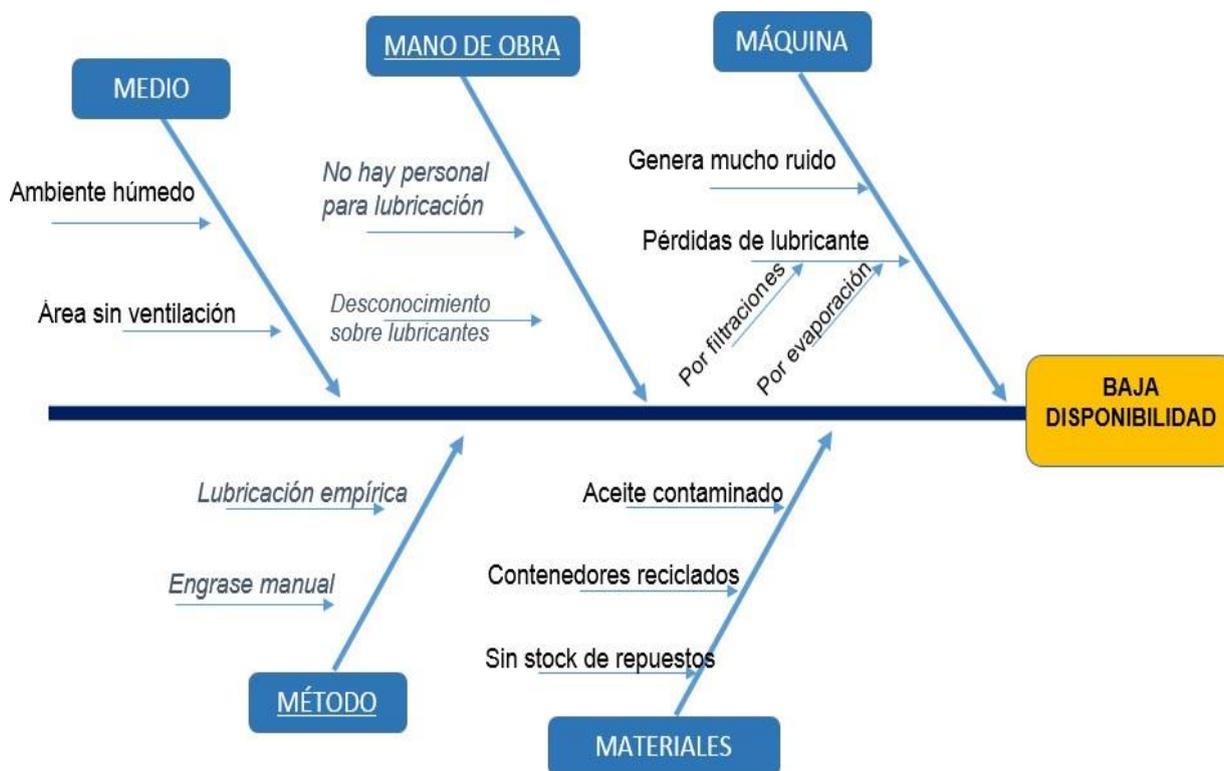
En el 2022, la corporación Ferreycorp y sus empresas lograron ventas de S/ 6,593 millones, superiores en 8% frente al año previo. En dólares, ascendieron a US\$ 1,717 millones, con un incremento de 9%. Destacó la contribución de la empresa bandera Ferreyros en las operaciones del año, con un 65% de las ventas consolidadas. La minería de tajo abierto generó un 43% de los ingresos de la corporación; la construcción, el 19%; el sector industria, comercio y servicios, el 13%; y la minería subterránea, igualmente

el 13%, a los que se sumaron otros sectores de la economía (Ferreycorp, 2023 pág. 90).

Actualmente la empresa en la que se propone diseñar un programa de lubricación se especializa en la reparación, mantenimiento y calibración de bombas oleohidráulicas, para lo cual cuenta con dos bancos de prueba cuyo funcionamiento es constante durante el día. Por lo cual se ha identificado que los bancos no cuentan con un aceite hidráulico de adecuado y tampoco con un aceite óptimo para motores diésel, a eso se suma el poco conocimiento de su personal en el uso y manejo de aceites y lubricantes.

En ese sentido, se propone el diseño de un programa de lubricación para los bancos de prueba acorde a su realidad problemática descritas anteriormente y así aumentar la disponibilidad de los mismos favoreciendo económicamente a la empresa.

Figura 1.1: Diagrama de Ishikawa



Formulación del problema

1.1.1. Problema general

¿Cómo diseñar un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas en una empresa de servicios?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo seleccionar un aceite hidráulico con el fin de aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas?
- ¿Cómo seleccionar un aceite lubricante óptimo para motor con el fin de aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas?
- ¿Cómo seleccionar una cartilla de mantenimiento para los bancos de pruebas de bombas oleohidráulicas para aumentar su disponibilidad?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad los bancos de prueba para bombas oleohidráulicas en una empresa de servicios.

1.2.2. Objetivos específicos

- Seleccionar un aceite hidráulico óptimo con el fin de aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas.
- Seleccionar un aceite lubricante óptimo para motor con el fin de aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas
- Seleccionar una cartilla de mantenimiento para los bancos de pruebas de bombas oleohidráulicas para aumentar su disponibilidad.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

Bernal, en su libro “metodología de la investigación”, considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo (2010, pág. 106).

Tener un programa de lubricación establecido ayudará a la empresa de servicios a eliminar los tiempos de paradas imprevistas de sus bancos de prueba mejorando el tiempo y calidad de sus servicios prestados.

1.3.2. Justificación práctica

Bernal, en su libro “metodología de la investigación”, considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo (2010, pág. 106).

Tener un programa de lubricación establecido ayudará a la empresa de servicios a eliminar los tiempos de paradas imprevistas de sus bancos de prueba mejorando el tiempo y calidad de sus servicios prestados.

1.3.3. Justificación económica

Baena, en su libro titulada “Metodología de la investigación”, afirma que la investigación debe analizar y justificar si se puede restaurar el dinero invertido durante el desarrollo del proceso (2017, pág. 74).

El programa de lubricación permitirá la realización de una mayor cantidad de pruebas incrementando la productividad de la empresa.

1.3.4. Justificación tecnológica

Espinoza, en su libro titulada “Metodología de investigación tecnológica” afirma que, una justificación tecnológica es cuando satisfacen las necesidades sociales. Asimismo, crean soluciones que permitan mejorar el sistema productivo (2014, pág. 72).

Tener un programa de lubricación específico mejora la disponibilidad y funcionamiento de los bancos de prueba disminuyendo la probabilidad de una pérdida de utilidad.

1.4. Delimitantes de la investigación

1.4.1. Delimitación teórica

Un programa de lubricación tiene su sustento en principios teóricos como: La Tribología, Mecánica de Fluidos, Lubricantes y Elementos Oleohidráulicos.

1.4.2. Delimitación temporal

En la presente investigación; se recogió datos para establecer la línea base sobre el estado de los bancos de prueba desde el mes de mayo hasta diciembre de 2023, en dicho periodo se analizó los planes de mantenimiento y de lubricación en los bancos con que cuenta la empresa.

1.4.3. Delimitación espacial

Éste proyecto tiene como lugar de realización en el taller de una empresa que brinda servicios de reparación y mantenimiento de bombas oleo hidráulicas, localizada en la cuadra 15 de la av. Aviación, en el distrito de La Victoria, Lima – Perú.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Castro (2018), en su tesis titulada “Implementación de un programa de lubricación en una empresa de refrigeración en el proceso de metales” presenta; como objetivo general “implementar un programa de lubricación en el proceso de metales”, para ello, aplicó el diseño de investigación de tipo no experimental y el método analítico, en la cual el autor llegó a la conclusión: “La planificación del mantenimiento reduce los costos de operación y reparación de los equipos industriales”. Los programas para la lubricación, limpieza y ajustes de los equipos permiten una reducción notable en el consumo de energía y un aumento en la calidad de los productos terminados.

Tener un equipo de trabajo capacitado y con conocimientos básicos sobre lubricación, así como el uso de herramientas para el análisis de lubricantes y la implementación de mantenimientos predictivos, son importantes para ejecutar adecuadamente los programas de lubricación.

Castelló (2018), en su tesis titulada “Caracterización de aceites hidráulicos y líquidos refrigerantes en máquinas de inyección de plástico para el diseño de un plan de mantenimiento predictivo”. Presentada para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Politécnica de Valencia (Valencia, España); como objetivo general “plan de mantenimiento predictivo teniendo como base la identificación de los líquidos refrigerantes y las características de los líquidos hidráulicos”. Esta tesis es aplicada y experimental en la cual llego a la conclusión: Que, teniendo los datos de laboratorio y teniendo el diseño del plan de mantenimiento de acuerdo a los parámetros seleccionados se puede monitorear el estado de las máquinas mediante la tribología”.

Soto (2016), en su tesis titulada “Diseño de un plan de mantenimiento para la flota naviera de la empresa Frasal S.A.” Presentada para optar el título de Ingeniero Civil Industrial en la Universidad Austral de Chile

(Puerto Mont, Chile); tuvo como objetivo general “implementar el plan de mantenimiento que consiste en elaborar el plan usando la herramienta Macros para Excel, para la aplicación y el registro junto con el control de las actividades de mantenimiento realizado en el equipo que son embarcaciones”, la tesis es aplicada y experimental en la cual llego a la conclusión: es necesario detectar la necesidad de capacitación, con la aplicación de un plan elaborado para mantenimiento preventivo, con manuales de servicio junto con la propuesta para la elaboración del plan de mantenimiento, ejecutando los análisis de todas las actividades donde se pueda aplicar el mantenimiento y teniendo en consideración las embarcaciones que están sometidas a largos tramos de servicio y la experiencia de los que trabajan con la flota”.

Tello (2022), en su trabajo de investigación titulada “Plan de Lubricación para Mejorar la Confiabilidad de los Equipos Rotativos del Sistema de Inyección de Agua del Campo CPE-6 bajo la Metodología del TPM”, obtuvieron como resultado el aumento la producción por la disponibilidad operacional de los equipos y al mismo tiempo se incrementó la motivación de los operadores y personal técnico de acuerdo con la satisfacción del trabajo ejecutado.

Rincón (2021), en su trabajo de investigación titulada “Actualización del plan de lubricación del tren tres (3) de laminación, gerdau diaco, planta tuta”, obtuvo como resultado un mejoramiento y modernización automatizada del proceso de lubricación de la planta y el mejor conocimiento del uso y manejo de lubricantes con su personal de planta. Los conocimientos adquiridos con la asignatura Mantenimiento y Montaje, fueron esenciales y de gran importancia para el mejoramiento de procesos del área de lubricación y la creación de sistemas de identificación de lubricantes.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Egoávil (2019), en su tesis titulada “Implementación de un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad de los scoops Caterpillar R1600G en la Compañía Minera Casapalca”. Trabajo de titulación para optar el título profesional de mecánico en la Universidad Nacional Tecnológica del Perú, presenta como objetivo general: Implementar un programa de lubricación para incrementar la disponibilidad de los scoops Caterpillar R1600G de la Compañía Minera Casapalca. Para ello, aplicó el diseño de investigación de tipo no experimental y el método analítico. En ese sentido, el autor llegó a la conclusión que luego de implementar el programa de lubricación en la Cía. Minera Casapalca; se logró incrementar la disponibilidad de los scoops Caterpillar R1600G del 89 % al 94 % en los primeros tres meses de ejecutado el programa. Este trabajo de titulación, permitió conocer la importancia de elaborar un programa de lubricación, además, conocer el análisis del costo – beneficio que se debe presentar a la empresa.

Córdova (2017), en su tesis "Propuesta de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las palas electromecánicas TZ modelo WK-12 en la minera Shougang Hierro Perú S.A.A." tuvo como objetivo: identificar una propuesta de Gestión de Mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad de las palas electromecánicas TZ modelo WK-12 en la minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

Chumpitaz (2019), en su tesis titulada “Aplicación del mantenimiento preventivo para minimizar la contaminación del aceite hidráulico del banco de pruebas de Bosh Rexroth S.A.C. 2019”, trabajo de titulación para optar el título profesional de ingeniero mecánico en la Universidad Cesar Vallejo presenta; como objetivo general “Determinar como la aplicación del mantenimiento preventivo reduce la contaminación del aceite hidráulico en el banco de pruebas de Bosh Rexroth S.A.C.,2019” de tipo cuantitativo

pre experimental en la cual llego a la conclusión: "La aplicación del mantenimiento preventivo, minimiza la contaminación del aceite hidráulico y minimiza el riesgo asociado en el equipo".

Jara (2016), en su tesis titulada "Diseño de un banco de prueba para bombas de pistones axiales con sensor de carga de hasta 140 cc/rev", trabajo de titulación para optar el título profesional de ingeniero mecánico en la Universidad Pontificia Católica del Perú; como objetivo general " Realizar el diseño de un banco de pruebas para bombas de pistones axiales con sensor de carga de hasta 140 cc/rev " de tipo cuantitativo-pre experimental en la cual llego a la conclusión: "Diseñar un banco de pruebas para bombas de pistones axiales de hasta 140 cc/rev, se recomienda un motor de combustión interna de 300KW como sistema motriz y un sistema de transmisión hidrostática.

Hernández (2023), en su tesis titulada "implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad en la flota de equipos trackless de una empresa minera subterránea" trabajo de titulación para optar el título profesional de ingeniero mecánico, obtuvo que la implementación de un plan preventivo un aumento del 19.80% de disponibilidad inicial, esto debido a cualquier mejora implementada siempre produce efectos positivos aunque sea mínimos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mantenimiento preventivo según plazo o calendario

El mantenimiento preventivo según plazo o calendario se lleva a cabo en el momento programado, que se basa en un intervalo de tiempo. La tarea de mantenimiento se efectúa cuando se acerca la fecha prevista y se han creado las órdenes de trabajo correspondientes. (International Business Machines Corporation, 2021).

2.2.2. Mantenimiento predictivo

La finalidad del mantenimiento predictivo es planificar actuaciones correctivas antes de que se produzcan anomalías. Para ello, la plantilla debe evaluar el estado del equipamiento en primer lugar para calcular cuándo convendría hacer el mantenimiento. Después, se programan los trabajos necesarios para prevenir fallos inesperados del equipo (International Business Machines Corporation, 2021).

2.2.3. Plan de lubricación

La revista Lubricar Oline propone una serie de diez pasos específicos para lograr un plan de lubricación exitoso.

Abastecimiento, estandarizar y consolidar:

Mide la eficacia de los lubricantes mediante la revisión y evaluación en todos los aspectos del manejo y uso de los lubricantes. El proyecto se empieza con una auditoría del programa de lubricación. Con el reporte de la auditoría de lubricación se identifican las deficiencias y se adoptan las mejores prácticas que mitiguen y prevengan las fallas del programa de lubricación. El objetivo principal es seleccionar el lubricante adecuado que satisfaga las necesidades de los equipos y maquinarias, el departamento de mantenimiento debe efectuar lo siguiente:

- Producir un manual de lubricación de la corporación u organización (MCL).
- Elaborar procedimientos y estándares de lubricación.

- Reducir fallas relacionadas con lubricantes.
- Usar la menor cantidad de lubricantes correctos y minimizar los desechos.
- Aplicar los lubricantes de la manera correcta en el momento y cantidad adecuada.
- Integrar los objetivos de mantenimiento preventivo y predictivo de la planta en el programa de lubricación (Análisis de aceite, refrigerante, combustible) (Lubricar Online, 2015 pág. 8).

Buenas prácticas y seguridad en un plan de lubricación.

Se inspeccionan los equipos, maquinaria y el almacén de lubricación para detectar y prevenir fugas de aceite. Plan de contingencia con las siguientes acciones:

- Acciones y recomendaciones para mitigar los riesgos contra el medio ambiente y la salud
- Usar formatos y etiquetas de seguridad
- Formatos para identificar la fuga de aceite.
- Buenas prácticas y seguridad Se inspeccionan los equipos, maquinaria y el almacén de lubricación para detectar y prevenir fugas de aceite. (Lubricar Online, 2015 pág. 8).

Almacenamiento, manipulación y disposición de lubricantes

Se debe evaluar quién provee los lubricantes y demás repuestos, cómo se administra y cómo se realiza la disposición final del lubricante. El mantenimiento debe emplear las mejores prácticas para evitar contaminación con agua, polvo, y sol, etc. Implementar estrategias para ahorro de costos. Acciones y recomendaciones:

- Evitar almacenar al aire libre
- Almacenar bajo techo
- Usar formatos y etiquetas que identifiquen los lubricantes y las herramientas empleadas para lubricar. (Lubricar Online, 2015 pág. 8).

Lubricación y Re-lubricación:

Un plan de lubricación para una planta industrial es un documento guía que proporciona las especificaciones del lubricante, el punto correcto de lubricación, la cantidad y frecuencia correcta. Acciones y recomendaciones:

- Auditoria de lubricación y reporte de la auditoria.
- Identificar los equipos, las especificaciones y lubricante requerido.
- Desarrollar un formato en Excel (ACCESS) donde se especifique las tareas de lubricación para cada equipo.
- Desarrollar un formato en Excel donde se lleve un histórico del equipo, el uso de lubricante incorrecto y recomendaciones para corregir los errores de selección.
- Elaborar un manual de procedimientos de estándares de lubricación (SLP, MCL) para cada máquina auditada.(Lubricar Online, 2015 pág. 8).

Control de contaminantes de lubricantes

El primer paso para alcanzar un mantenimiento proactivo de los lubricantes y, por consiguiente, un mantenimiento proactivo es almacenándolos y manipulándolos adecuadamente. Todos los lubricantes deben estar sellados y debe revisarse que el lugar de almacenamiento sea seguro. En la ruta de lubricación se inspeccionan que los empaques y sellos de las máquinas estén correctos y no presenten fugas de lubricación. Por muy leve que sea se debe alertar y programar inspección de mantenimiento. Acciones y recomendaciones:

- Filtros absolutos.
- Eliminación de las fuentes de contaminación.
- Análisis de la contaminación. (Lubricar Online, 2015 pág. 8).

Procedimientos de puertos de toma, toma de muestra y análisis de lubricantes.

El análisis de lubricantes (y demás líquidos) es la estrategia más proactiva para prevenir averías en la maquinaria, y la baja de ingresos por falta de producción. Proporciona al departamento de mantenimiento la información necesaria para para la toma de decisiones.

Procedimientos, directrices y entrenamiento

Presentar el proyecto de lubricación comprometiendo a la alta gerencia de la empresa sobre la suma importancia del proyecto para el mejoramiento continuo y el logro de altos estándares de calidad, que se reflejan en los siguientes aspectos:

- Reducir los costos de mantenimiento.
- Mejorar la productividad de la planta.
- Involucrar al departamento de producción, pues se trata de un programa de mediano y largo plazo.
- Involucrar a los operarios en el mantenimiento. Buscar la excelencia en el mantenimiento implica encontrar las “Mejores Prácticas de Lubricación” MPL, que significa identificar los métodos y procedimientos para mantener la integridad de los lubricantes. (Lubricar Online, 2015 pág. 9).

Metas e indicadores en un plan de lubricación

Cualquier actividad destinada a producir excelencia necesita de una auditoría que evalúe los cumplimientos de las metas mediante la medición de sus indicadores.

Metas

- Identificar todas las necesidades del programa.
- Roles y Responsabilidades.

Indicadores

- Reducir los costos de lubricación.
- Mejorar el cumplimiento de las tareas programadas de lubricación.

- Mejorar la confiabilidad de equipos.
- Mejorar los niveles de limpieza del aceite.
- Efectividad global de la lubricación (Lubricar Online, 2015 pág. 10).

Administración del programa de lubricación

Combina los conocimientos técnicos con un buen plan de comunicaciones para asegurar el éxito del proyecto. Las funciones y responsabilidades deben coincidir con los objetivos del MCL (Manual de lubricación de la corporación) para que sean alcanzados y se puedan medir. (Lubricar Online, 2015 pág. 10).

Mejoramiento continuo en un plan de lubricación

Implementar herramientas de evaluación y configurar una base de datos que permitan la evaluación de los programas de lubricación, y si es necesario efectuar cambios en los objetivos y los límites del Manual Corporativo de Lubricación (MCL). (Lubricar Online, 2015 pág. 11).

2.2.4. Disponibilidad

Mora, indica que la disponibilidad es la probabilidad de que el equipo funcione correctamente en el momento en que sea requerido después del inicio de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables. (Mora Gutiérrez, 2009 pág. 67).

$$DISP = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \% \dots\dots\dots(2.1)$$

– **MTTR: Tiempo medio para la reparación**

Mora, define la mantenibilidad como la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo regrese a su estado de funcionamiento normal después de una falla, a través de la reparación. Se asocia a la facilidad para restaurar a sus condiciones de operación normal el equipo o componente deteriorado. (Mora Gutiérrez, 2009 pág. 104).

$$MTTR = \frac{MTTR_1 + MTTR_2 + MTTR_3 + \dots + MTTR_n}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

n: número de fallas

$MTTR_n$: Tiempo de reparación independiente

– **MTBF: Tiempo medio entre fallas**

Según Mora, menciona que la confiabilidad representada en el MTBF, es la probabilidad de que el equipo funcione correctamente durante el tiempo de operación requerido. (Mora Gutiérrez, 2009 pág. 70)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{n} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.2.5. Valor Actual Neto (VAN)

Según Antonio (2021), el valor actual neto (VAN) es el resultado de la diferencia entre el valor actualizado de una serie de flujos netos de efectivo y la inversión inicial, calculado en el momento presente (fecha focal = cero). Se representa mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = I_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \dots\dots\dots (2.4)$$

F_1 : Ingresos- Egresos

n: Periodos

k: Tipo de interés

VAN > 0 La inversión es rentable

VAN = 0 La inversión es indiferente

VAN < 0 La inversión está descartada

2.2.6. Tasa Interna de Retorno (TIR)

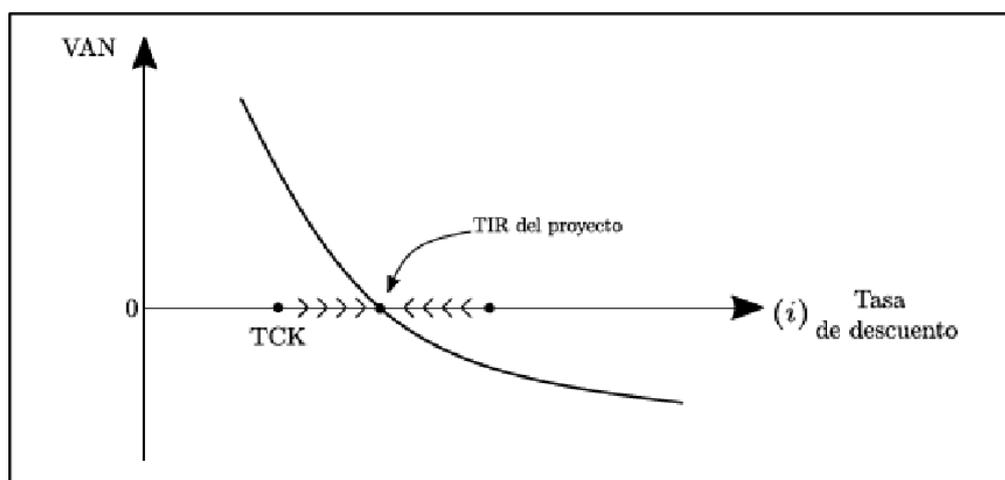
Expresa Antonio (2021), desde una perspectiva matemática, la TIR es la tasa de descuento que posibilita que la suma de la totalidad de los FNE actualizados sea igual al desembolso de la inversión inicial.

En otras palabras, la TIR es la tasa de descuento que posibilita que el VAN = 0. Tiene la siguiente fórmula:

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \dots (2.5)$$

La tasa interna de retorno debe ser comparada con la tasa de costo de capital (TCK) requerido para el proyecto en caso tenga financiamiento de una entidad bancaria, por ejemplo, es así que la $TIR \geq TCK$ para que el proyecto sea aceptado, caso contrario debe ser rechazado.

Figura 2.1: Relación entre el VAN y TIR



Fuente: Técnicas para la evaluación de proyectos de inversión, (Antonio Chumacero, 2021).

2.2.7. Ecuación de Walther

Ecuación logarítmica que nos permite evaluar la variación de la viscosidad en función del incremento de la temperatura para los aceites lubricantes.

$$\text{Log (Log Z) = A+ B. logTK (2.6)}$$

Donde:

Z= Viscosidad (cSt) + cte cte = 0.7

TK =Temperatura en kelvin (K) TK= TC + 273.75

A y B = constantes del aceite

TC = temperatura en grados Celsius (°C)

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Banco de Pruebas de Bombas Oleohidráulicas

Dispositivo que permite simular las condiciones de funcionamiento de una Bomba Hidráulica. Dicha simulación tiene como objetivo verificar y medir el flujo que proporciona una bomba sometida a diferentes valores de presión.

2.3.2. Selección de un aceite lubricante

Proceso donde se toma en cuenta los parámetros fundamentales de todo lubricante como son: de viscosidad, índice de fluidez, estabilidad térmica además de otros parámetros que satisfagan las condiciones de uso en una determinada aplicación.

2.3.3. Cálculo de frecuencia de cambio, reposición de aceite

Tiempo específico en horas de trabaja en la cual se debe cambiar el aceite en un banco de pruebas, esto debido a las pérdidas de sus propiedades fundamentales como lubricante.

2.3.4. Confiabilidad

Mora, define la confiabilidad como la frecuencia con la cual ocurren fallas en el tiempo predeterminado, es decir si no hay fallas en el equipo se garantiza la confiabilidad y operación continua sin detenciones, si sucede lo contrario se evidencia que no es confiable (2009 pág. 95).

2.3.5. Mantenibilidad

Mora, expone que es la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo, puedan regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería a través de una reparación que involucra desarrollar tareas de mantenimiento, a fin de eliminar las causas que generan las fallas (2009 pág. 104).

2.4. Definición de términos básicos

Tribología

Es la ciencia y tecnología que estudia la interacción de las superficies en movimiento relativo, así como los temas y prácticas relacionadas (GGB Bearing, 2019).

Fricción

Es la resistencia al movimiento que existe cuando un material se desplaza tangencialmente con respecto a otro, o cuando se hace el intento de reproducir dicho movimiento (GGB Bearing, 2019).

Fluido hidráulico

Son líquidos que se emplean para transmitir potencia desde las centralitas oleohidráulicas que generan la presión y el caudal, hasta las partes donde se desarrolla el trabajo de las máquinas (Serrano Nicolás, 2002 pág. 45).

Lubricante

Un lubricante es una sustancia sólida, líquida o gaseosa de origen animal, vegetal, mineral y sintético que se interpone entre dos superficies (una de las cuales o ambas se encuentran en movimiento), a fin de disminuir la fricción y el desgaste.

Viscosidad

El índice de viscosidad de un fluido arroja luz sobre la resistencia al deslizamiento que ofrecen las partículas entre sí. Si el aceite se desliza con dificultad se dice que es muy viscoso; si lo hace con cierta facilidad se dice que es muy fluido. En cualquier caso es la característica que más define a un aceite (Serrano Nicolás, 2002 pág. 46).

Bombas oleohidráulica

Elemento fundamental de un sistema oleohidráulico capaz de elevar la presión del fluido hidráulico y enviar el caudal a todos los dispositivos consumidores del sistema. Existen una gran variedad siendo las más conocidas y usadas las de pistones axiales, de engranajes externos y las paletas radiales (Serrano Nicolás, 2002 pág. 77).

Viscosidad cinemática

La viscosidad de los lubricantes industriales, incluidos los fluidos hidráulicos, se mide por su viscosidad cinemática V [mm^2/s] a 40°C . Se expresa típicamente en unidades de milímetros cuadrados por segundo [mm^2/s] o centistokes [cSt] y su clasificación se conoce como ISO VG xx, donde "xx" es la viscosidad media dentro de los límites permitidos para cada grado. Por ejemplo, un hidráulico ISO VG 46 puede tener una viscosidad de entre 41.4 y 50.6 [mm^2/s] a 40°C , teniendo su viscosidad media o estándar un valor de 46.0 [mm^2/s] a 40°C .

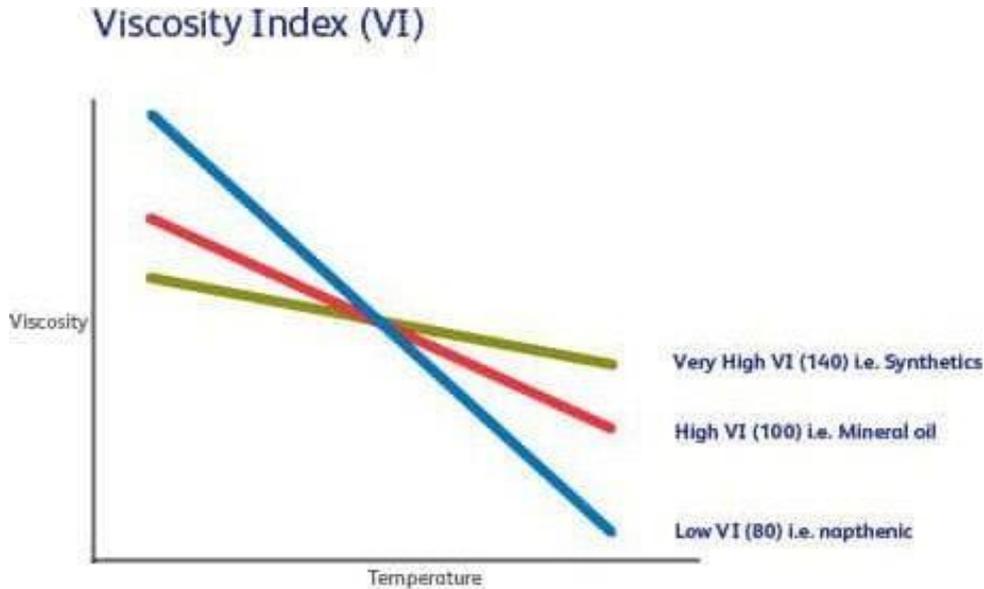
Índice de viscosidad

Es el índice del cambio de viscosidad debido a un cambio de temperatura. Para saber si un lubricante cumple con los requisitos del activo en función del rango de temperatura de funcionamiento.

Diagrama de índice de viscosidad

En el siguiente diagrama, se ve cómo la viscosidad (eje vertical) de dos lubricantes diferentes cambia en relación con la temperatura (eje horizontal). La pendiente del lubricante con un IV alto es más horizontal: la viscosidad permanece más estable en un intervalo de temperatura más amplio. Esto significa que es más deseable un lubricante con un índice de viscosidad más alto, porque proporciona una película lubricante más estable en un intervalo de temperatura más amplio.

Figura 2.2: Índice de viscosidad



Fuente: <https://www.q8oils.com/es/energia/viscosity-index/>

Beneficios de la elección de índice de viscosidad según el tipo de maquina:

Un lubricante puede tener un IV alto por una o más de las siguientes razones:

- No se conoce la viscosidad óptima.
- Existe cargas de velocidades variables.
- Existe temperaturas ambientales variables.
- Para impulsar la eficiencia energética.
- Para aumentar la vida útil del aceite.
- Para aumentar la vida útil de la maquina (menos reparaciones y tiempo de inactividad).

Los lubricantes más baratos y de bajo índice de viscosidad pueden tener sentido si:

- Las velocidades y las cargas son constantes.
- La temperatura es constante (temperatura ambiente constante o se está utilizando un intercambiador de calor).
- La viscosidad óptima a la temperatura de funcionalidad es conocida y se logra de manera constante.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Si se diseña un programa de lubricación mediante dispositivos de monitoreo y control para aceites y con capacitación especializada del personal aumentará significativamente la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas en una empresa de servicios.

3.1.2. Hipótesis específicas

- Si se selecciona un aceite hidráulico óptimo aumentara la disponibilidad de los bancos de prueba para bombas oleohidráulicas.
- Si se selecciona un aceite lubricante óptimo para motor aumentara la disponibilidad de los bancos de prueba para bombas oleohidráulicas.
- Si se selecciona una cartilla de mantenimiento correcta para los bancos de prueba aumentara su disponibilidad.

3.2. Operacionalización de variables

Tabla 3.1: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	ÍNDICADORES	ÍNDICE	MÉTODO y TÉCNICA
Variable 1 Programa de lubricación	Conjunto de prácticas y actividades de mantenimiento enfocadas en la lubricación, el análisis y la contaminación del lubricante. (Egoávil D.2019)	Procedimientos para la selección de un aceite hidráulico evaluando variación de su viscosidad frente a la temperatura.	Selección de aceite hidráulico.	Viscosidad cinemática Temperatura operación	Viscosidad (cSt) Temperatura °C	MÉTODO: Cuantitativo TÉCNICA: Documental y Empírico
		Procedimiento para la selección de aceite para motor diésel evaluando variación de su viscosidad frente a la temperatura.	Selección de aceite para motor.	Viscosidad cinemática Temperatura operación	Viscosidad (cSt) Temperatura °C	
		Proceso de selección de una cartilla de mantenimiento para sistema hidráulico y motor diésel.	Selección de cartilla de mantenimiento	Frecuencia de mantenimiento de	Nro. veces /mes	
Variable 2 Disponibilidad	Intervalo de tiempo durante el cual un equipo se encuentra en condiciones de ser utilizado. (Mora G.2009)	Define el tiempo de funcionamiento del equipo sin interrupciones por fallas.	Confiability	MTBF	Horas	
		Define el tiempo de reparación por mantenimiento preventivo o correctivo del equipo.	Mantenibilidad	MTTR	Horas	

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

El diseño se concreta de acuerdo a la naturaleza del problema a investigar. La naturaleza del problema determinará los métodos, las técnicas, estrategias y los instrumentos para la ejecución de la investigación, que puede ser básica, aplicada, de naturaleza filosófica o humanística.

4.1. Diseño metodológico

4.1.1. Enfoque cuantitativo

Según Valderrama, en su libro “Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta”, un enfoque es cuantitativo cuando se emplea la recolección y análisis de los datos recolectados que permitan contestar la formulación de los problemas de investigación mediante métodos estadísticos de manera objetiva para verificar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas (2013, pág. 204).

En ese sentido, el presente trabajo tiene como fuentes de información la recolección de datos históricos extraídos de la misma fuente, los cuales nos permitieron conocer el estado real de sus deficiencias y procurar su subsanación inmediata mejorando sus indicadores.

4.1.2. Tipo aplicada

Espinoza, en su libro “Metodología de investigación tecnológica Pensando en sistemas” menciona que este tipo de nivel de investigación“, tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad, buscando eficiencia y productividad” (2014, pág. 45).

Por lo expuesto, el presente trabajo está orientado a diseñar un programa de lubricación para solucionar los problemas de calidad aceites y conocimiento de procedimientos de lubricantes para mejorar la disponibilidad de los bancos de prueba.

4.1.3. Nivel explicativo

Espinoza, en su libro “Metodología de investigación tecnológica Pensando en sistemas”, indica que la investigación explicativa tiene como propósito buscar las relaciones de causa y efecto entre las variables del objeto de estudio. En este estudio el investigador no manipula las variables (2014, pág. 46).

En ese sentido, la presente investigación tiene como objetivo aumentar la disponibilidad de los equipos fundamentales, para eso se están realizando acciones concretas y dando recomendaciones específicas respecto de las deficiencias de los objetos de estudio, esto sin llegar a manipular su naturaleza, pero si con el fin de obtener un efecto en el aumento de su disponibilidad.

4.1.4. Diseño no experimental

Valderrama, en su libro “Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta”, indica que en el diseño de un grupo que existe pre prueba y post prueba, lo que indica que existen tres etapas, donde se inicia con administrar una prueba preliminar con la finalidad de medir la variable dependiente, luego la aplicación en nuestra muestra, para que finalmente en la post prueba se medirá nuevamente la variable dependiente (2013, pág. 214).

Por lo descrito, en el presente trabajo de investigación se realizó un diagnóstico del estado de los equipos antes de implementar el programa, luego se implementó y se realizó una post prueba, donde se verificó la mejora de los indicadores de disponibilidad.

4.1.5. Alcance longitudinal

Espinoza, en su libro “Metodología de investigación tecnológica Pensando en sistemas”, sostiene que se toma una muestra del objeto de investigación, la misma que se evalúa en distintos momentos en el tiempo

y por periodos largos para observar sus cambios obteniendo información bastante confiable (2014, pág. 52).

Por lo descrito, el programa de lubricación que planteamos en este trabajo, tiene connotación relevante a través del tiempo en su sustentabilidad. Desde su concepción como un proyecto, su aplicación y duración permanente como parte fundamental en el desarrollo de la empresa.

4.2. Método de investigación

4.2.1. Método analítico

Valderrama, en su libro "Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta", indica que consiste en la descomposición de un todo en sus partes, a fin de que se pueda observar las relaciones y efectos, donde es necesario conocer el fenómeno un objeto de estudio para comprender la esencia (2013, pág. 220).

En base a lo anterior, primero se identificó las posibles causas de los problemas en cuanto a deficiencias en el proceso de trabajo en el taller de la empresa, luego se identificó los componentes críticos, se analizó en sus partes individuales, para posteriormente aplicar las medidas planteadas en el programa de lubricación y finalmente evaluar la disponibilidad de los bancos como resultado final.

4.2.2. Método sintético

Menciona Valderrama, en su libro "Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta", menciona que se tiende a reconstruir un todo en partes de los elementos para el análisis (2013, pág. 222).

Por lo mencionado, el presente trabajo de investigación permitirá la repotenciación de los equipos seleccionados como fundamentales mejorando su condición de confiabilidad y disponibilidad.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. Las poblaciones deben delimitarse de manera clara y concreta por sus características de contenido, lugar y tiempo basados en el objetivo de la investigación y el planteamiento del problema a resolver (Hernández Sampieri, y otros, 2018 pág. 198).

En ese sentido, el presente trabajo de investigación se identifica como población a dos bancos de prueba.

4.3.2. Muestra

Una muestra es un subgrupo de la población o universo que interesa, sobre la cual se recolectarán los datos pertinentes, y deberá ser representativa de dicha población (Hernández Sampieri, y otros, 2018 pág. 196).

En el presente trabajo de investigación la muestra será la misma población, esto por tratarse de una población pequeña.

4.4. Lugar de estudio

En presente proyecto se llevó a cabo en las instalaciones del taller de una empresa que brinda servicios de reparación y mantenimiento de bombas oleohidráulicas, situada en el distrito de La Victoria, Lima-Perú.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1. Técnicas de recolección de datos

Menciona Espinoza, en su libro “Metodología de investigación tecnológica Pensando en sistemas”, que las técnicas de recolección de datos organizan la investigación para obtener el nuevo conocimiento y existen dos tipos: técnica documental y empírica, donde la técnica documental está formada por documentos de diferente tipo como revistas, manuales, documento de instituciones, etc. y la técnica empírica permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio, el cual consiste en obtener datos próximos a cómo está funcionando el objeto de investigación en el presente (2014, pág. 234).

Por lo expuesto, se evidenció que la técnica de recolección de datos para la presente investigación son los dos tipos, documental y empírica, ya que se tomó datos de los manuales de los fabricantes, recomendaciones de empresas, instituciones y de expertos en la materia, así mismo para la otra fuente se ha tomado información de historiales de fallas de los bancos de prueba y órdenes de trabajo.

4.5.2. Instrumentos para la recolección de datos

Según Hernández, y otros, en su libro “Metodología de la investigación: ruta cuantitativa, cualitativa y mixta”, menciona que un instrumento de medición es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente (2018 pág. 250).

Por lo expuesto, en el presente trabajo, los instrumentos para la técnica empírica son los registros de mantenimiento elaboradas por la propia empresa de manera general en el formato Excel, donde se registraron las ordenes de trabajo por cada reparación correctiva realiza, los registros de actividades diarias de los técnicos (TAREO) y además para la técnica documental los instrumentos son los manuales de operación y

mantenimiento del fabricante de los equipos de las marcas Sauer Sundstrand y Rexroth para la parte hidráulica, para la parte del motor de combustión es de la marca John Deere respectivamente.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

A continuación, se presenta gráficamente un resumen y desarrollo de las cuatro etapas establecidas para desarrollo del programa de lubricación que planteamos como hipótesis en el presente trabajo.

Figura 4.1: Relación entre las cuatro etapas



Diagnóstico de línea base

- Revisión de fichas de evaluación y registro de datos de mantenimiento de los bancos de prueba.
- Tipo de mantenimientos actual aplicados en los bancos de prueba
- Identificación de las fallas críticas en los bancos, para ello se revisarán el historial de cada banco en los últimos dos años.
- Análisis FODA del programa de lubricación.
- Evaluación de confiabilidad Pre. Programa de lubricación.
- Presentación del proyecto a gerencia.

Diseño del programa

- Capacitación integral de todo el personal y áreas conexas.
- Recepción y almacenamiento de lubricantes.
- Manejo y aplicación de lubricantes.
- Uso y manejo de herramientas de lubricación.
- Disposición de lubricantes y otros desechos.

Implementación del programa

- Adecuación de máquinas para aplicación de programa.
- Instalación de elementos de control y seguimiento.
- Selección e instalación de nuevos lubricantes.
- Implementación de área de almacén de lubricantes.
- Implementación de cartillas de mantenimiento sistema hidrostático.
- Implementación de catilla de mantenimiento motor diésel.

Evaluación continua de resultados

- Control de cumplimientos de actividades de lubricación.
- Control de contaminación.
- Control de cartillas de mantenimiento sistema Hidrostático y motor diésel.
- Análisis de aceite.
- Cálculo de nueva disponibilidad de bancos.

4.6.1. Diagnóstico de línea base

Revisión de fichas de evaluación y registro de datos de mantenimiento de los bancos de prueba.

En la empresa de servicios, no se tiene una ficha de evaluación acorde a las necesidades de las fallas frecuentes y críticas de los bancos de pruebas; tampoco se tiene un registro o base de datos detallado de los mantenimientos preventivos y correctivos de los bancos de prueba; esto demuestra que el mantenimiento aplicado en los bancos de prueba es de forma muy básica y basados más en los mantenimientos correctivos en los cuales provoca una baja disponibilidad de los bancos de prueba. Tener una base de datos basados en la problemática real de los bancos de prueba, nos da, la oportunidad de poder aplicar un mantenimiento preventivo más eficiente acorde a lo que necesita los bancos de prueba y con esto poder aumentar su disponibilidad.

Figura 4.2 Frecuencia de mantenimiento de los bancos



CARACTERISTICAS	MAQUINA A				MAQUINA B			
Periodo considerado	30	Días			30	Días		
(TO) Tiempo de Operación	27	Días	MTBF	27	30	Días	MTBF	1.0
(NF) Numero de fallas	1				30			
(HF) Horas perdidas por fallas	72	Horas	MTTR	72	0.0083	Horas	MTTR	0.00028
(D) Disponibilidad	90%				100%			
(R) Confiabilidad	37%				0%			

Fuente: Página web <https://www.alphamanufacturas.com/confiabilidad-versus-disponibilidad/>

Tipo de mantenimientos actual aplicados en los bancos de prueba

Mantenimiento preventivo.

Según los registros de órdenes de trabajo, consultadas al planner de mantenimiento del taller y los años de experiencia que tenemos en la empresa de servicios; se aplica un mantenimiento preventivo muy básico, basado en la reposición y cambio de aceites en periodos determinados. No se tiene una cartilla de mantenimiento completo.

Tabla 4.1 Cantidad actual de aceites por mes

TIPO ACEITE	CANTIDAD/ MES	REPOSICION /MES
MOTOR DIESEL	5 GAL /16 meses	1,5 GALON /MES
SISTEMA HIDROSTATICO	63 GAL /3-3,5 mes	0,5 GALON /MES

Mantenimiento correctivo.

Se ha encontrado que el procedimiento de lubricación se lleva a cabo de manera empírica, es decir, guiado por la experiencia y la observación de la condición de los componentes y los lubricantes. Se describe a continuación los procedimientos que se encontraron.

- Engrase de partes móviles; rodamientos, cojinetes, cadena de transmisión, etc. Cada reparación correctiva.
- Cambio de aceite de sistema hidráulico; cuando visualmente se observa cambio de color a Marrón oscuro.
- Cambio de filtros hidráulicos; succión y de retorno es cada reparación correctiva, obstrucción o rotura de los mismos.
- Cambio de aceite de motor; cada reparación por daño grave.
- Limpieza del sistema hidráulico, cada cambio de aceite y se realiza con elementos comunes, como los son trapos, esponjas y secado con soplete de aire comprimido.

Figura 4.3. Procedimiento actual de limpieza de tanque de aceite



Identificación de las fallas críticas en los bancos.

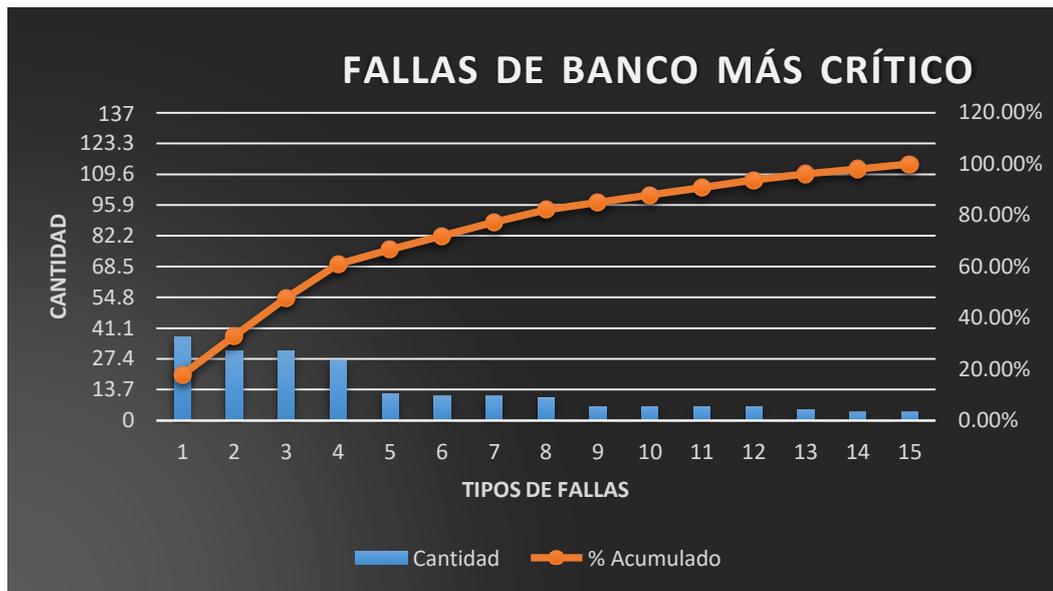
Para ello se revisaron el historial de cada banco en los últimos dos años (2022-2023). De los cuales, se tomaron en cuenta las 15 fallas más frecuentes reportadas durante el periodo de análisis para el banco de pruebas más crítico.

Tabla 4.2: Fallas más frecuentes

Falla	Tipos de Fallas	Cantidad	%	Acumulado	% Acumulado
1	Falla del multitestador digital	37	17.87%	37	17.87%
2	Falla de la bomba hidrostática	31	14.98%	68	32.85%
3	Falla del motor hidrostático	31	14.98%	99	47.83%
4	Fallas en el sistema de lubricación	27	13.04%	126	60.87%
5	Fallas en los manómetros analógicos	12	5.80%	138	66.67%
6	Fallas en el eje de acoplamiento	11	5.31%	149	71.98%
7	Fallas en el sistema eléctrico	11	5.31%	160	77.29%
8	Fallas en el sistema de refrigeración	10	4.83%	170	82.13%
9	Fallas en los rodamientos del eje de acoplamiento	6	2.90%	176	85.02%
10	Fallas de las llaves del tanque de aceite	6	2.90%	182	87.92%
11	Fallas en el sistema de combustible	6	2.90%	188	90.82%
12	Fallas en el sistema de compresión	6	2.90%	194	93.72%
13	Fallas en el sistema de encendido	5	2.42%	199	96.14%
14	Fallas en las mangueras del banco	4	1.93%	203	98.07%
15	Fallas en parte estructural	4	1.93%	207	100.00%
Total		207	100%		

Lo cual también lo podemos visualizar más claramente en un diagrama de Pareto, el cual nos muestra que la mayor parte de fallas se dan en torno a los lubricantes o actividades de lubricación.

Figura 4.4: Gráfica de fallas más frecuentes



Análisis FODA del programa de lubricación.

Luego de haber conocido las fallas más frecuentes que se presentan en el banco de pruebas sujeto al análisis de éste trabajo, se hizo uso de una herramienta (FODA) muy efectiva para esclarecer la situación actual de los bancos de prueba y también proponer las primeras alternativas de solución. Éste análisis nos ayudó a tomar buenas decisiones en el diseño del programa de lubricación específicos para nuestro problema.

Evaluación de confiabilidad Pre. Programa de lubricación.

Debido a la poca información y de baja calidad para realizar una buena evaluación de la confiabilidad, se tiene como referencia una disponibilidad del 77.2% en promedio para el banco de pruebas que presenta mayor cantidad de fallas (crítico). Para el otro banco de iguales características se obtuvo una disponibilidad del 82% en promedio. Como podemos ver ambos valores son muy bajas considerando un 90% a más como una disponibilidad aceptable para cualquier máquina.

4.6.2. Diseño del programa

El diseño que se realiza en el presente trabajo es específico para el problema planteado, ya que presenta sus propias problemáticas, esto debido a que los elementos de análisis son de construcción propia desarrolla por la propia empresa. Es así que, nos enfocamos principalmente en solucionar problemas encontrados en la etapa anterior.

Capacitación integral de todo el personal y áreas conexas.

Capacitación integral sobre lubricantes al personal del taller y también se debe invitar a otras áreas para su participación. Se recomienda que se realice a lo largo del desarrollo de todo el proyecto, ya que luego de realizados las implementaciones éstas necesitan continuidad.

Figura 4.5: Formato ficha para capacitación

FICHA DE CAPACITACIÓN				Fecha:
Tema:				
Lugar de reunión:		Hora Inicio	Hora Término	
Áreas participantes:				
Emp. a cargo de capacitación:		Ruc:		
Expositor:				
Representante(s) Empresa		Cargo	Firma	
1.-				
2.-				
REGISTRO DE PARTICIPANTES				
Nro.	Nombre	DNI	Área trabajo	Firma
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Recepción y almacenamiento de lubricantes

La empresa internacional Olipes de origen español, altamente especialista en lubricantes para el sector industrial propone una serie de recomendaciones para el almacenamiento correcto de aceites lubricantes y grasas, así como las condiciones adecuadas.

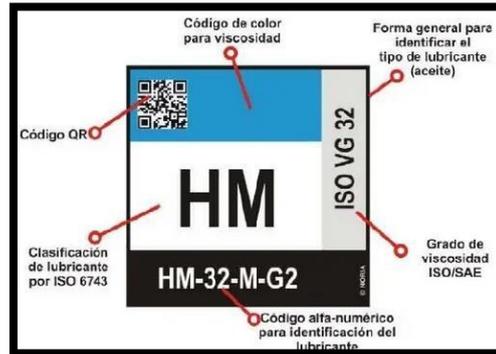
- Almacenar los aceites lubricantes y grasas en una zona de interior seca y fresca, donde la cantidad de partículas en el aire sea mínima. El almacenamiento en el interior también evita el deterioro del recipiente, por la exposición a las condiciones ambientales. El rango ideal de temperatura de almacenamiento es de 0°C a +25°C (32 °F a 77 °F).
- Si los bidones están almacenados en el exterior, utilice cobertores de plástico o coloque los bidones de aceite con las bocas alejadas del agua y la contaminación. Almacene siempre las grasas en posición vertical para evitar la separación del aceite.
- Cuando sea necesario, aclimate la grasa a la temperatura adecuada de uso antes de comenzar a utilizarla.
- Rote el inventario. Compruebe la fecha de llenado del recipiente y utilice primero el recipiente más antiguo.
- Mantenga los recipientes bien cerrados o cubiertos para evitar la contaminación.
- Limpie las tapas y los bordes de los recipientes antes de abrirlos para evitar la contaminación (Olipes, 2023).

Adicionalmente se propone un nuevo y práctico métodos de identificación de lubricantes desarrollado por la empresa Noria Latín América con la participación de su equipo técnico en el año 2006. Ésta nueva y simplificada forma de identificación llamada sistema de identificación de lubricantes (LIS) combina el esquema de codificación de letras de la norma ISO 6743 con colores, formas y caracteres alfanuméricos de una manera sistemática para que el usuario final pueda identificar fácilmente sus aceites y grasas lubricantes de acuerdo con el tipo, viscosidad y características especiales de desempeño. Usando este método, los usuarios de lubricantes mejoran un manejo eficiente más un menor

riesgo de introducir un lubricante equivocado a la máquina o contaminación accidental de lubricantes (Noria Corporation México, 2023).

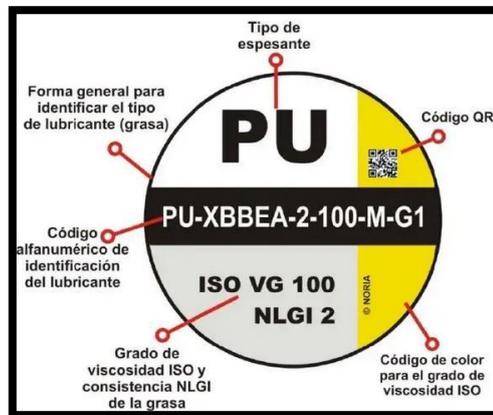
Se recomienda utilizar los siguientes ejemplos de etiqueta para la identificación de aceites y grasas en el taller de servicios.

Figura 4.6: Forma de etiqueta LIS para aceite



Fuente: Noria Latín América

Figura 4.7: Forma de etiqueta LIS para grasas



Fuente: Noria Latín América

Manejo y aplicación de lubricantes

Para el manejo de los lubricantes se recomienda utilizar las herramientas adecuadas que eviten la contaminación, derramamientos, afectación al cuerpo de los técnicos, etc. Siendo la primera herramienta un carro de filtración típico el cual ofrece gran versatilidad y movilidad para transvasar el aceite nuevo directo a los tanques, además que se estará realizando una limpieza previa del aceite, adicionalmente ofrece un flujo de constante evitando la aireación del fluido.

Figura 4.8: Carro de filtración simple



Fuente: Página web de Noria Latín América

4.6.3. Implementación

Se plantea realizar las siguientes acciones:

Adecuación de los bancos para aplicación de programa.

En primer lugar, los bancos deben contar con un depósito bien diseñado para la función que realizan, para los cuales se recomienda realizar las siguientes implementaciones adicionales de acuerdo a las condiciones actuales encontradas, como son:

- Instalación una placa de limpieza en ambos extremos.
- Válvula de alivio de vacío
- Tapa con cierre hermético mediante junta.
- Respirador de aire y agujero de llenado.
- Válvula para toma de muestras de aceite.

Para las partes móviles que son las cadenas de transmisión, se deben ponerle un punto de engrase superior y una guarda de protección. Así mismo para los rodamientos de soporte para los ejes de transmisión ponerles su respectivo punto engrasador.

Instalación de elementos de control y seguimiento.

Con el fin de llevar a cabo la recolección de información necesaria y de calidad para el correcto desarrollo del programa de lubricación que se plantea en éste trabajo, se recomienda realizar la implementación de los siguientes elementos de monitoreo y control:

- Indicador de temperatura.
- Hodómetro.
- Manómetros digitales.
- Indicador de temperatura.

Selección de aceite de motor de combustión de banco de prueba.

En esta parte del proyecto, vamos a analizar la variación de la viscosidad cinemática como propiedad fundamental de los aceites en función del aumento de temperatura. Se tomará como variable independiente la temperatura y variable dependiente la viscosidad. Para ello vamos a utilizar la ecuación como referencia la ecuación de Walther (ASTM D341) como herramienta de análisis. Se va realizar un análisis del aceite actual y de dos aceites propuestos.

Aceite actual del motor diésel: Mobil Delvac 25W-50

Mobil Delvac™ 25W-50 es un aceite para motores diésel de alto desempeño y alta viscosidad que proporciona una comprobada protección en motores diésel que operan en aplicaciones de servicio severo. Móbil Delvac 25W-50 es recomendado para utilizarse en una amplia gama de aplicaciones de servicio pesado y en los ambientes operativos que se encuentran en las industrias de acarreo en camiones minero, de la construcción, de explotación de canteras y agrícola.

Figura 4.9: Aceite Mobil Delvac TM 25W-50



Fuente: Página web <https://mobilenperu.pe/vehiculospesados/mobil-delvac-25w-50/>

Tabla 4.3: Propiedades del aceite para motor Mobil Delvac TM 25W-50

PROPIEDADES	
Grado	SAE 25W-50
Punto de inflamación, copa abierta Cleveland, °C, ASTM D92	237
viscosidad cinemática a 100 °C, mm ² /s , ASTM D445	20.5
viscosidad cinemática a 40 °C, mm ² /s , ASTM D445	213

Fuente: Página web <https://mobilenperu.pe/vehiculospesados/mobil-delvac-25w-50/>

– **Hallamos la ecuación característica del aceite.**

Para T=40°C $V_{40^{\circ}\text{C}}=213\text{cSt}$

Para T=100°C $V_{100^{\circ}\text{C}}=20.5\text{cSt}$

Reemplazando dichos valores en la ecuación (2.6).

$$\text{Log} (\text{Log } Z) = A+ B. \text{logTK}$$

$$\text{Dónde: } Z= V_{\text{cSt}} + 0.7 \text{ y } \text{TK}= \text{TC}+273.75$$

Luego obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$0.3671 = A + 2.495B$$

$$0.12254 = A + 2.571B$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos las constantes B= 3.21 y

A= 8.3

Finalmente obtenemos la ecuación característica:

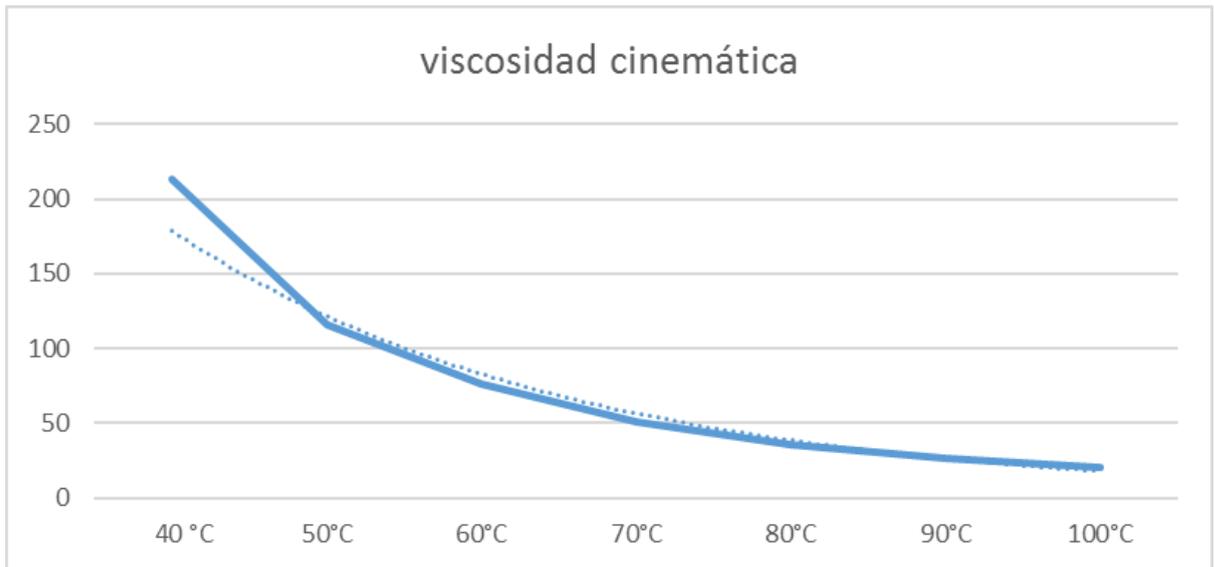
$$\text{Log} (\text{Log} (V+ 0.7)) = 8.37+ 3.21\text{log} (T + 273.15)$$

Luego tabulamos para diferentes temperaturas y obtenemos los siguientes resultados de viscosidad cinemática.

Tabla 4.4: Viscosidad cinemática vs temperatura Mobil Delvac TM 25W-50

Temperatura	40 °C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
viscosidad cinemática	213	115.98	75.8	50.35	35.64	26.265	20.5

Figura 4.10: Curva de Viscosidad cinemática vs temperatura Delvac



Evaluación de variación de viscosidad con respecto a incremento de temperatura desde 40°C hasta 100°C.

Figura 4.11: Variación porcentual de viscosidad cinemática vs temperatura de aceite Mobil Delvac TM 25W-50

Marca	MOBIL DELVAC SAE 25W50						
Temperatura	40 °C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
viscosidad cinemática	213	115.98	75.8	50.35	35.64	26.265	20.5
variación porcentual %	45.50%	34.60%	33.50%	29.20%	26.30%	21.90%	
variación porcentual total %	90.37%						

El aceite hidráulico Mobil Delvac TM 25W-50 tiene una variación porcentual de 90.37%, por lo cual su viscosidad disminuye de forma más acelerada donde podemos corroborar en su índice de viscosidad.

Aceite propuesto 1: JOHN DEERE PLUS 50 II

John Deere Plus-50 II es un lubricante recomendado para motores diésel John Deere con la aspiración natural, turboalimentados o superalimentados equipados con el filtro de partículas (DPF), el catalizador diésel de oxidación (DOC) y el sistema de recirculación de gases de escape (EGR). Este nuevo y único lubricante ha sido especialmente desarrollado para los motores iT4 de John Deere.

Figura 4.12: Aceite John Deere Plus-50 II



Fuente: Página web https://www.deere.com.ar/es/static_html/plus-50ii/

Tabla 4.5: Propiedades aceite motor John Deere Plus-50 II

PROPIEDADES	
Grado	15W40
Punto de inflamación, copa abierta Cleveland ,°C, ASTM D92	225
viscosidad cinemática @ 100°C, mm ² /s , ASTM D445	15.6
viscosidad cinemática @ 40°C, mm ² /s , ASTM D445	128

Fuente: Página web https://www.deere.com.ar/es/static_html/plus-50ii/

– **Hallamos la ecuación característica del aceite.**

Para T=40°C $V_{40^{\circ}\text{C}}=128\text{cSt}$

Para T=100°C $V_{100^{\circ}\text{C}}=15.6\text{cSt}$

Reemplazando dichos valores en la ecuación (2.6).

$$\text{Log} (\text{Log } Z) = A+ B. \text{logTK}$$

$$\text{Dónde: } Z= V_{\text{cSt}} + 0.7 \text{ y } \text{TK}= \text{TC}+273.75$$

Luego obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$0.324 = A + 2.495B$$

$$0.0827= A + 2.571B$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos las constantes B= 3.141
y A= 8.16

Finalmente obtenemos la ecuación característica:

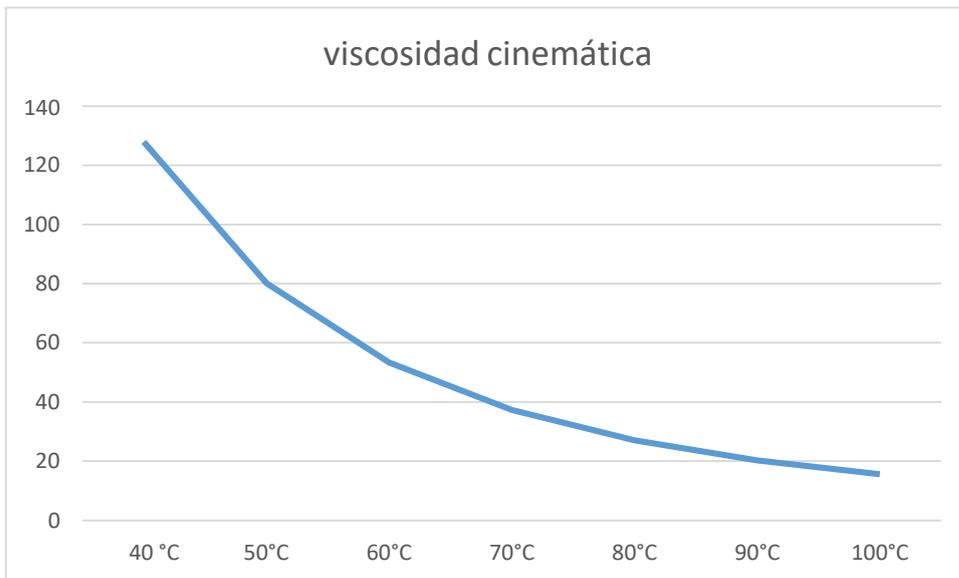
$$\text{Log} (\text{Log} (V+ 0.7)) = 8.16+ 3.141\text{log} (T + 273.15)$$

Luego tabulamos para diferentes temperaturas y obtenemos los siguientes resultados de viscosidad cinemática.

Tabla 4.6: Viscosidad cinemática vs temperatura John Deere Plus-50 II

Temperatura	40 °C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
viscosidad cinemática	128	80.12	53.43	37.29	27.06	20.30	15.6

Figura 4.13: Curva de Viscosidad cinemática vs temperatura Plus-50



Evaluación de variación de viscosidad con respecto a incremento de temperatura desde 40°C hasta 100°C.

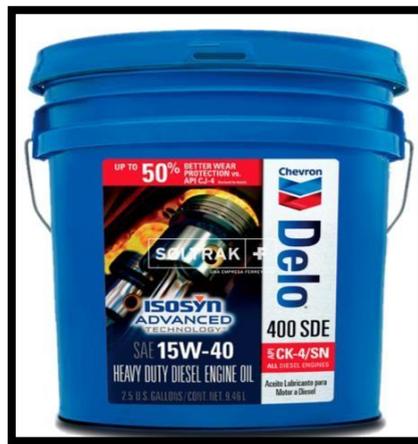
Figura 4.14: variación porcentual de Viscosidad cinemática vs temperatura de aceite John Deere Plus-50 II

Marca	JOHN DEERE PLUS 50 II						
Temperatura	40 °C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
viscosidad cinemática	128	80.12	53.43	37.29	27.06	20.3	15.6
variacion porcentual %	37.40%	33.33%	30.20%	27.40%	24.98%	23.10%	
variacion porcentual total %	87.81%						

El aceite John Deere tiene una variación porcentual 87.81%, el cual es intermedio entre las otras dos marcas por lo tanto su viscosidad disminuye mayor al aceite Chevron donde podemos corroborar en su índice de viscosidad.

Aceite propuesto 2. Delo 400 SDE SAE 15W-40 con tecnología avanzada ISOSYN, es un aceite de motor de alta resistencia API CK-4 específicamente formulado para motores diésel compatibles con gases de efecto invernadero 2017 (GHG 17) diseñados para satisfacer las emisiones de CO2 más bajas y la mejora de la economía de combustible, además de motores diésel de emisión baja conforme a la EPA 2010 con sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR), filtro de partículas diésel (DPF) y recirculación de gases de escape (EGR). Es totalmente compatible con modelos de motor anteriores y categorías anteriores de servicio de aceite API.

Figura 4.15: Delo 400 SDE SAE 15W-40



Fuente: Página web https://latinamerica.chevronlubricants.com/es_mx/

Tabla 4.7: Propiedades aceite motor Delo 400 SDE SAE 15W-40

PROPIEDADES	
Grados	15W40
Punto de inflamación, copa abierta Cleveland, °C, ASTM D92	230
viscosidad cinemática @ 100°C, mm ² /s, ASTM D445	14.7
viscosidad cinemática @ 40°C, mm ² /s, ASTM D445	112

Fuente: Página web https://latinamerica.chevronlubricants.com/es_mx/

– **Hallamos la ecuación característica del aceite.**

Para T=40°C $V_{40^{\circ}\text{C}}=112\text{cSt}$

Para T=100°C $V_{100^{\circ}\text{C}}=15.6\text{cSt}$

Reemplazando dichos valores en la ecuación (2.6).

$$\text{Log}(\text{Log } Z) = A + B \cdot \text{logTK}$$

Dónde: $Z = V_{cSt} + 0.7$ y $TK = TC + 273.75$

Luego obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$0.31175 = A + 2.495B$$

$$0.07463 = A + 2.571B$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos las constantes $B = 2.891$ y $A = 7.510$

Finalmente obtenemos la ecuación característica:

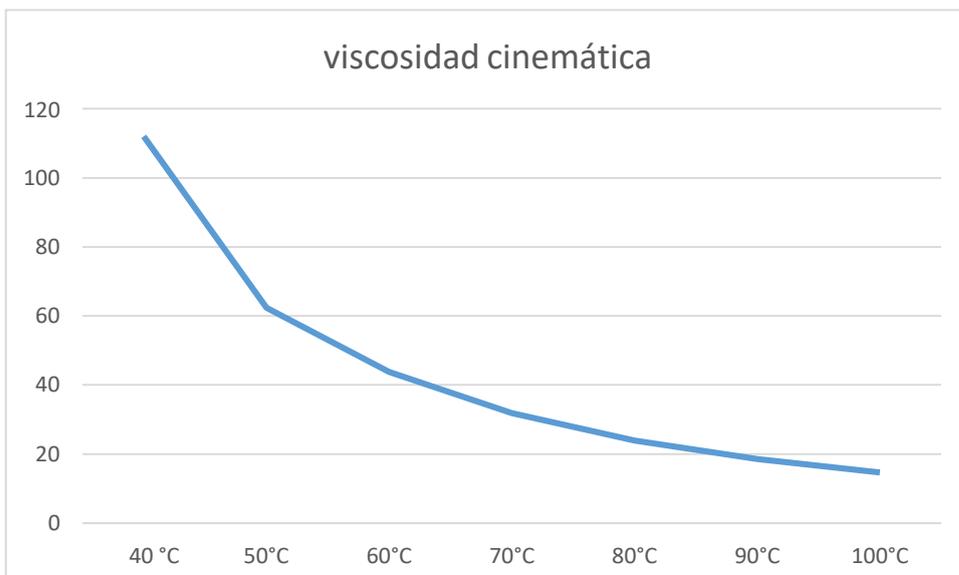
$$\text{Log}(\text{Log}(V + 0.7)) = 7.510 + 2.891 \log(T + 273.15)$$

Luego tabulamos para diferentes temperaturas y obtenemos los siguientes resultados de viscosidad cinemática.

Tabla 4.8: Viscosidad cinemática vs temperatura Delo 400 SDE SAE 15W40

Temperatura	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
viscosidad cinemática	112	62.41	43.79	31.9	23.94	18.5	14.7

Figura 4.16: Curva de Viscosidad cinemática vs temperatura Delo



Evaluación de variación de viscosidad con respecto a incremento de temperatura desde 40°C hasta 100°C.

Figura 4.17: Variación porcentual de viscosidad cinemática vs temperatura de aceite Delo 400 SDE SAE 15W40.

Marca	CHEVRON DELO 400 SAE 15W40						
Temperatura	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
viscosidad cinemática	112	62.41	43.79	31.9	23.948	18.5	14.7
variación porcentual %	44.20%	29.80%	27.10%	24.90%	22.70%	20.50%	
variación porcentual total %	86.80%						

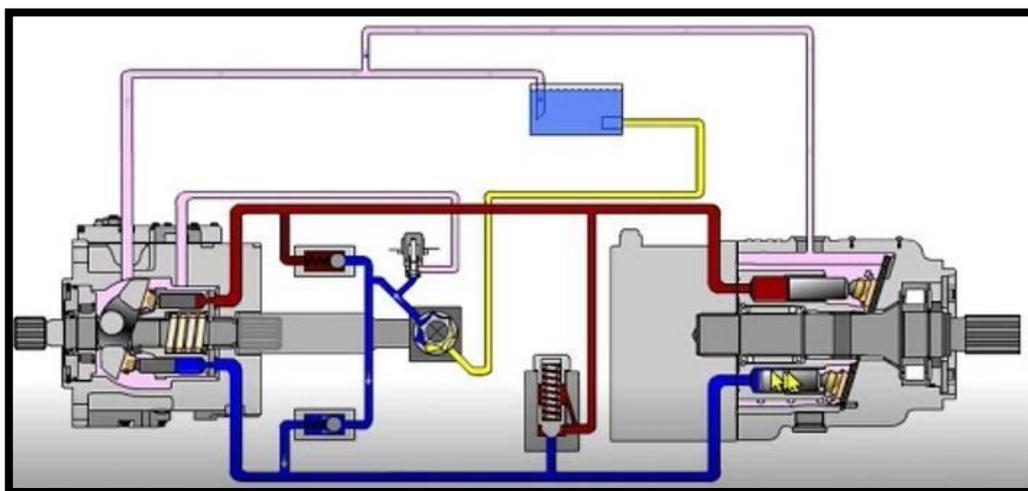
El aceite Delo 400 SDE SAE 15W-40 tiene una variación porcentual total de 86.80%, menor las otras dos marcas, por lo tanto, su viscosidad disminuye de forma más lenta con respecto a los otros aceites.

Selección de aceite para el sistema hidráulico del banco de pruebas

En esta oportunidad vamos a considerar también el factor viscosidad para la selección del aceite hidráulico.

Como sabemos el sistema hidrostático del banco de prueba que consiste en motor y bomba hidráulica comparte el mismo aceite hidráulico, donde se tiene un tanque de capacidad aproximado 70 galones aproximadamente, un barril y medio.

Figura 4.18: Sistema hidrostático: bomba – motor.



Fuente: Página Metaris

http://www.metaris.com/pdfs/HG_Sundstrand_20Series_Catalog_2013_web.pdf

Aceite hidráulico actual: Akron hydraulic

Lubricantes elaborados con aceites básicos vírgenes de muy alta calidad, combinados con un paquete de aditivos estrictamente seleccionados que les proporcionan propiedades anticorrosivas, anti desgaste, anti herrumbre, demulsificantes y antiespumantes.

Figura.4.19: aceite Akron hydraulic



Fuente: Página web <https://www.akronlubricantes.com>

Tabla 4.9: Propiedades del aceite Akron hydraulic

Aceite Akron hydraulic	
Propiedades	
Grado ISO	68
Temperatura de inflamación, °C	235
Viscosidad cinemática a 40 °C, cSt	68
Viscosidad cinemática a 100 °C, cSt	8.6

Fuente: Página web <https://www.akronlubricantes.com>

– **Hallamos la ecuación característica del aceite.**

Para $T=40^{\circ}\text{C}$ $V_{40^{\circ}\text{C}}=68\text{cSt}$

Para $T=100^{\circ}\text{C}$ $V_{100^{\circ}\text{C}}=8.6\text{cSt}$

Reemplazando dichos valores en la ecuación (2.6).

$$\text{Log}(\text{Log } Z) = A + B \cdot \text{logTK}$$

$$\text{Dónde: } Z = V_{\text{cSt}} + 0.7 \text{ y } \text{TK} = \text{TC} + 273.75$$

Luego obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$0.264 = A + 2.49B$$

$$-0.013945 = A - 2.5718B$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos las constantes $B = 3.62$ y

$$A = 9.2959$$

Finalmente obtenemos la ecuación característica:

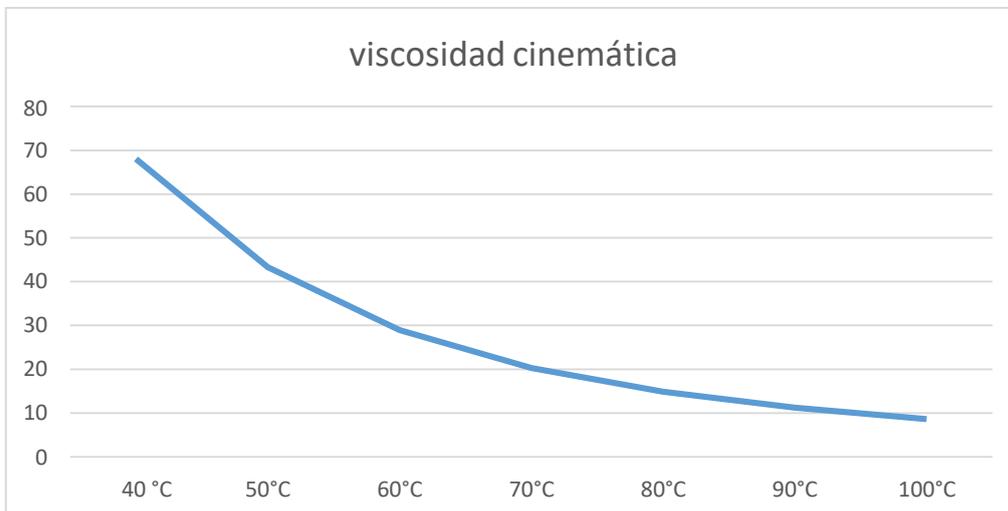
$$\text{Log}(\text{Log}(V + 0.7)) = 9.2959 + 3.62 \log(T + 273.15)$$

Luego tabulamos para diferentes temperaturas y obtenemos los siguientes resultados de viscosidad cinemática.

Tabla 4.10: Viscosidad cinemática vs temperatura aceite Akron Hydraulic

Temperatura	40 °C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
viscosidad cinemática	68	68	28.97	20.33	20.33	11.258	8.6

Figura.4.20: Curva de viscosidad cinemática vs temperatura Akron



Evaluación de variación de viscosidad con respecto a incremento de temperatura desde 40°C hasta 100°C.

Figura 4.21: Variación porcentual de viscosidad cinemática vs temperatura de aceite Akron hydraulic.

Marca	Aceite Akron hidráulic						
Temperatura	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
viscosidad cinemática	68	43.34	28.97	20.33	14.87	11.258	8.6
variación porcentual %	36.26%	33.15%	29.82%	26.85%	24.20%	21.80%	
variación porcentual total %	87.35%						

El aceite Akron Hydraulic tiene una variación porcentual alta 87.35%, por lo tanto, su viscosidad disminuye de forma mayor con respecto a los otros aceites.

Aceite hidráulico propuesto 1: Aceite hidráulico Hydrau Premium John Deere
Formulación exclusiva de John Deere con un rendimiento adecuado y equilibrado en una amplia gama de propiedades de fluido, aportando características únicas. Rendimiento superior que va más allá de las especificaciones de J20C ordinarias.

Figura 4.22: Aceite hidráulico Hydrau Premium John Deere.



Fuente: Página web <https://greenfarmparts.com/shop/john-deere-hydraulic-oil-ty27367/>

Tabla 4.11: Propiedades aceite Hydrau Premium John Deere

Hydrau Premium John Deere	
Propiedades	
Grado ISO	68
Temperatura de inflamación, °C	227
Viscosidad cinemática a 40 °C, cSt	67.5
Viscosidad cinemática a 100 °C, cSt	11.9

Fuente: Página web <https://www.deere.com/latin-america/es>

– **Hallamos la ecuación característica del aceite.**

Para T=40°C $V_{40^{\circ}\text{C}}=67.5\text{cSt}$

Para T=100°C $V_{100^{\circ}\text{C}}=11.9\text{cSt}$

Reemplazando dichos valores en la ecuación (2.6).

$$\text{Log (Log Z)} = A + B \cdot \text{logTK}$$

$$\text{Dónde: } Z = V_{\text{cSt}} + 0.7 \text{ y } \text{TK} = \text{TC} + 273.75$$

Luego obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$0.264 = A + 2.49B$$

$$0.041538 = A + 2.5718B$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos las constantes B= 2.88 y

A= 7.4684

Finalmente obtenemos la ecuación característica:

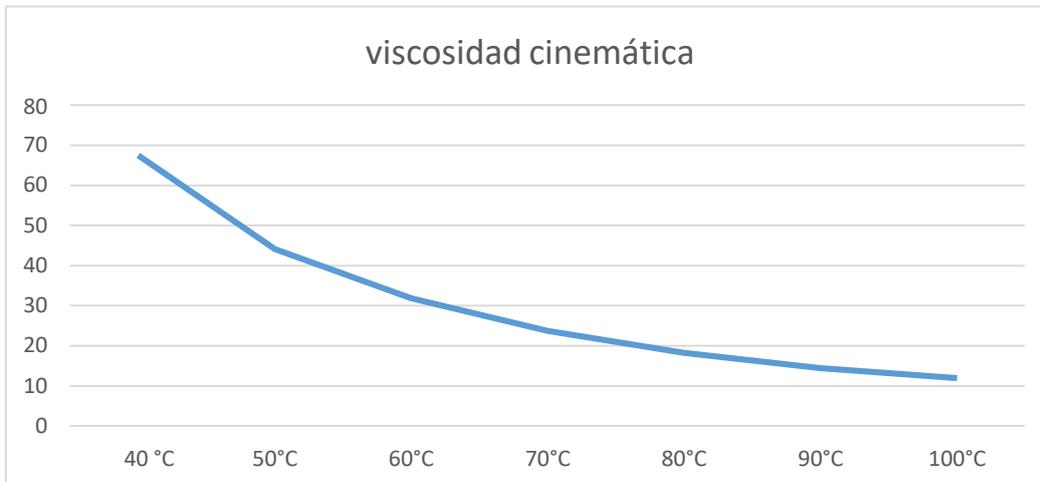
$$\text{Log (Log (V+ 0.7))} = 7.4684 + 2.88 \text{ log (T + 273.15)}$$

Luego tabulamos para diferentes temperaturas y obtenemos los siguientes resultados de viscosidad cinemática.

Tabla 4.12: Viscosidad cinemática vs temperatura Aceite hydrau John Deere

Temperatura	40 °C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
viscosidad cinemática	67.5	44.1	31.81	23.74	18.24	14.38	11.9

Figura 4.23: Curva de Viscosidad cinemática vs temperatura Hydraul



Evaluación de variación de viscosidad con respecto a incremento de temperatura desde 40°C hasta 100°C.

Figura 4.24 Variación porcentual de Viscosidad cinemática vs temperatura de aceite Hydraul Premium John Deere.

Marca	Hydraul John Deere						
Temperatura	40 °C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
viscosidad cinemática	67.5	44.1	31.81	23.74	18.24	14.38	11.9
variación porcentual %	34.22%	27.86%	25.30%	23.16%	21.38%	17.24%	
variación porcentual total %	82.37%						

El aceite hidráulico Hydraul Premium John Deere tiene una variación porcentual total de 82.37%, baja con respecto de las otras dos marcas, por lo tanto, su viscosidad disminuye de forma menor con respecto a los otros aceites.

Aceite hidráulico propuesto 2: Chevron Hydraulic oil AW ISO 68

El aceite Chevron Hydraulic Oil AW ISO 68 está formulado con aceites base parafínicos. Proporciona excelente protección anti desgaste, inhibición de oxidación y corrosión, así como supresión de espuma y aireación. Tiene excelentes características de demulsibilidad.

Figura 4.25: Chevron Hydraulic oil AW ISO 68



Fuente: Página web https://latinamerica.chevronlubricants.com/es_mx/home/products/chevron-hydraulic-oil-aw.html.

Tabla 4.13: Propiedades del aceite Chevron Hydraulic oil AW ISO 68.

Chevron Hydraulic oil AW	
Propiedades	
Grado ISO	68
Temperatura de inflamación, °C	235
Viscosidad cinemática a 40 °C, cSt	64.6
Viscosidad cinemática a 100 °C, cSt	8.4

Fuente: Página web

https://latinamerica.chevronlubricants.com/es_mx/home/products/chevron-hydraulic-oil

– **Hallamos la ecuación característica del aceite.**

Para $T=40^{\circ}\text{C}$ $V_{40^{\circ}\text{C}}=64.4\text{cSt}$

Para $T=100^{\circ}\text{C}$ $V_{100^{\circ}\text{C}}=8.4\text{cSt}$

Reemplazando dichos valores en la ecuación (2.6).

$$\text{Log}(\text{Log } Z) = A + B \cdot \log TK$$

$$\text{Dónde: } Z = V_{\text{cSt}} + 0.7 \text{ y } TK = TC + 273.75$$

Luego obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$0.25767 = A + 2.49B$$

$$-0.01818 = A + 2.5718B$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos las constantes $B= 3.629$ y $A= 9.3135$

Finalmente obtenemos la ecuación característica:

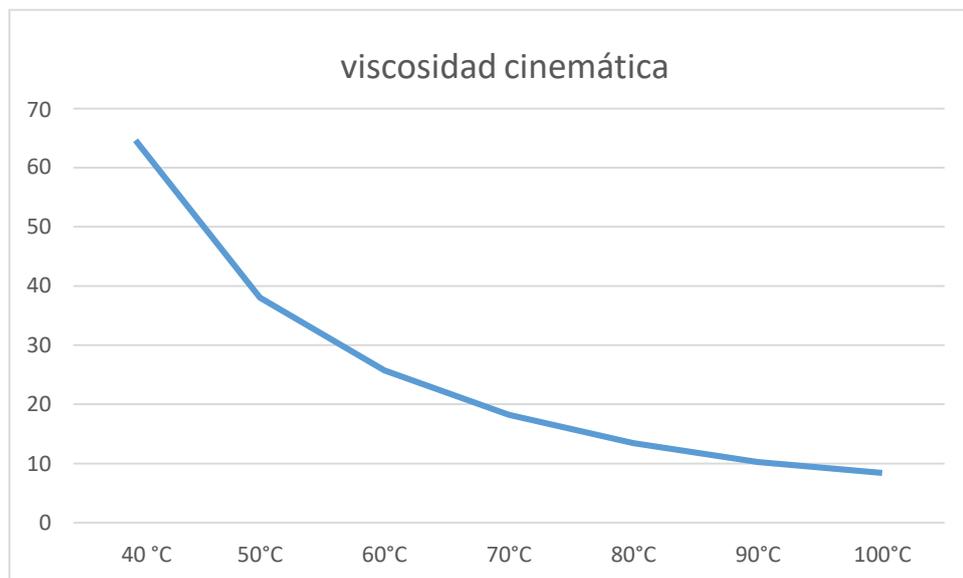
$$\text{Log} (\text{Log} (V+ 0.7)) = 9.3135 + 3.629\text{log} (T + 273.15)$$

Luego tabulamos para diferentes temperaturas y obtenemos los siguientes resultados de viscosidad cinemática.

Tabla 4.14 Viscosidad cinemática vs temperatura Chevron Hydraulic oil AW ISO 68

Temperatura	40 °C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
viscosidad cinemática	64.6	38.3	25.7	18.22	13.44	10.25	8.4

Figura 4.26: Curva de Viscosidad cinemática vs temperatura AW 68



Evaluación de variación de viscosidad con respecto a incremento de temperatura desde 40°C hasta 100°C.

Figura 4.27: Variación porcentual de Viscosidad cinemática vs temperatura de aceite Chevron Hydraulic oil AW ISO 68.

Marca	chevron Hydraulic oil AW						
Temperatura	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	100 °C
viscosidad cinemática	64.6	38.029	25.7	18.22	13.44	10.25	8.4
variación porcentual %	41.10%	32.40%	29.10%	26.20%	23.74%	18.00%	
variación porcentual total %	86.99%						

El aceite Chevron Hydraulic oil AW ISO 68 tiene una variación porcentual total de 86.99%, baja con respecto de las otras dos marcas, por lo tanto, su viscosidad disminuye de forma menor con respecto a los otros aceites.

Implementación de área de almacén de lubricantes.

Tener un área de almacenamiento para lubricantes es fundamental, el tamaño del área depende de cantidad y volúmenes que se maneja a nivel de planta. Por otro lado, las condiciones e infraestructura también dependen de los tipos de lubricantes que se manejan. No es lo mismo tener un almacén para uso personal de aceites y grasas para automóviles que tener un almacén de lubricantes para plantas industriales, ésta última parte de la ubicación y tamaño deben tener una infraestructura reglamentada por un organismo competente. Así mismo tener sus protocolos de atención, un encargado de dicha área, rampas de acceso debido al peso de los barriles, señalización adecuada, que el ambiente cuente con ventilación adecuada y si es posible natural, etc. La empresa Noria Latín América brinda algunas condiciones básicas para el área de almacén de lubricantes.

- Paredes y techos sólidos
- Espacio bien ventilado
- Piso de concreto sellado, con acabado deslizante
- Pasillos, áreas de trabajo y ubicaciones de equipos claramente señalizados
- Control de clima y humedad (des humificadores, sistemas de secado al aire libre)
- Medidas de seguridad implementadas (extintores, rutas de evacuación, botiquín)
- Mesa de trabajo para rotulados, mantenimiento de contenedores, etc.

- Estación informática para tareas administrativas e inventarios.
- Ambiente limpio y ordenado. (Noria Latin América, 2023,)

Figura 4.28: Cuarto de lubricación adecuado



Fuente: Página web <https://noria.mx/diez-formas-de-mejorar-el-almacenamiento-y-la-manipulacion-de-lubricantes/>

Cabe señalar que el almacenamiento de los lubricantes no es por tiempo indefinido, es así que se debe tener en cuenta su tiempo de vida útil indicado por el fabricante, ya que no respetar dichas disposiciones puede traer perjuicios al contrario de mejores beneficios.

Figura 4.29: Tabla tiempo máximo de almacenamiento para lubricantes

Producto	Tiempo máximo de almacenamiento recomendado (meses)
Grasas de litio	12
Grasas de complejo de calcio	6
Aceites lubricantes	12
Fluidos resistentes al fuego – Tipo emulsión	6
Aceites solubles	6
Aceites solubles especiales	3
Emulsiones tipo cera	6

Fuente: Página web <https://noria.mx/diez-formas-de-mejorar-el-almacenamiento-y-la-manipulacion-de-lubricantes/>

Implementación de cartillas de mantenimiento sistema hidrostático.

Bomba hidráulica: Modelo SPV 25, marca - Sauer Danfoos para circuitos cerrados con presiones nominales de 210 bares, Presión máxima 350 bares.

Figura 4.30: Bomba hidráulica del banco de pruebas modelo SPV 25



Descripción: Las bombas Sauer PV de pistones axiales de desplazamiento variable, Serie 20, tienen una construcción de placa oscilante con capacidad de flujo variable adecuada para transmisiones hidrostáticas con circuito cerrado. El caudal es proporcional al desplazamiento de velocidad impulsada por la bomba, que, a su vez, está determinado por el ángulo del plato oscilante. Este último es infinitamente ajustable entre desplazamiento cero y máximo. La dirección del flujo se reserva inclinando el plato cíclico hacia el lado opuesto de la posición neutral o de desplazamiento cero. Estas unidades y piezas son reemplazos de ajuste, forma y función para los componentes de la serie 20 de Sauer-Sundstrand.

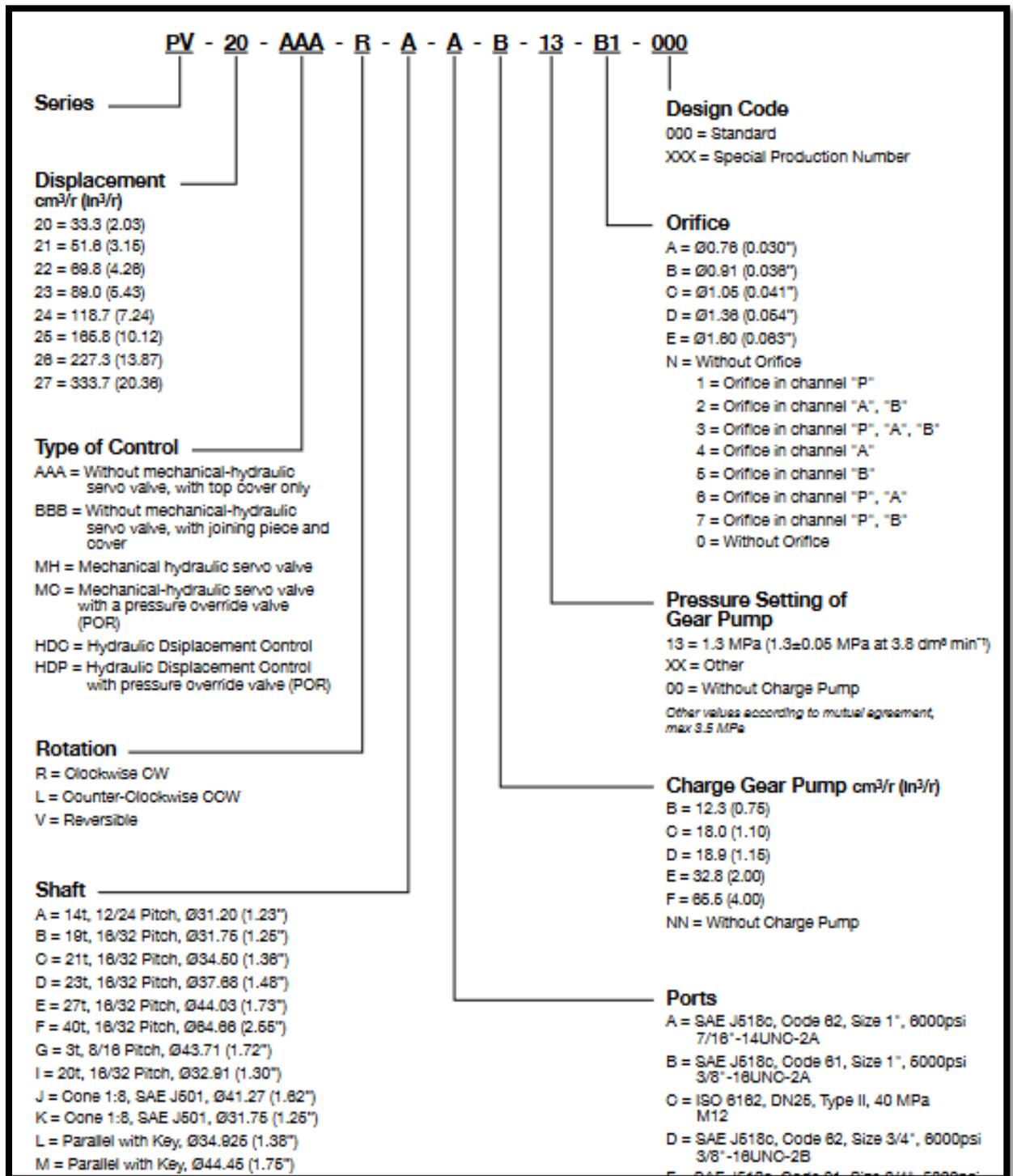
Figura 4.31: Cuadro de datos técnicos de bombas modelo SPV serie 20

PV-		20	21	22	23	24	25	26	27	
Max Displ.	cm ³ /r	33.3	51.6	69.8	89.0	118.7	165.8	227.3	333.7	
	in ³ /r	(2.03)	(3.15)	(4.26)	(5.43)	(7.24)	(10.12)	(13.87)	(20.36)	
Charge Pump Displ.	Option 1	cm ³ /r	12.3	12.3	12.3	12.3	18.9	32.8	32.8	65.5
		in ³ /r	(0.75)	(0.75)	(0.75)	(0.75)	(1.15)	(2.00)	(2.00)	(4.00)
	Option 2	cm ³ /r	18.0	18.0	18.0	18.0	32.8	65.5	65.5	-
		in ³ /r	(1.10)	(1.10)	(1.10)	(1.10)	(2.00)	(4.00)	(4.00)	-
Speed*	RPM	Min.	500	500	500	500	500	500	500	500
		Rated	3800	3500	3200	2900	2700	2400	2100	1900
Max Torque**	KG·M ² ·10 ⁻³	4.34	8.14	12.34	17.77	29.11	50.19	86.80	161.40	
	LBF·FT ² ·10 ⁻³	(103.0)	(193.2)	(292.8)	(421.7)	(690.8)	(1191.0)	(2059.8)	(3830.0)	
Approx. Weight	KG	45	55	63	78	124	164	212	270	
	LB	(99)	(121)	(139)	(172)	(273)	(362)	(467)	(595)	

Fuente: Página Metaris

http://www.metaris.com/pdfs/HG_Sundstrand_20Series_Catalog_2013_web.pdf

Figura 4.32: Cuadro de códigos para bombas modelo SPV serie 20



Fuente: Página Metaris

http://www.metaris.com/pdfs/HG_Sundstrand_20Series_Catalog_2013_web.pdf

Motor Hidráulico: Modelo A2FE160, marca - Rexroth para circuitos cerrados con presiones nominales de 350 bares, Presión máxima 400 bares.

Figura 4.33: motor hidráulico A2FE160



Figura 4.34: Datos técnicos motor hidráulico A2FE160

Size	NG		90	107	125	160	180	250	355
Displacement geometric, per revolution	V_g	cm ³	90	106.7	125	160.4	180	250	355
Speed maximum ¹⁾	n_{nom}	rpm	4500	4000	4000	3600	3600	2700	2240
	n_{max} ²⁾	rpm	5000	4400	4400	4000	4000	-	-
Input flow ³⁾ at n_{nom} and V_g	q_v	L/min	405	427	500	577	648	675	795
Torque ⁴⁾ at V_g and	$\Delta p = 350$ bar	T Nm	501	594	696	893	1003	1393	1978
	$\Delta p = 400$ bar	T Nm	573	679	796	1021	1146	-	-
Rotary stiffness	c	kNm/rad	9.14	11.2	11.9	17.4	18.2	73.1	96.1
Moment of inertia for rotary group	J_{GR}	kgm ²	0.0072	0.0116	0.0116	0.0220	0.0220	0.061	0.102
Maximum angular acceleration	α	rad/s ²	6000	4500	4500	3500	3500	10000	8300
Case volume	V	L	0.55	0.8	0.8	1.1	1.1	2.5	3.5
Mass (approx.)	m	kg	25	34	36	47	48	82	110

Fuente: Página Metaris

http://www.metaris.com/pdfs/HG_Sundstrand_20Series_Catalog_2013_web.pdf

Figura 4.35: Cartilla de mantenimiento sistema hidrostático Bomba – Motor hidráulico

		CARTILLA DE MANTENIMIENTO SISTEMA HIDROSTATICO (BOMBA Y MOTOR HIDRAULICO)															
		HORASDE MANTENIMIENTO															
Suministros	Descripción del articulo	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000
JDAT367840	Filtro de aceite hidráulico				1				1				1				1
JDAT101565	Filtro de respiradero de depósito hidráulico				1				1				1				1
JDTY27367	Aceite hidráulico				1,5				11,9				1,5				11,9
	Evaluaciones de presiones de trabajo				✓				✓				✓				✓
	Revisión de tanque de aceite	CONTINUA															
	Muestro de aceite		✓			✓			✓			✓				✓	

Implementación de cartilla de mantenimiento motor diésel.

En base a las recomendaciones de fabricante y a la frecuencia de fallas críticas se realiza una cartilla de mantenimiento para el banco de pruebas de la empresa de servicio.

Motor Diésel actual: John Deere E4045HT086

Figura 4.36: Motor de combustión interna diésel modelo E4045HT086



Figura 4.37: Ficha técnica de motor diésel E4045HT086

Motor	310L
Fabricante y modelo	John Deere PowerTech™ E 4045HT086 turbocargado, específico del país
Estándar de emisiones para motores no usados en vehículos de carretera	Tier 3 (EPA)/Fase IIIA (UE)
Cilindrada	4,5 l (276 pulg. ³)
Potencia máxima bruta	68 kW (92 hp) a 2 000 rpm
Potencias nominales con techo, alternador de 130 A y ventilador fijo estándar	
Potencia máxima neta (ISO 9249)	65 kW (87 hp) a 1 960 rpm
Par máximo neto (ISO 9249)	374 Nm (276 lb. por pie) a 1 300 rpm
Reserva de par neto	46%
Potencias nominales con cabina, alternador de 130 A y ventilador viscoso opcional	
Potencia máxima neta (ISO 9249)	67 kW (90 hp) a 2 000 rpm
Par máximo neto (ISO 9249)	379 Nm (280 lb. por pie) a 1 300 rpm
Reserva de par neto	40%
Lubricación	Sistema presurizado con filtro enroscable y enfriador
Depurador de aire	De etapa dual y tipo seco, con elemento de seguridad y válvula de evacuación

Fuente: Página web <https://www.deere.com.mx>

Figura 4.38: Cartilla de mantenimiento de motor diésel E4045HT086

		CARTILLA DE MANTENIMIENTO MOTOR DIESEL 4045TT096															
		HORAS DE MANTENIMIENTO															
Suministros	Descripción del artículo	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000
JDRE504836	Filtro de aceite del motor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JDAT365870	Filtro de combustible primario	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JDRE509031	Filtro de combustible final	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JDAT367840	Filtro de aceite hidráulico				1				1				1				1
JDAT101565	Filtro de respiradero de depósito hidráulico				1				1				1				1
JDAT332908	Filtro de aire primario				1				1				1				1
JDAT332909	Filtro de aire secundario				1				1				1				1
JDH216169	Respiradero de combustible				1				1				1				1
JDTY26576R	Acondicionador de refrigerante	Según requiera															
JDTY26679	Aceite de motor	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
JDTY27367	Aceite hidráulico				1,5				11,9				1,5				11,9
	Muestro de aceite			✓			✓			✓			✓			✓	

Implementación de dispositivos de monitoreo

Para poder tener un control del programa de lubricación se necesita indicadores de monitoreo y según eso poder aplicar los mantenimientos adecuados. Como sabemos muchas maquinas tienen dispositivos como el horómetro, sensor de temperatura, etc., que nos ayuda a tener un dato y según eso actuar de forma preventiva.

Horómetro para en motor de los bancos

Un horómetro digital funciona mediante la medición del tiempo que un equipo o maquinaria se encuentra en funcionamiento. Estos dispositivos tienen una pequeña batería interna que alimenta su circuito interno y memoria no volátil, lo que significa que no perderá la información almacenada en caso de que se interrumpa el suministro de energía. Presenta los siguientes beneficios:

- Es esencial para el mantenimiento y la planificación de las revisiones periódicas.
- En la mayoría los fabricantes de camiones recomiendan realizar ciertas revisiones y mantenimiento a intervalos específicos de horas de motor.

En esta oportunidad seleccionamos el horómetro de marca Faria de 2 " modelo Chesapeake.

Figura 4.39. horómetro Chesapeake



Fuente: página web <https://harbormarine.com.pe/producto/faria-indicador-horometro-de-2-mod-chesapeake-c-negro/>

Tabla 4.15: Cuadro especificaciones de horómetro Faria

ESPECIFICACIONES	
Límite de medición	10 000 horas
Temperatura de funcionamiento	-20 °C a +70°C
Voltaje de funcionamiento	11.5 a 16 Voltios
Voltaje nominal	14.2 Voltios
Consumo de corriente	< 100 mA
Costo	S/224.90

Fuente: página web <https://harbormarine.com.pe/producto/faria-indicador-horometro-de-2-mod-chesapeake-c-negro/>

Indicador de temperatura

Todos los motores de combustión tienen un límite de temperatura para su operación normal, de sobrepasar este nivel se tiene problemas de lubricación por disminuir la viscosidad del aceite, también se puede tener problemas de deformación de algunas piezas. Entre las causas que generan una elevada temperatura en un motor de combustión interna refrigerado por agua se tienen: obstrucción de los orificios de circulación de aire en el radiador, falla en la bomba del agua, ruptura de la correa del ventilador del radiador, fugaz de agua en el radiador, entre otras.

Figura N° 4.40. Indicador de temperatura HYD.OIL



Fuente: página web <https://harbormarine.com.pe/producto/faria-indicador-horometro-de-2-mod-chesapeake-c-negro/>

4.7. Cronogramas de actividades

Nuestro proyecto está diseñado para ser desarrollado en diez meses como propuesta inicial, tiempo considerable suficiente para tener la data suficiente como para calcular la variación de la confiabilidad de los equipos en análisis. Tener en cuenta que, por la naturaleza del programa a desarrollar, cada actividad es secuencial y dependiente de la actividad anterior.

Figura 4.41: Cronogramas de Actividades

Actividades	MAY.	JUN	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.
Diagnóstico situacional	■									
Evaluación de Confiabilidad Pre. Programa	■	■	■	■	■					
Presentación del proyecto a gerencia				■						
Exposición de beneficios del programa				■						
Aprobación del plan				■						
Capacitaciones integrales					■	■				
Implementación del programa						■	■	■	■	■
Seguimiento y control de actividades de lubricación.							■	■	■	■
Evaluación de Confiabilidad Post. Programa							■	■	■	■

4.8. Análisis económico financiero

La viabilidad de éste proyecto se evaluó aplicando las herramientas económicas-financieras como son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), esto con el objetivo de evaluar si el proyecto es rentable y sostenida en el tiempo. Se muestra un cuadro resumen de los ingresos trimestral promedio por servicios de la cual deriva un 32% aproximado neto por cada prueba que se realiza en el banco. Así mismo se hace una propuesta de uso del 15% de ese monto para el programa de lubricación, ya que implica la ejecución también de las cartillas de mantenimiento.

Tabla 4.16: Cuadro resumen de recursos

Ingresos por servicios	Sub por puebas	Propuesta de inversión	Monto Programa
S/. 267250.00	S/. 85520.00	15%	S/. 12,828.00

Se comensó realizando una estimación del costo inicial de implementación del programa y su proyección de gasto mensual para su mantenibilidad a largo plazo. Cabe mencionar que se tomó en cuenta el carro de filtración como parte del equipamiento fundamental en el progrma, así como otros dispositivos de motitoreo (horómetro).

Figura 4.42: Cuadro económico de implementación de programa

Costos de Implementación de Programa de Lubricación					
	Periodo Trimestral				
	0	1	2	3	4
Recurso humanos	S/. 2,000.00				
Equipamiento	S/. 13,128.00				
Capacitaciones	S/. 3,600.00	S/. 1,800.00	S/. 1,800.00	S/. 1,800.00	S/. 1,800.00
Control de aceites		S/. 1,039.00	S/. 1,039.00	S/. 1,039.00	S/. 1,039.00
cartilla mtto. Motor diesel		S/. 2,745.00	S/. 2,745.00	S/. 2,745.00	S/. 2,745.00
Cartilla mtto. Sistema hidrostático		S/. 1,732.00	S/. 1,732.00	S/. 1,732.00	S/. 1,732.00
		S/. 7,316.00	S/. 7,316.00	S/. 7,316.00	S/. 7,316.00
Beneficios del programa		S/. 12,828.00	S/. 12,828.00	S/. 12,828.00	S/. 12,828.00
beneficio nuevo aceite hidráulico		S/. 612.50	S/. 612.50	S/. 612.50	S/. 612.50
beneficio nuevo aceite motor		S/. 523.00	S/. 523.00	S/. 523.00	S/. 523.00
		S/. 13,963.50	S/. 13,963.50	S/. 13,963.50	S/. 13,963.50
Beneficio neto	S/. 18,728.00	S/. 6,647.50	S/. 6,647.50	S/. 6,647.50	S/. 6,647.50
Tasa de descuento anual	13%				

A continuación se hacen los cálculos respectivos para este proyecto tomando en cuenta los siguientes consideraciones.

TEA: Tasa Efectiva Anual 13% tomadas de las recomendaciones de la SBS.

TET: Tasa Efectiva Trimestral 3.1%

I_0 : Inversión inicial = s/. 18,728.00

- **Análisis del VAN**

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \dots\dots\dots(4)$$

$$VAN = -18728.00 + \frac{6647.5}{(1+0.031)^1} + \frac{6647.5}{(1+0.031)^2} + \frac{6647.5}{(1+0.031)^3} + \frac{6647.5}{(1+0.031)^4}$$

$$VAN = -18728.00 + 6447.62 + 6253.75 + 6065.72 + 5887.36$$

VAN = S/. 5926.45 positivo

- **Análisis del TIR**

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \dots\dots(5)$$

Tasa (k) del 10%

$$0 = -18728.00 + \frac{6647.5}{(1+0.1)^1} + \frac{6647.5}{(1+0.1)^2} + \frac{6647.5}{(1+0.1)^3} + \frac{6647.5}{(1+0.1)^4}$$

$$0 = -18728.00 + 6043.18 + 5493.80 + 4994.36 + 4540.33$$

$$0 = S/. 2343.67$$

Tasa (k) del 30%

$$0 = -18728.00 + \frac{6647.5}{(1+0.3)^1} + \frac{6647.5}{(1+0.3)^2} + \frac{6647.5}{(1+0.3)^3} + \frac{6647.5}{(1+0.3)^4}$$

$$0 = -18728.00 + 5113.46 + 3933.4 + 3025.71 + 2327.47$$

$$0 = S/. -4327.96$$

Interpolando valores para determinar el TIR

10% _____ S/. 2343.67

TIR _____ S/. 0

30% _____ S/. -4327.96

$$\frac{10 - 30}{2343.67 - (-4327.96)} = \frac{TIR - 30}{0 - (-4327.96)}$$

$$\frac{-20}{6671.63} = \frac{TIR - 30}{4327.96}$$

TIR = 17.025% mayor que la tasa de descuento

- En el análisis se cumple lo esperado para un proyecto rentable con sus indicadores de VAN positivo y TIR mayor que la tasa de descuento.

V. RESULTADOS

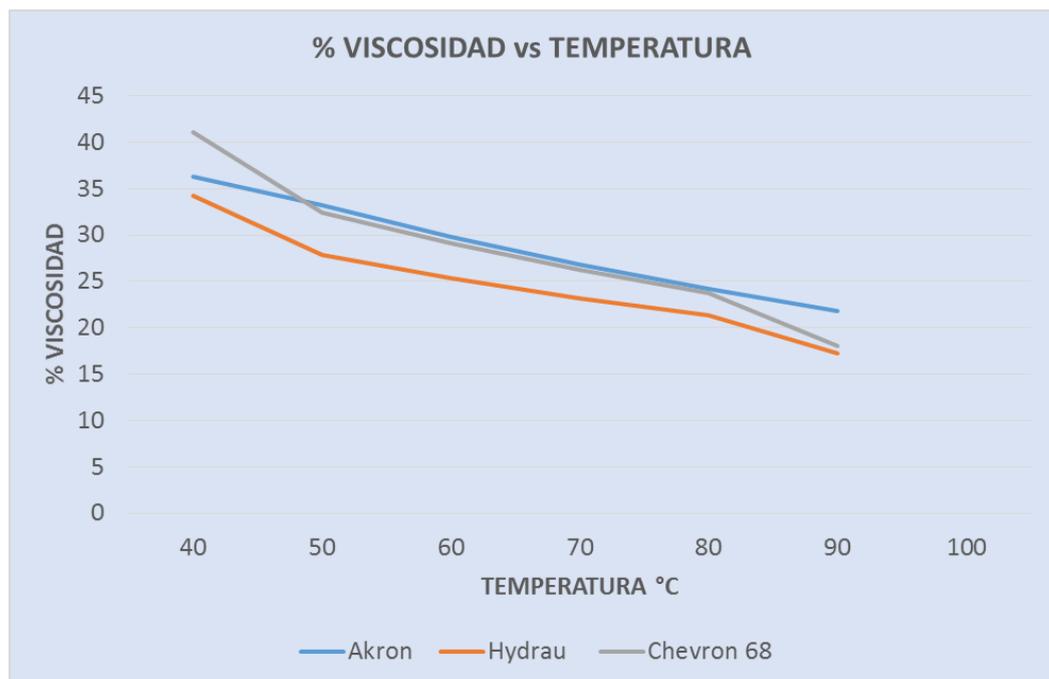
5.1. Resultados descriptivos

Los resultados de la selección y análisis obtenidos durante el desarrollo del programa de lubricación se presentan a continuación.

- Resultado para la selección de aceite hidráulico para los bancos de pruebas

De la misma forma, se analiza las gráficas del porcentaje de variación de viscosidad cinemática en función del incremento de la temperatura de operación, es así que observamos tendencias de las curvas en la figura N°5.1, esto para el aceite de uso actual, así como para las nuevas propuestas de aceites.

Figura 5.1: Gráfica variación porcentual de viscosidad vs temperatura para los aceites hidráulicos.

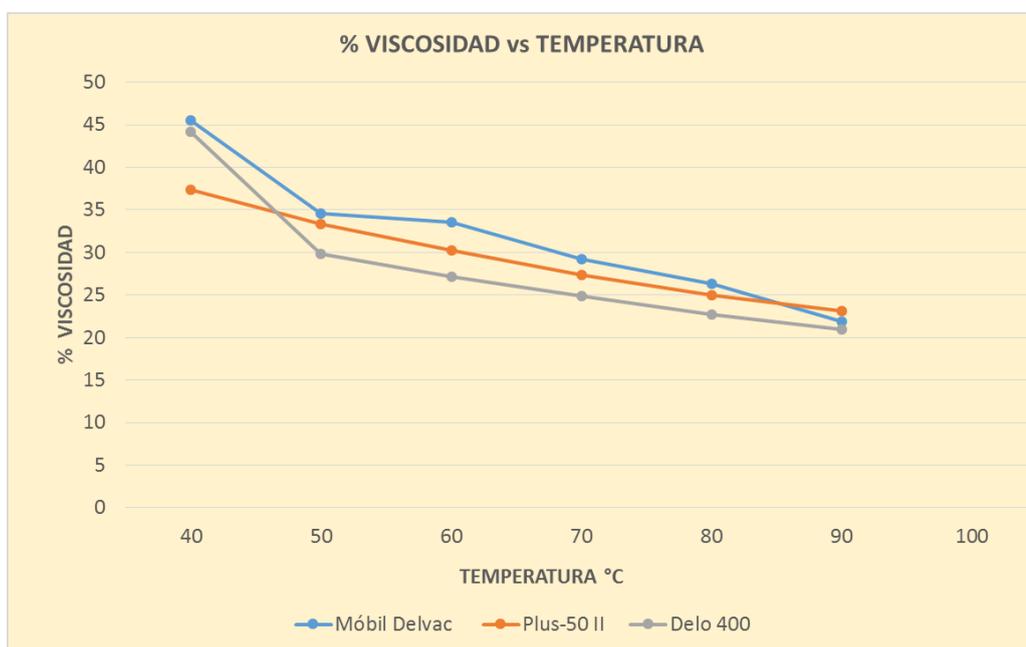


De la gráfica, se obtuvo que el aceite propuesto Hydrau Premium John Deere presenta menor porcentaje de variación de su viscosidad siendo también más estable en sus propiedades, lo cual naturalmente es deseable en un aceite.

- **Resultado para la selección de aceite de motor para los bancos de pruebas**

Se analiza las gráficas del porcentaje de variación de viscosidad cinemática en función del incremento de la temperatura, es así que observamos las tendencias de las curvas en la figura N° 5.2, esto para el aceite de uso actual, así como para las dos nuevas propuestas.

Figura 5.2: Gráfica variación porcentual de viscosidad vs temperatura para los aceites de motor.



De la gráfica, se obtuvo que el aceite propuesto Chevron Delo 400 SAE 15W40 presenta menor porcentaje de variación de su viscosidad siendo a la vez más estable en sus propiedades, lo cual naturalmente es deseable en un aceite.

Resultados para la selección de la cartilla de mantenimiento para los bancos de prueba.

- **Cartilla de mantenimiento para el sistema hidrostático**

La selección de la cartilla de mantenimiento se realizó evaluando las características técnicas de la bomba y motor hidráulico. Esto basado en lo que recomienda la marca Sauer Danfoss para el modelo de bomba

SPV 25, la cual tiene parámetros específicos de presión máxima de servicio y de flujo máximo que proporciona. De igual forma para el motor hidráulico de la marca Rexroth con el modelo A2FE 160, también evaluando sus parámetros técnicos y según lo que recomienda el fabricante. Es así que tomando en cuenta lo que requiere un sistema hidrostático y recomendaciones del fabricante se elaboró la cartilla de mantenimiento de la figura N° 4.35 que se observa en la sección anterior.

- **Cartilla de mantenimiento para el motor diésel**

De igual forma la selección de una cartilla de mantenimiento para el motor diésel se realizó evaluando sus características técnicas. Con el modelo de motor John Deere E4045HT086 se evaluó varias cartillas de manteniendo y se decide por la opción con mejores prestaciones y costos más bajos, en éste caso la misma marca también ofrece cartillas de mantenimiento alternativas para condiciones estacionarias de sus motores como es el caso de un banco de pruebas. Se elaboró la cartilla de mantenimiento de la figura N° 4.38 que se presentó en la sección anterior.

5.2. Resultados estadísticos

Se muestra un resumen de los resultados obtenidos luego de recopilar todos los datos para evaluar la disponibilidad actual del banco de prueba más crítico, ya que nos interesa ponerle énfasis de la situación en la que está funcionando en el taller de la empresa de servicios.

Los resultados que se presentan a continuación (minutos/mes), son el cuadro de resumen situacional y las gráficas de los indicadores MTTR y MTBF así como la disponibilidad respectiva. Dicha información, como veremos a continuación muestran la real necesidad de implementar un programa de lubricación de los bancos de prueba, ya que ambas unidades presentan las similares deficiencias. Cabe indicar que ambas unidades poseen las mismas características en tamaño, forma y componentes que lo conforman.

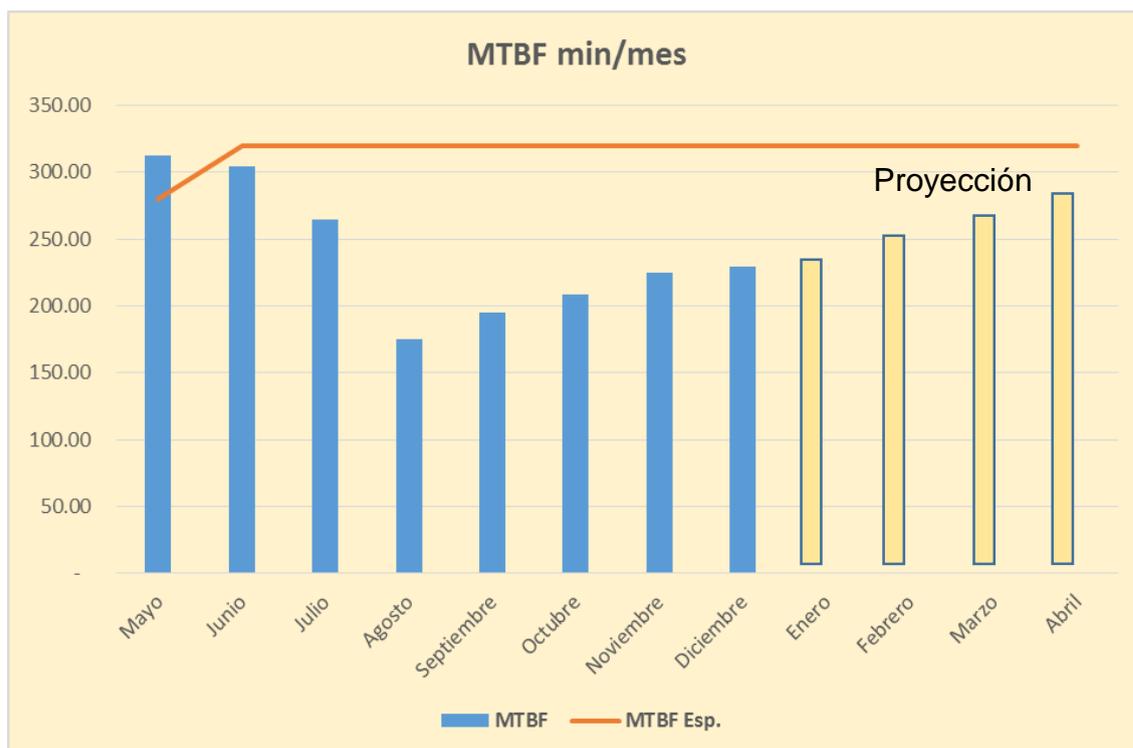
Figura 5.3: Registro de datos situacional actual 16 de diciembre 2023

BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS OLEOHIDRÁULICAS / CRÍTICO												
Mes	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
corte	31-may-23	30-jun-23	31-jul-23	31-ago-23	30-sep-23	31-oct-23	30-nov-23	31-dic-23	31-ene-24	29-feb-24	31-mar-24	30-abr-24
Tiempo disp.	11035	21420	29908	34693	44811	55139	66164	75859				
Tiempo muert.	1355	2845	5532	13122	14984	16776	18078	19558				
Num. Fallas	31	61	92	123	153	184	214	245				
MTBF	312.26	304.51	264.96	175.37	194.95	208.49	224.70	229.80				
MTBF Esp.	280	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
MTTR	43.71	46.64	60.13	106.68	97.93	91.17	84.48	79.83				
MTTR Esp.	45	35	35	35	35	30	30	30	30	30	30	30
Disponibilidad	88%	87%	82%	62%	67%	70%	73%	74%				
Disp. Esperada	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

- **Indicador de Confiabilidad MTBF**

Para una mejor comprensión, se muestra gráficamente el indicador MTBF de la disponibilidad para el análisis situacional con respecto a los tiempos de ocurrencia de las fallas para la unidad más crítica.

Figura 5.4: Gráfica MTBF para el banco de pruebas crítico

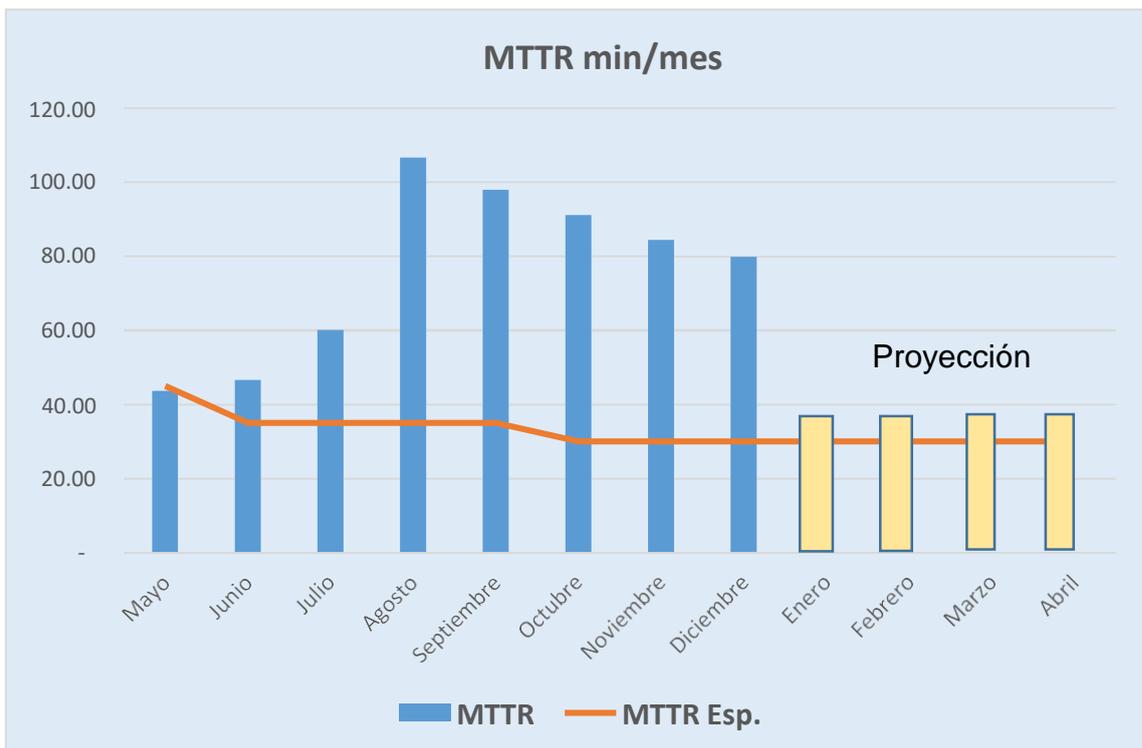


Según se observa en la gráfica por mes, el tiempo medio entre fallas (MTBF) va disminuyendo significativamente, la cual es un indicador de que las fallas son más frecuentes muy perjudiciales para la disponibilidad del banco de pruebas.

- **Indicador de Mantenibilidad MTTR**

Para una mejor comprensión, también se muestra gráficamente el indicador MTTR de la disponibilidad en el análisis situacional con referencia a los tiempos que demora cada reparación correctiva para la unidad más crítica.

Figura 5.5: Gráfica MTTR para el banco de pruebas crítico

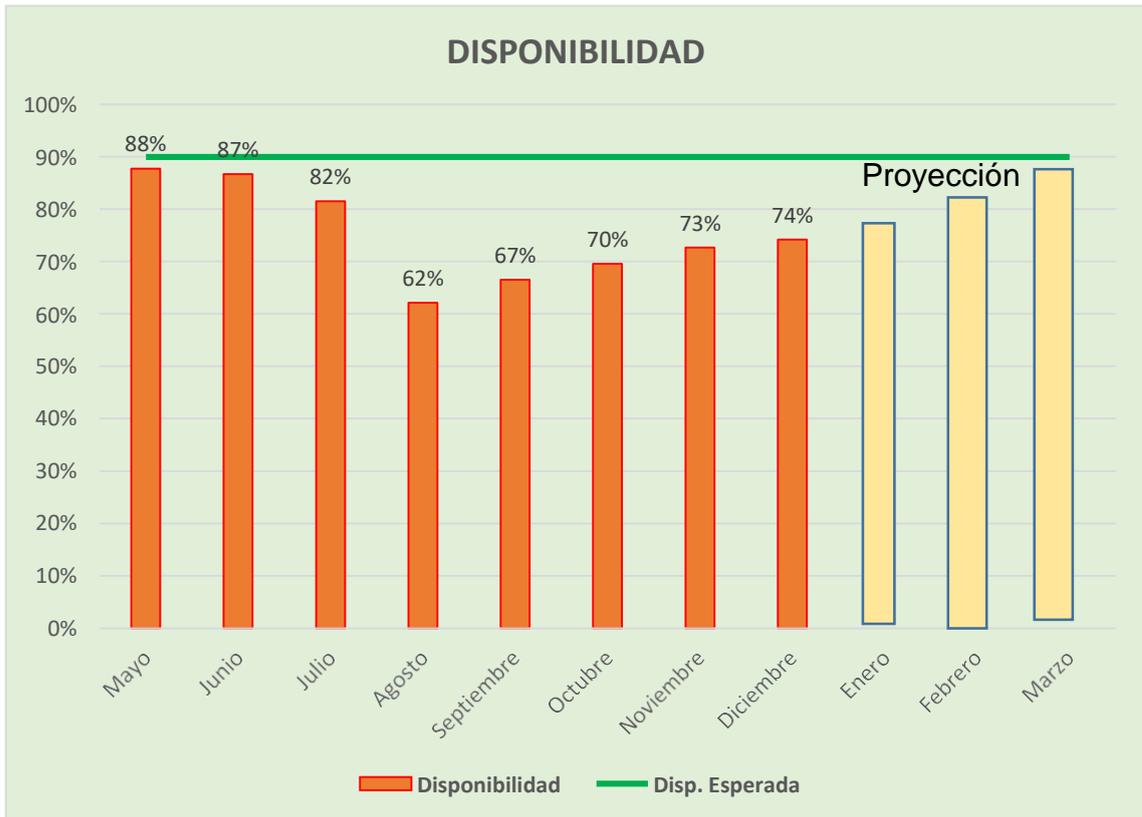


Según se observa en la gráfica por mes, el tiempo medio de reparación (MTTR) va aumentando significativamente, la cual es un indicador de que el tiempo de respuesta no es el adecuado para atender las fallas que ocurren.

- **Disponibilidad DISP.**

Luego de presentados y evaluados los indicadores de MTBF y MTTR respectivamente, se hace el cálculo y evaluación de la disponibilidad actual tal como se muestra a continuación.

Figura 5.6: Gráfica Disponibilidad para el banco de pruebas crítico



También se observa que la disponibilidad no cumple con un estándar mínimo que se espera en toda máquina que es por lo usual del 90% a más.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados

Contratación de la hipótesis general

La empresa de servicios presenta actualmente una baja disponibilidad para la unidad analizada. De acuerdo a los resultados estadísticos de confiabilidad y mantenibilidad, se observa que tiene una disponibilidad debajo del 88% y llegando a un crítico de 62% lo cual no es deseable para ningún activo físico y menos aún si es reparable.

En ese sentido, se plantea el programa de lubricación como una alternativa que aumentará significativamente su disponibilidad, ya que se plantea actividades concretas de mejoras, las cuales influyen directamente en confiabilidad de los bancos de prueba.

Contratación de las hipótesis específicas

La calidad de los aceites tanto hidráulico como para motor diésel presentan baja prestaciones y sumándose las condiciones de uso y manejo de los mismos, se produce un incremento de las deficiencias en los bancos, fallas frecuentes, contaminación, mal uso y aplicación, etc. todos esos problemas fueron expuestos y verificados con evidencias. Adicionalmente se encontró un procedimiento de mantenimiento inadecuado para dicha unidad.

En ese sentido se planteó:

- Una buena selección de aceite hidráulico basado en el análisis de su propiedad fundamental que es su viscosidad.
- Una selección de un aceite para motor de alto rendimiento, basado también en el análisis de su viscosidad.
- Una selección asertiva sobre las cartillas de mantenimiento para el sistema hidráulico y del motor diésel basado en la recomendación de los fabricantes.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

En el ámbito internacional

- Castro (2018), en su tesis titulada “Implementación de un programa de lubricación en una empresa de refrigeración en el proceso de metales” presenta, luego de la conclusión: La planificación del mantenimiento reduce los costos de operación y reparación de los equipos industriales. Los programas para la lubricación, limpieza y ajustes de los equipos permiten una reducción notable en el consumo de energía y un aumento en la calidad de los productos terminados.

Tener un equipo de trabajo capacitado y con conocimientos básicos sobre lubricación, así como el uso de herramientas para el análisis de lubricantes y la implementación de mantenimientos predictivos, son importantes para ejecutar adecuadamente los programas de lubricación.

La presente investigación coincide con las conclusiones de Castro, el cual menciona la planificación del mantenimiento reduce los costos de operación y reparación de los equipos industriales. En donde se pudo evidenciar con nuestros resultados del estudio de beneficio económico si se aplicaría el programa de lubricación se generarían ganancias a la empresa de servicios, respaldando las conclusiones de Castro.

- Castelló (2018), en su tesis titulada “Caracterización de aceites hidráulicos y líquidos refrigerantes en máquinas de inyección de plástico para el diseño de un plan de mantenimiento predictivo”, presentada para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Politécnica de Valencia (Valencia, España); como objetivo general “plan de mantenimiento predictivo teniendo como base la identificación de las características de líquidos refrigerantes y el aceite hidráulico”. Esta tesis es aplicada y experimental en la cual luego de la conclusión: “Que teniendo los datos de laboratorio del líquido refrigerante y aceite hidráulico se puede determinar los parámetros clave a monitorizar y diseñar un plan de mantenimiento específico para las máquinas de inyección de plástico.

La presente investigación toma en cuenta el análisis de estudio del aceite hidráulico y aceite lubricante de motor, considerando como referencia el estudio de la viscosidad cinemática y su variación con la temperatura, esto para poder seleccionar el aceite más óptimo o de mejor calidad para el banco de pruebas. En el proyecto de Castelló, también toma como referencia la viscosidad cinemática del aceite y según esos resultados diseñar un plan de mantenimiento específico para las máquinas de inyección de plástico.

En el ámbito nacional

- Egoávil (2019), en su tesis titulada “Implementación de un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad de los scoops Caterpillar R1600G en la Compañía Minera Casapalca”, presenta como objetivo general; Implementar un programa de lubricación para incrementar la disponibilidad de los scoops Caterpillar R1600G de la Compañía Minera Casapalca. Llego a la conclusión que; Luego de implementar el programa de lubricación en la Cía. Minera Casapalca, se logró incrementar la disponibilidad de los scoops Caterpillar R1600G de 89 % a 94 % en los primeros tres meses de ejecutado el programa. Este trabajo de titulación permitió conocer la importancia de elaborar un programa de lubricación, además, conocer el análisis del costo – beneficio que se debe presentar a la empresa.

La presente investigación, toma en cuenta la selección de un aceite de motor e hidráulico con previo estudio de la viscosidad, tomando como guía los pasos del trabajo de investigación de Egoávil, en el cual, él realiza el estudio de dos tipos de aceites para motor propuestos, llegando a seleccionar el aceite de motor Chevron Delo 400 MGX 15W-40 que tiene mejores propiedades según su estudio experimental, así también, nosotros hemos podido corroborar que el aceite Chevron tiene mejores propiedades tomando como referencia su viscosidad, pero en este caso utilizando una ecuación matemática con resultados muy próximos a un ensayo real.

- Chumpitaz (2019), en su tesis titulada “Aplicación del mantenimiento preventivo para minimizar la contaminación del aceite hidráulico del banco de pruebas de Bosh Rexroth S.A.C.,2019”; como objetivo general: Determinar como la aplicación del mantenimiento preventivo reduce la contaminación del aceite hidráulico en el banco de pruebas de Bosh Rexroth. Llegó a la conclusión que: La aplicación del mantenimiento preventivo, minimiza la contaminación del aceite hidráulico y minimiza el riesgo asociado en el equipo.

La presente investigación, recomienda la implementación de las cartillas de mantenimiento preventivo para los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas, esto reduciría la contaminación del aceite hidráulico en el banco de pruebas.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

Los autores del presente trabajo, Pablo César Ventura Serván, identificado con DNI N° 44782851, y Crhistian Ramos Arphi, identificado con DNI N° 48003234, se responsabilizan por la información difundida en la presente tesis y se someten a las normas y reglamentos vigentes en la Universidad Nacional del Callao.

VII. CONCLUSIONES

- Se logró diseñar un programa de lubricación para los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas que nos permitió proyectar un aumento de la disponibilidad de 12.63%, la cual inició con el diagnóstico de línea base de los bancos de pruebas considerando los tipos de mantenimiento, identificación de las fallas críticas, un estudio de calidad del aceite hidráulico (sistema hidrostático) y del aceite lubricante del motor de combustión interna, para luego proponer el diseño del programa de lubricación específico.
- Se logró seleccionar un aceite hidráulico óptimo, Hydrau Premium John Deere, para los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas que contribuye al aumento de su disponibilidad. Se realizó mediante el análisis de su variación de viscosidad cinemática en función de la temperatura, la cual tiene una menor variación porcentual total de 82.37% respecto de los otros analizados garantizando así buenas prestaciones.
- Se logró seleccionar un aceite lubricante óptimo para motor, Chevron Delo 400 SAE 15W40, para el motor diésel de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas que también contribuye significativamente al aumento de su disponibilidad. Se realizó mediante el análisis de su variación de viscosidad cinemática en función de la temperatura, la cual tiene una menor variación porcentual total de 86.80% respecto a los otros analizados, garantizando así una buena estabilidad de sus propiedades químicas obteniéndose buenas prestaciones.
- Se logró seleccionar adecuadamente la cartilla de mantenimiento para los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas, la cual está conformado por el sistema hidráulico y motor diésel, esto mediante el análisis los requerimientos de operación propios específicos y siguiendo las recomendaciones de los fabricantes, mejorando así su confiabilidad y por ende su disponibilidad.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación del programa de lubricación y mantenimiento a los bancos de prueba mencionados en éste trabajo, esto para evitar de deterioro prematuro de sus componentes, bomba y motor hidráulico, así como del motor diésel dada su baja mantenibilidad.
- Se recomienda cambiar la estructura de cubierta (techo) del taller, ya que se encuentra deteriorado y presenta filtraciones de agua cuando se produce un evento de lluvia continuo.
- Se recomienda poner una cubierta de protección a los bancos de prueba, esto debido a que tiene elementos móviles y áreas calientes que pueden causar daño al personal durante su funcionamiento.
- Se recomienda capacitar al personal técnico de manera continua, esto con el objetivo de garantizar la calidad de los trabajos de lubricación y mantenimiento.
- Se recomienda implementar ductos de ventilación natural, ya que en estaciones de alta temperatura y con el calor adicional que generan los motores, se evidenció que se genera un área sofocante al personal técnico.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIO CHUMACERO, José. 2021. Técnicas para la evaluación de proyectos de inversión. *Grupo de investigación omega beta gamma*. [En línea] agosto de 2021. [Citado el: 7 de octubre de 2023.] https://economia.unmsm.edu.pe/data/doc_trab/OBG.

ANTONIO SERRANO, Nicolas. 2002. *Oleohidráulica*. Madrid : McGRAW-HILL/Interamericana de España, 2002. ISBN: 84-481-3527-X.

BAENA PAZ, Guillermina. 2017,. *Metodología de la Investigación*. 3ra. s.l. : Grupo Editorial Patria S.A. de C.V., 2017,. ISBN: 978-607-744-748-1.

BERNAL TORRES, César Augusto. 2010,. *Metodología de la Investigación*. [ed.] Orlando Fernández Palma. 3ra. s.l. : PEARSON EDUCACIÓN, 2010,. pág. 320. ISBN: 978-958-699-128-5.

BLANCO GARCÍA, Yojan Andrés. 2009. *Mejoras en las actividades de mantenimiento preventivo de las palas p&h ubicadas en el cuadrilátero ferrífero San Isidro de C.V.G. Ferrominería Orinoco, C.A. Ciudad Piar*. Puerto la Cruz : Tesis [Ingeniero Mecánico] España, 2009. Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui.

CASTELLÓ VILLANUEVA, Jorge. 2018. *Caracterización de aceites hidráulicos y líquidos refrigerantes en máquinas de inyección de plástico para el diseño de un plan de mantenimiento predictivo*. España : Tesis [ingeniero mecánico], 2018. Universitat Politècnica de Valencia.

CASTRO CATAÑO, Santiago. 2018. *Implementación de un programa de lubricación en una empresa de refrigeración en proceso de metales*. Pereira : Tesis [Ingeniero Mecánico] Colombia, 2018. Universidad Tecnológica de Pereira.

CHUMPITAZ FERNÁNDEZ, Julio César. 2019. *Aplicación del mantenimiento preventivo para minimizar la contaminación del aceite del banco de pruebas de Bosh Rexroth S.A.C.,2019*. Perú : Título [ingeniero mecánico], 2019. Universidad César Vallejo.

CONSTRUIR. 2022. Sector construcción cerró el 2021 con un crecimiento del 35%. *Revista Construir*. [En línea] 27 de Enero de 2022. [Citado el: 12 de julio de 2023.] <https://construir.com.pe/sector-construccion-cerro-el-2021-con-un-crecimiento-del-35/>.

CÓRDOVA SÁNCHEZ, Alan Gustavo. 2017. *Propuesta de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las palas electromecánicas TZ modelo WK-12 en la minera Shougang Hierro Perú S.A.A.* Callao : Tesis [Ingeniero Mecánico] Perú, 2017. Universidad Nacional del Callao.

EGOÁVIL MÉNDEZ, Diego. 2019. *Implementación de un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad de las scoops Caterpillar R1600G en la compañía minera Casapalca.* Huarochirí-Lima : Universidad Tecnológica del Perú, 2019. pág. 223.

ESPINOZA MONTES, Ciro. 2014,. *Metodología de investigación tecnológica Pensando en sistemas.* Huancayo : Soluciones Gráficas S.A.C., 2014,. ISBN: 978-612-00-1667-1.

FERREYCORP. 2023. Memoria anual 2022. *Ferreycorp*. [En línea] 23 de febrero de 2023. [Citado el: 16 de julio de 2023.] <https://www.ferreycorp.com.pe/assets/uploads/archivos/compartidos/f737147e9c4d48ea2cf0b71c4b5041d4.pdf>.

GARCÍA VALLEJOS, Cristian José. 2022,. *Propuesta de un programa de lubricación industrial para aumentar la disponibilidad de motores y bombas del área de elaboración de la empresa Agropucala S.A.A.* Lambayeque, Perú : s.n., 2022,.

GARCÍA, Trujillo. 2012. Interpretación de análisis de lubricantes. *NORIA*. [En línea] 2012. [En línea] 14 de Setiembre de 2023. [Citado el: 20 de julio de 2023.] <https://noria.mx/lube-learn/analisis-de-aceite/por-que-los-cambios-de-aceite-programados-no-son-suficientes-para-mitigar-la-contaminacion-del-lubricante/>.

GGB Bearing. 2019. El estudio de la interacción entre superficies en movimiento. *GGB*. [En línea] 23 de Marzo de 2019. [Citado el: 16 de julio de 2023.] <https://www.ggbearings.com/es/tribou/tribologia>.

GICA Ingenieros. 2022. Lubricación y Mantenimiento Industrial. *Lubricaronline*. [En línea] 22 de diciembre de 2022. [Citado el: 12 de julio de 2023.]

<http://www.gicaingenieros.com/email/descargas/lubricaronline/lubricar-online-edicion-1.pdf>.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto y MENDOZA TORRES, Christian Paulina. 2018. *Metodología de la investigación: ruta cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México : McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V., 2018. ISBN: 978-1-4562-6096-5.

HERNÁNDEZ SUCSO, Berinsson scott. 2023. *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad en la flota de equipos trackless de una empresa minera subterránea*. Callao : Tesis [tesis para obtener título de ingeniero mecánico], 2023. pág. 185. Universidad Nacional del Callao.

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION. 2021. Tipos de mantenimiento preventivo. *IBM*. [En línea] 2021. [Citado el: 12 de Julio de 2023.] <https://www.ibm.com/es-es/topics/what-is-preventive-maintenance>.

JARA SEGURA, Eric Marlon. 2016. *Diseño de un banco de pruebas de pistones axiales con sensor de carga de hasta 140 cc/rev*. Perú : Tesis [ingeniero mecánico], 2016. Universidad Pontificie Católica del Perú.

LUBRICAR ONLINE. 2015. lubricación y mantenimiento industrial. *Lubricar Online*. [En línea] 2015. [Citado el: 12 de julio de 2023.] file:///C:/Users/Cesar/Downloads/Revista_Digital_Latinoamericana_Lubricac.pdf

MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto. 2009. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. [ed.] Luis Javier Buitrago D. Primera edición. México D.F. : Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2009. pág. 528. ISBN: 978-958-682-769-0.

NORIA CORPORATION MÉXICO. 2023. Porqué los cambios de aceite programados no son suficientes para mitigar la contaminación. *NORIA*. [En línea] 14 de Setiembre de 2023. [Citado el: 20 de julio de 2023.] <https://noria.mx/lube-learn/analisis-de-aceite/por-que-los-cambios-de-aceite-programados-no-son-suficientes-para-mitigar-la-contaminacion-del-lubricante/>.

NORIA LATIN AMÉRICA. 2023,. Control de Contaminación. *NORIA*. [En línea] 2023,. [Citado el: 20 de julio de 2023.] <https://noria.mx/lube-learn/control-contaminacion/causas-comunes-de-falla-de-la-maquinaria/>.

OLIPES. 2023. Almacenamiento de lubricantes y vida útil estimada. *Olipes S.L.* [En línea] 2023. [Citado el: 2 de Noviembre de 2023.] <https://www.olipes.com/eu/es/Comunicaci%C3%B3n/documentos-de-interes/almacenamiento-de-lubricantes-y-vida-util-estimada>.

RINCÓN DÍAZ, Fabian Mateo. 2021. *Actualización del plan de lubricación del tren tres de laminación Gerdau Diaco - planta Tuta*. Colombia : Título [ingeniero mecánico], 2021. Universidad Santo Tomás Seccional- Tunja.

SERRANO NICOLÁS, Antonio. 2002. *Oleohidráulica*. Madrid : McGRAW-HILL/ Interamericana de España, S.A.U., 2002. ISBN: 84-481-3527-X.

SOTO GONZÁLES, Valentina Alejandra. 2016. *Diseño de un plan de mantenimiento para la flota naviera de la empresa Frasal S.A.* Chile : Tesis [ingeniero mecánico], 2016. Universidad Austral de Chile.

TELLO RODRIGUEZ, Diego Augusto, MORA PARDO, Jhonattan David y DUQUE PÉREZ, Raúl Andrés. 2022. *Plan de lubricación para mejorar la confiabilidad de los equipos rotativos del sistema de inyección de agua del campo CPE-6 bajo la metodología del TPM*. Colombia : trabajo investigación[grado de magister], 2022. Universidad ECCI.

VALDERRAMA MENDOZA, Santiago. 2013,. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta*. Lima : Editorial San Marcos E.I.R.L., 2013,. pág. 496. Vol. Segunda edición. ISBN: 78-612-302-878-7.

ANEXOS

Anexo 1.- Matriz de consistencia

Variables	Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Metodología
Dependiente: DISPONIBILIDAD	¿Cómo diseñar un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas en una empresa de servicios?	Diseñar un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas en una empresa de servicios.	Si se diseña un programa de lubricación mediante dispositivos de monitoreo y control para aceites y con capacitación especializada del personal aumentará significativamente la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas en una empresa de servicios.	Tipo de investigación: APLICADA Diseño de investigación: No EXPERIMENTAL Enfoque: CUANTITATIVO Nivel de investigación: EXPLICATIVO Alcance: LONGITUDINAL Método de investigación: ANALÍTICO-SINTÉTICO POBLACIÓN Y MUESTRA: Bancos de prueba Técnica de recolección de datos: Documental INSTRUMENTO: fichas de historial de fallas
	Problemas Específicos	Objetivo Específicos	Hipótesis Específicas	
	¿Cómo seleccionar un aceite hidráulico con el fin de aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas?	Seleccionar un aceite hidráulico óptimo con el fin de aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas.	Si se selecciona un aceite hidráulico óptimo aumentara la disponibilidad de los bancos de prueba para bombas oleohidráulicas.	
	Independiente: PROGRAMA DE LUBRICACIÓN	¿Cómo seleccionar un aceite lubricante óptimo para motor con el fin de aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas?	Seleccionar un aceite lubricante óptimo para motor con el fin de aumentar la disponibilidad de los bancos de prueba de bombas oleohidráulicas	
	¿Cómo seleccionar una cartilla de mantenimiento para los bancos de pruebas de bombas oleohidráulicas para aumentar su disponibilidad?	Seleccionar una cartilla de mantenimiento para los bancos de pruebas de bombas oleohidráulicas para aumentar su disponibilidad.	Si se selecciona una cartilla de mantenimiento correcta para los bancos de prueba aumentara su disponibilidad.	

Anexo 2.- Ficha técnica del motor **John Deere E4045HT086.**

Motor	310L			
Fabricante y Modelo	John Deere PowerTech™ 4045TBZ01 turboali- mentado	John Deere PowerTech 4045HBZ01 turboali- mentado	John Deere PowerTech™ Plus 4045HBZ02 turbo- alimentado, según el país	John Deere PowerTech 4045HBZ01 turboali- mentado
Estándar de Emisiones para Uso Fuera de la Carretera	No certificado	Tier 2 de la EPA/Etapa II de la UE	Certificación etapa IIIA de la UE; optimizada para operar a grandes alturas (HALT)	Brasil MAR-I
Cilindrada	4,5 l (276 in ³)	4,5 l (276 in ³)	4,5 l (276 in ³)	4,5 l (276 in ³)
Potencias Nominales				
Potencia Bruta a Velocidad Nominal	63 kW (85 hp) a 2 200 rpm	63 kW (84 hp) a 2 200 rpm	65 kW (88 hp) a 2 250 rpm	65 kW (87 hp) a 2 200 rpm
Potencia Máxima Bruta	69 kW (92 hp) a 1 800 rpm	66 kW (88 hp) a 2 000 rpm	68 kW (92 hp) a 2 000 rpm	66 kW (88 hp) a 1 980 rpm
Par Máximo Bruto	388 Nm (286 lb-ft) a 1 200 rpm	355 Nm (262 lb-ft) a 1 300 rpm	387 Nm (285 lb-ft) a 1 300 rpm	371 Nm (274 lb-ft) a 1 600 rpm
Potencia Máxima Neta (ISO 9249)	68 kW (91 hp) a 1 800 rpm	62 kW (83 hp) a 2 000 rpm	65 kW (87 hp) a 1 960 rpm	65 kW (87 hp) a 1 980 rpm
Par Máximo Neto (ISO 9249)	383 Nm (282 lb-ft) a 1 200 rpm	345 Nm (255 lb-ft) a 1 200 rpm	377 Nm (278 lb-ft) a 1 300 rpm	367 Nm (271 lb-ft) a 1 600 rpm
Aumento Neto del Par Motor	41 %	36 %	46 %	32 %
Potencias Nominales con Ventilador Viscoso Opcional				
Potencia Bruta a Velocidad Nominal	N/D	N/D	65 kW (88 hp) a 2 250 rpm	N/D
Potencia Máxima Bruta	N/D	N/D	68 kW (92 hp) a 2 000 rpm	N/D
Par Máximo Bruto	N/D	N/D	387 Nm (285 lb-ft) a 1 300 rpm	N/D
Potencia Máxima Neta (ISO 9249)	N/D	N/D	68 kW (91 hp) a 2 000 rpm	N/D
Par Máximo Neto (ISO 9249)	N/D	N/D	382 Nm (282 lb-ft) a 1 300 rpm	N/D
Aumento Neto del Par Motor	N/D	N/D	40 %	N/D
Lubricación	Sistema de presión con filtro enroscable y enfriador	Sistema de presión con filtro enroscable y enfriador	Sistema de presión con filtro enroscable y enfriador	Sistema de presión con filtro enroscable y enfriador
Filtro de Aire	Seco, de dos etapas, con elemento de seguridad y válvula de evacuación	Seco, de dos etapas, con elemento de seguridad y válvula de evacuación	Seco, de dos etapas, con elemento de seguridad y válvula de evacuación	Seco, de dos etapas, con elemento de seguridad y válvula de evacuación

Anexo 3.- Ficha técnica del aceite **Hidrau Premium John Deere.**

Hidrau™

Aceite hidráulico de primera calidad



JOHN DEERE

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

Hidrau™ es un aceite hidráulico antidesgaste premium ISO 68 para todas las estaciones, diseñado específicamente para su uso en sistemas hidráulicos e hidrostáticos de equipos de construcción y forestales. Este fluido supera el estándar de rendimiento HV de categoría HV ISO 11158 más alto de la industria. Para las excavadoras John Deere e Hitachi, se requiere un lavado del sistema con fluido Hitachi sin zinc llenado de fábrica antes de usar cualquier fluido hidráulico que contenga aditivo antidesgaste de zinc.

- Capacidad para todas las estaciones a temperaturas ambiente de –25 grados. C a +50 grados. C (–13 grados F a +122 grados F)
- Líquido de llenado de fábrica
- Excelentes características de flujo a temperatura fría
- Excepcional estabilidad al corte en condiciones operativas severas
- Viscosidad superior a alta temperatura
- Oxidación superior y estabilidad térmica.
- Excepcional rendimiento antidesgaste durante la vida útil del fluido.
- Excelentes propiedades antiespumantes y de liberación de aire.
- Protege contra el óxido y la corrosión.
- Intervalos de cambio ampliados

Rango de funcionamiento	Hidrau
Temperatura ambiente	–25 grados. C (–13 grados F) a +50 grados. C (+122 grados F)
Propiedades físicas	Especificación
Grado de viscosidad ISO	68
Viscosidad	
@ 40 grados. C	67,5
a 100 grados. C	11,9
Índice de viscosidad	174
Punto de inflamación	215 grados. C (419 grados F)
	–45 grados. C (–49 grados F)
Punto de fluidez	Número de pieza
Tamaño Botella de	TY27366
18,9 L (5 gal.) Tambor de	TY27368
208 L (55 gal.) Bolsa de 1041 L (275 gal.)	TY27369

Anexo 4.- Ficha técnica del aceite **Chevron Delo 400 SAE 15W40.**

APLICACIONES

Delo® 400 SDE SAE 15W40 con Tecnología Avanzada ISOSYN® es un aceite para motores de flota mixta recomendado para motores diésel de cuatro tiempos, atmosféricos y turboalimentados, y motores de gasolina de cuatro tiempos, en los cuales se recomiendan categorías de servicio API CK-4 o SN, y un grado de viscosidad SAE 15W-40. Está formulado para motores que funcionan en servicios exigentes y una amplia gama de condiciones climáticas.

Delo 400 SDE SAE 15W-40 con Tecnología Avanzada ISOSYN es excelente para usar en motores avanzados nuevos desarrollados para cumplir con las nuevas normativas de confiabilidad y emisiones, y en motores equipados con características como cabezales de cuatro válvulas, superalimentación, turboalimentación, inyección directa, cabezas de pistón más cortas, densidad de mayor potencia, intercooler, control electrónico total de sistemas de combustibles y emisiones, reducción catalítica selectiva de emisiones, recirculación de gases de escape, y filtros de partículas de salida.

Está formulado para un desempeño excepcional con combustibles diésel con bajo contenido de azufre y con ultrabajo contenido de azufre.

Este producto se recomienda para usar en los motores actuales más modernos para uso fuera de la carretera, incluidos aquellos adaptados para actuales normativas de emisiones en aplicaciones constructivas, agrícolas, mineras y navales

El aceite Delo® 400 SDE SAE 15W-40 es aprobado para:

- **Categorías de Servicio API** CK-4, CJ-4, CI-4 PLUS, CI-4, CH-4, SN
- **Cummins** CES 20086
- **Daimler MB-Approval** 228.31
- **Especificación de Fluidos Detroit (DFS)** 93K222
- **DEUTZ** DQC III-18 LA
- **MAN** M3775
- **Mack** EOS-4.5
- **MTU** Category 2.1
- **Renault** RLD-3
- **Volvo** VDS-4.5

El aceite Delo® 400 SDE SAE 15W-40 es recomienda para:

- **ACEA** E9, E11
- **Caterpillar** ECF-3
- **MAN** M3575
- **JASO** DH-2

INFORMACIÓN DE PRUEBAS TÍPICAS

Grado SAE	15W-40
Número de Producto	222290
Número SDS	
EE. UU.	42671
México	43552
Colombia	43918
El Salvador	43919
Densidad a 15°C, kg/L	0,877
Viscosidad, Cinemática mm ² /s a 40°C	112
mm ² /s a 100°C	14,7
Viscosidad, Arranque en Frío, °C/mPa.s	-20/5400
Viscosidad, MRV, °C/mPa.s	-25/16.700
Viscosidad, HTHS, mPa.s	4,2
Índice de Viscosidad	134
Punto de Inflamación, °C(°F)	230(446)
Punto de Escurecimiento, °C(°F)	-43(-45)
Ceniza Sulfatada, masa %	1,0
Número Base, mgKOH/g, ASTM D2896	10
Azufre, masa %	0,3

Pueden esperarse variaciones menores en la información de pruebas típicas en fabricación normal.

Anexo 5.- Formato de ficha para capacitación.

FICHA DE CAPACITACIÓN				Fecha:
Tema:				
Lugar de reunión:			Hora Inicio	Hora Término
Áreas participantes:				
Emp. a cargo de capacitación:			Ruc:	
Expositor:				
Representante(s) Empresa		Cargo	Firma	
1.-				
2.-				
REGISTRO DE PARTICIPANTES				
Nro.	Nombre	DNI	Área trabajo	Firma
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Anexo 6.- Registro data para análisis económico financiero.

O. T.	CLIENTE	SERVICIO	FACTURA	TOTAL (S/.)	PRUEBAS (S/.)
OS-4992	CONCRETOS ECOLÓGICOS FC PERU S.A.C.	Mantenimiento	F003-0006257	3,515.00	1,054.50
OS-5006	CONCRETOS ECOLÓGICOS FC PERU S.A.C.	Reparación	F003-0006258	7,227.60	2,168.28
OS-5007	CONCRETOS ECOLÓGICOS FC PERU S.A.C.	Mantenimiento	F003-0006259	7,487.48	2,246.24
OS-5009	CONCRETOS ECOLÓGICOS FC PERU S.A.C.	Reparación	F003-0006260	4,776.70	1,433.01
OS-5048	MORAN GONZALES JOSÉ SEBASTIAN	Reparación	F003-0006170	2,100.00	630.00
OS-5069	BETON MAQ S.A.C.	Reparación	F003-0006197	4,788.40	1,436.52
OS-5080	OLEOPARTS S.A.C.	Fabricación	F003-0006183	304.00	91.20
OS-5080	PROYECTOS INTEGRALES JENCA S.A.C.	Mantenimiento	F003-0006214	1,955.84	586.75
OS-5092	SOLMIN SUR S.A.C.	Mantenimiento	F003-0006205	1,064.00	319.20
OS-5092	MINERA SOLMIN E.I.R.L.	Mantenimiento	F003-0006222	1,064.00	319.20
OS-5093	TRANS KHAL E.I.R.L.	Reparación	F003-0006202	4,368.10	1,310.43
OS-5096	ROBINOS MAQUINARIAS & SERV. GENERALES E.I.R.L.	Reparación	F003-0006221	2,067.00	620.10
OS-5099	EMP TRANS LA PERLA DEL ORIENTE S.A.	Mantenimiento	F003-0006191	1,317.94	395.38
OS-5100	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SANTA CRUZ	Mantenimiento	F003-0006243	1,757.00	527.10
OS-5101	S & V DIESEL PARTS S.C.R.L.	Mantenimiento	F003-0006203	4,305.40	1,291.62
OS-5103	HIDROMAX S.A.C.	Regulación	F003-0006190	608.00	182.40
OS-5106	CORP. ACEROS, TORNOS & SERV. PJ S.A.C.	Prueba	F003-0006194	1,710.00	513.00
OS-5109	HIDRAULICA ANMAR E.I.R.L.	Mantenimiento	F003-0006199	1,124.80	337.44
OS-5114	CALDERON QUISPE EDISON ROMARIO	Mantenimiento	F003-0006206	1,292.00	387.60
OS-5116	SERVICIOS Y CONSTRUCCION VILLAVICENCIO S.A.C.	Prueba	F003-0006201	280.00	280.00
OS-5120	MIRAVAL BAUTISTA SERGIO ANDERSON	Reparación	F003-0006204	5,226.40	1,567.92
OS-5123	JORSAD SERVICIOS E.I.R.L.	Prueba	F003-0006263	538.00	538.00
OS-5130	PROVEEDOR CENTRAL S.C.R.L.	Fabricación	F003-0006217	3,800.00	1,140.00
OS-5137	ASOC. DE RECICLADORES MUNDO SALUDABLE	Reparación	F003-0006218	1,071.40	321.42
OS-5138	OHL INGENIEROS S.A.C.	Prueba	F003-0006223	464.00	464.00
OS-5140	RAMOS GARCÍA YANETT FABIOLA	Prueba	F003-0006231	1,393.00	1,393.00
OS-5143	JHK HOLDING S.A.C.	Mantenimiento	F003-0006234	1,020.00	306.00
OS-5147	EMPRESA DE TRANS CRUZ DEL NORTE S.A.C.	Prueba	F003-0006232	1,026.00	1,026.00
OS-5152	HIDRAMAP S.A.	Fabricación	F003-0006265	1,406.00	421.80
OS-5159	JUVIER S.A.C.	Mantenimiento	F003-0006253	1,919.00	575.70
OS-5160	JUVIER S.A.C.	Mantenimiento	F003-0006254	969.00	290.70
OS-5162	OLEOMEC SOLUCIONES HIDRÁULICAS S.A.C.	Fabricación	F003-0006269	1,064.00	319.20
OS-5166	VEGA MENDOZA UBER ANTENOR	Reparación	F003-0006272	5,901.40	1,770.42
OS-5167	HIDRAULICA ANMAR E.I.R.L.	Fabricación	F003-0006284	8,268.80	2,480.64
OS-5168	HIDRAULICA ANMAR E.I.R.L.	Fabricación	F003-0006285	6,201.60	1,860.48
OS-5170	HIDRAULICA ANMAR E.I.R.L.	Fabricación	F003-0006286	7,296.00	2,188.80
OS-5171	HIDRAULICA ANMAR E.I.R.L.	Fabricación	F003-0006287	7,296.00	2,188.80
OS-5173	IMPORTACIONES ALBALITA E.I.R.L.	Reparación	F003-0006255	6,809.60	2,042.88
OS-5174	TRANSPORTES J E.I.R.L.	Reparación	F003-0006264	1,739.30	521.79
OS-5182	IMPORTACIONES ALBALITA E.I.R.L.	Reparación	F003-0006256	2,413.00	723.90
OS-5188	CONSTRUCCIONES Y MAQUINARIAS DEL SUR S.A.C.	Mantenimiento	F003-0006308	4,430.80	1,329.24
OS-5189	CONSTRUCCIONES Y MAQUINARIAS DEL SUR S.A.C.	Reparación	F003-0006309	9,282.45	2,784.74
OS-5197	JUNTA DE USUARIOS DEL SECTOR HIDRÁULICO	Mantenimiento	F003-0006299	2,647.20	794.16
OS-5203	RAMOS GARCÍA YANETT FABIOLA	Prueba	F003-0006274	399.00	399.00
OS-5207	OLEOMEC SOLUCIONES HIDRÁULICAS S.A.C.	Fabricación	F003-0006273	4,005.60	1,201.68
OS-5208	INVERSIONES CALCIO & OEC E.I.R.L.	Reparación	F003-0006304	2,660.00	798.00
OS-5213	CARRERA ROJAS HILARION	Reparación	F003-0006317	4,278.80	1,283.64
OS-5219	HIDRAULICA ANMAR E.I.R.L.	Fabricación	F003-0006296	1,124.80	337.44
OS-5220	ASOC. DE RECICLADORES MUNDO SALUDABLE	Fabricación	F003-0006283	1,006.20	301.86
OS-5224	BAUNER S.A.	Fabricación	F003-0006303	6,460.00	1,938.00
OS-5238	FLORES TITO JOSE ATILIO	Reparación	F003-0006302	1,537.00	461.10
OS-5240	ANGELES CARCAMO JOHN	PRUEBA	F003-0006313	646.50	646.50
OS-5244	HIDRAULICA ANMAR E.I.R.L.	Fabricación	F003-0006316	1,234.00	370.20
OS-5246	ORTEGA ORTEGA WILSON WERNER	MANtenimiento	F003-0006310	1,318.60	395.58
			TOTALES MES	159,966.71	51,312.56

Anexo 7.- TAREO, data para el desarrollo estadístico de disponibilidad.

HIDRAULICA		AREA DE OLEOHIDRAULICA		Codigo: OLE-PDG-001_F3	
REGISTRO DE TAREO DIARIO				Ver.: 01	Fecha: 25/01
Tecnico: <i>Richard Fernando Gonzales Vasquez</i>				Fecha: <i>23-3-2023</i>	
N°	ORDEN DE TRABAJO	HORA DE INICIO	HORA FINAL	ACTIVIDAD	OBSERVACION
1		8:30	8:45	Charla motivacional	
2		8:45	9:00	Acomodando en su sitio la compresora y sus mangueras	
3		9:00	9:30	lavando la pistola de pintar	
4		9:30	12:30	luntado de puerta del taller	
5		11:30	12:00	lavado de pistola de pintar	
6	4203	12:00	2:00	lavado de motor Bucher AMS16-	
7		2:00	2:00	Refrigerio B	
8		2:00	2:30	preparando la pintura y las manguera de aire	
9		2:30	4:00	preparando la puerta de entrada al taller de gris	
10		4:00	4:30	lavando la pistola de pintar	
11	4203	4:30	6:00	Armando de motor Bucher AMS16	
12					
13					
14					

HIDRAULICA		AREA DE OLEOHIDRAULICA		Codigo: OLE-PDG-001_F3	
REGISTRO DE TAREO DIARIO				Ver.: 01	Fecha: 25/01/2023
Tecnico: <i>Daniel Lozada Sullon</i>				Fecha: <i>27-03-22</i>	
N°	ORDEN DE TRABAJO	HORA DE INICIO	HORA FINAL	ACTIVIDAD	OBSERVACION
1		8:32	8:52	charla de seguridad	
2		8:53	9:08	orden y limpieza	
3	4161	9:09	10:15	prueba bomba A4V 125 ✓	
4	4161	10:15	10:38	desmontaje bomba de engranes	
5	4161	10:40	11:59	desarmado y armado bomba de engranes	
6	4161	11:00	12:00	prueba bomba A4V-125	
7		12:00	16:00	Desarmado bomba BPU-100	
8	4161	16:00	17:20	prueba bomba A4V 125 ✓	
9	4161			desmontaje A4V-125 ✓	
10					
11					
12					

Anexo 8.- Viscosidad experimental vs ecuación de Walther para aceites lubricantes.

LUBRICANTE	v (cSt)	TEMPERATURA °C										r
		40	50	60	63	65	70	75	80	90	100	
PENNZOIL SAE 5W - 50	EXP.	105.639	68.887	47.250	43.125	40.527	34.979	30.425	26.457	20.925	17.159	0.9999
	CALC.	105.639	68.883	47.665	43.125	40.441	34.727	30.155	26.458	20.954	17.159	
PENNZOIL SAE 15W - 40	EXP.	103.323	64.269	42.559	38.257	35.412	30.288	25.983	22.334	17.289	13.872	0.9999
	CALC.	103.323	64.224	42.727	38.257	35.639	30.129	25.791	22.334	17.281	13.872	
PENNZOIL SAE 20W - 50	EXP.	139.225	84.685	55.356	49.239	45.380	38.529	32.714	27.903	21.612	17.194	0.9998
	CALC.	139.225	84.636	55.264	49.239	45.727	38.380	32.644	28.111	21.555	17.194	
MOBIL SAE 20W - 50	EXP.	121.368	75.700	50.844	45.865	43.030	36.574	30.894	27.175	20.923	17.109	0.9998
	CALC.	121.368	76.177	51.104	45.865	42.792	36.315	31.204	27.123	21.148	17.109	
MOBIL SAE 40	EXP.	133.184	76.923	48.023	42.423	39.317	32.198	27.021	22.929	17.009	13.197	0.9999
	CALC.	133.184	76.968	48.167	42.423	39.105	32.243	26.968	22.855	17.009	13.197	
MEXLUB SAE 15W - 40	EXP.	96.313	59.751	39.794	35.564	33.078	28.079	24.194	20.916	16.023	12.938	0.9999
	CALC.	96.313	59.750	39.721	35.564	33.131	28.013	23.987	20.780	16.096	12.938	
ESSO SAE 15W - 40	EXP.	88.127	54.745	37.276	33.328	31.317	26.843	23.340	20.078	15.548	12.476	0.9999
	CALC.	88.127	55.282	37.119	33.328	31.104	26.416	22.714	19.757	15.418	12.476	
QUAKER SAE 15W - 40	EXP.	94.343	58.593	38.737	34.781	32.508	27.497	23.917	20.609	15.478	12.318	0.9999
	CALC.	94.343	58.587	38.885	34.781	32.376	27.312	23.319	20.134	15.471	2.318	
QUAKER SAE 50	EXP.	155.572	91.592	58.108	51.428	48.464	39.461	33.974	28.657	21.592	16.630	0.9999
	CALC.	155.572	91.592	58.166	51.428	47.523	39.415	33.148	28.240	21.229	16.630	
CASTROL SAE 5W - 50	EXP.	117.290	75.913	52.333	47.325	44.411	38.121	33.526	29.169	23.591	19.097	0.9998
	CALC.	117.290	75.913	52.331	47.325	44.374	38.110	33.123	29.108	23.165	19.097	