

Implementación de un sistema optimizado de lubricación para mejorar la eficiencia operativa y energética de un homogeneizador de leche en la empresa Auralac

Cristian David Vélez Rendon

Pedro Andrés Sánchez Solano

Carlos Andrés Pérez Lemus

Asesor

MSc Gabriel Jaime Rivera León

Universidad nacional abierta y a distancia - UNAD

Escuela de ciencias básicas tecnología e ingeniería ECBTI

Ingeniería Industrial

2025

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a quienes han sido nuestro sostén silencioso, constante y amoroso durante todo este camino.

A nuestras familias, que con su gran paciencia, comprensión y amor aceptaron nuestras ausencias, nuestras largas jornadas de trabajo y nuestros momentos de silencio. A nuestras esposas, hermanos, padres y seres queridos, que supieron esperar, animar y acompañar sin condiciones. Cada momento que no compartimos con ustedes fue un sacrificio que solo tuvo sentido gracias a su apoyo incondicional.

Este logro también les pertenece. Porque sin su amor, su fe en nosotros y su presencia —aunque a veces fuera a la distancia— no estaríamos aquí. Gracias por ser el refugio, la motivación y la fuerza que nos sostuvo cuando más lo necesitábamos.

Agradecimientos:

En primer lugar, agradecemos a Dios, fuente de sabiduría, fortaleza y esperanza. Su guía nos acompañó en cada decisión, en cada reto, y en cada momento de incertidumbre.

Agradecemos muchísimo a la empresa Auralac, por abrirnos sus puertas y darnos los recursos, el tiempo y el espacio necesarios para desarrollar este grandioso proyecto, su confianza y disposición fueron para nosotros clave para que nuestras ideas pudieran convertirse en resultados concretos.

A nuestros tutores, por su orientación, paciencia y compromiso. Gracias por compartir su conocimiento, por corregirnos con respeto y por impulsarnos a dar lo mejor de nosotros mismos.

Y por supuesto, a nuestras familias, nuevamente, por ser el motor detrás de cada esfuerzo. A cada miembro del equipo, por su entrega, su compañerismo y su fe en este proceso. Este proyecto es el reflejo de un trabajo colectivo, pero también de una red de apoyo que nunca nos dejó solos.

Resumen

Actualmente la planta de producción de leche Auralac, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Rionegro (Antioquia), se encuentra atravesando una serie de dificultades con los procesos productivos debido a una serie de cambios en temas tecnológicos, en eficiencias de maquinarias, también en los tiempos de producción y una creciente exigencia del cliente. Sin embargo, existe afectación en la operación de producción, y este es el homogeneizador, siendo un cuello de botella donde está presentando un aumento en los costos operativos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone la estandarización del proceso de producción como una estrategia para mejorar la eficiencia y calidad del producto. Para ello, se realizará una revisión y ajuste del proceso, así como la selección de muestras para el control de calidad en cada una de las etapas del proceso de producción, tales como la recolección, pasteurización, homogenización y procesamiento final de los productos lácteos.

El fin de este proyecto es lograr analizar las pérdidas de cada una de las fases del proceso y lograr establecer los parámetros que nos puedan asegurar un funcionamiento óptimo del homogeneizador y la optimización de cada uno de los flujos de los materiales. Buscamos como resultado generar una propuesta con altos estándares de calidad que nos permitan mejorar la eficiencia de producción, minimizando las pérdidas y generar una mayor competitividad de la empresa Auralac en el mercado.

Palabras claves: Lubricación, homogenización, consumo, producción, mantenimiento.

Abstract

Currently, the Auralac milk production plant, located in the municipality of Rionegro (Antioquia), is facing a series of challenges in its production processes due to technological changes, machinery efficiency issues, production time constraints, and increasing customer demands. A critical point in the operation is the homogenizer, which has become a bottleneck and is contributing to rising operational costs.

In response to these challenges, this project proposes the standardization of the production process as a strategy to enhance both efficiency and product quality. This involves reviewing and adjusting the current workflow, as well as implementing sample selection for quality control across each stage of the production process, including milk collection, pasteurization, homogenization, and final processing of dairy products.

The objective of this study is to analyze losses at each phase of the process and establish parameters that ensure optimal performance of the homogenizer and efficient material flow. The expected outcome is a high-quality proposal that improves production efficiency, minimizes losses, and strengthens Auralac's competitiveness in the market.

Keywords: Lubrication, homogenization, consumption, production, maintenance.

Tabla de Contenido

Introducción	16
Problema de Investigación	17
Planteamiento del Problema	18
Sistematización del problema.....	18
Justificación	19
Objetivos.....	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos.....	20
Marco Teórico.....	21
Estudios de Casos Similares	22
Relación entre lubricación adecuada y sostenibilidad operativa en industrias lácteas	23
Lubricación industrial	24
Importancia de la lubricación.....	24
Elementos básicos que requieren lubricación	25
Factores que afectan la lubricación.....	25
Tipos o sistemas de lubricación	26
Tipos de lubricantes	26
Características de un lubricante.....	27
Reglas básicas para la selección de un lubricante:	27

Clasificación de la velocidad y temperatura de trabajo.....	28
Aplicación y métodos de los lubricantes:.....	28
<i>Lubricación por baño</i>	28
<i>Sistema de recirculación</i>	29
<i>Inyector de chorro</i>	30
<i>Lubricación por goteo</i>	30
Cambio de aceite	31
Análisis de aceites	31
Tipos de aceite que se analizan	31
Tipos de análisis	32
<i>Espectrofotometría de absorción atómica</i>	32
<i>Espectrografía por absorción atómica en aceites industriales</i>	32
Criterios de selección del aceite	33
Normas básicas para una correcta lubricación	33
Tarjetas de control para lubricación	33
Elementos que requieren lubricación.	34
Importancia de una correcta lubricación en la industria	34
Problemas por falta o mala lubricación.....	34
<i>Adhesión</i>	34
<i>Abrasivo</i>	35

<i>Erosivo</i>	35
<i>Cavitación</i>	35
<i>Difusión</i>	35
Aceites sintéticos.....	37
Beneficios.....	38
<i>Ahorro de energía</i>	38
<i>Mayor vida útil</i>	38
<i>Otros beneficios</i>	39
Homogenización de leche	40
Eficiencia energética y operativa	43
Mantenimiento predictivo	46
Mantenimiento productivo total (TPM).....	49
<i>Seiri (clasificar)</i>	51
<i>Seiton (Ordenar)</i>	51
<i>Seiso (Limpiar)</i>	52
<i>Seiketsu (Estandarizar)</i>	52
<i>Shitsuke (disciplinar)</i>	53
Estudio de métodos y tiempos.....	54
<i>Análisis del proceso existente</i>	54
<i>Identificación del cuello de la botella</i>	54

<i>Optimización y estandarización</i>	55
<i>Reducción del tiempo de los tiempos improductivos</i>	55
<i>Preparación del personal</i>	55
Análisis multicriterio	56
Control estadístico de procesos (CEP)	58
<i>Monitoreo de variables operativas clave</i>	58
<i>Identificación de tendencias y desviaciones</i>	58
<i>Validación del cambio</i>	58
<i>Apoyo para la toma de decisiones</i>	58
<i>Mejora continua</i>	59
Análisis de costos y beneficios.....	60
<i>¿Cuál es la situación que se presenta?</i>	60
<i>¿Qué se va a hacer para solucionarla?</i>	61
Metodología	63
<i>Fase 1: Diagnóstico y análisis del proceso actual</i>	63
<i>Fase 2: Selección del lubricante sintético</i>	63
<i>Fase 3: Diseño del sistema de lubricación optimizado</i>	63
<i>Fase 4: Implementación y capacitación</i>	63
<i>Fase 5: Evaluación y mejora continua</i>	63
Desarrollo del Proyecto.....	65

	10
Diagnóstico inicial.....	65
<i>Situación actual del homogeneizador.....</i>	65
Selección del lubricante	69
<i>Criterios técnicos y económicos</i>	69
Implementación del nuevo sistema	73
<i>Diseño técnico del sistema optimizado de lubricación</i>	73
<i>Lubricación mensual homogeneizadores</i>	74
<i>Lubricación trimestral homogeneizador</i>	74
<i>Lubricación semestral homogeneizador.....</i>	74
<i>Mantenimiento mensual homogeneizador</i>	76
Ajustes iniciales realizados	77
Capacitación y gestión del personal	79
<i>Plan de capacitación ejecutado.....</i>	79
<i>Identificación y prevención de la contaminación del lubricante</i>	79
<i>Mantenimiento del sistema de lubricación</i>	79
<i>Inspección y rectificación de componentes</i>	79
<i>Monitoreo de condiciones y análisis de aceite</i>	80
Resultados e impacto inicial en los procesos	81
<i>Aumento del hermetismo y prevención de fugas</i>	81
<i>Recuperación de las condiciones óptimas de operación.....</i>	81

	11
<i>Mejora en los indicadores del análisis de aceite</i>	82
Resultados y análisis	83
<i>Evaluación comparativa de indicadores</i>	83
<i>Calidad del lubricante y desgaste de componentes</i>	83
<i>Análisis comparativo de metales de desgaste y contaminantes (ppm)</i>	85
<i>Energía</i>	86
<i>Indicador</i>	86
<i>Antes de la implementación</i>	86
<i>Después de la implementación</i>	87
<i>Costos operativos</i>	88
<i>Costo de lubricante antes de la implementación (Shell Omala S2 GX220)</i>	88
<i>Costo de lubricante propuesto (H2 ENDURATEX EP220)</i>	89
<i>Análisis de ahorro en lubricantes:</i>	89
<i>Tiempos de mantenimiento y disponibilidad</i>	89
<i>Indicadores</i>	90
<i>Antes de la implementación</i>	92
<i>Después de la implementación</i>	92
<i>Análisis estadístico de los resultados obtenidos</i>	93
Logro de objetivos específicos planteados	96
<i>Objetivo 1: Reducción de los costos operativos del homogeneizador</i>	96

<i>Objetivo 2: Aumento de la disponibilidad y confiabilidad del homogeneizador</i>	<i>96</i>
<i>Objetivo 3: Mejora de la eficiencia energética</i>	<i>96</i>
<i>Objetivo 4: Extensión de la vida útil del equipo y sus componentes.....</i>	<i>96</i>
Conclusiones y recomendaciones	98
Conclusiones derivadas del desarrollo del proyecto	98
Aporte real a la eficiencia operativa y energética de la empresa	98
Recomendaciones para mantener o mejorar el sistema propuesto	99
Referencias Bibliográficas	101
Apéndices.....	103

Lista de Tablas

Tabla 1	<i>Tabla de Relación de Inversión de Lubricante Omala S2 GX 220.....</i>	61
Tabla 2	<i>Tabla de Relación de Inversión H2 ENDURATEX EP 220.....</i>	61
Tabla 3	<i>Comparativo de Metales de Desgaste vs Contaminantes:.....</i>	85
Tabla 4	<i>Comparativo de Metales de Desgaste vs Contaminantes + Análisis Eficiencia:</i>	93

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Actuar de Contaminante en Depósito de Almacenamiento</i>	66
Figura 2 <i>Equipo sin Compuertas ni Equipo Hermético</i>	67
Figura 3 <i>Desgastes en Maquinaria y Empaques.</i>	67
Figura 4 <i>Transmisión Principal con Desgaste</i>	68
Figura 5 <i>Muestra del Lubricante Contaminado</i>	69
Figura 6 <i>Análisis y Resultados de Contaminantes en Aceite Inicial</i>	71
Figura 7 <i>Análisis y Resultados de Contaminantes en Cambio De Aceite</i>	72
Figura 8 <i>Análisis de Costos por Lubricante.</i>	73
Figura 9 <i>Hojas de Actividades con Horas de Trabajo</i>	73
Figura 10 <i>Paquete de Mantenimientos con Actividades y Periodicidad.</i>	75
Figura 11 <i>Cargue de Bidón de Aceite Para Mantenimientos.</i>	75
Figura 12 <i>Mantenimiento Mensual Homogeneizador.</i>	76
Figura 13 <i>Detalle Consumo Antes de la Mejora</i>	87
Figura 14 <i>Detalle Consumo Después de la Mejora</i>	88
Figura 15 <i>Registro de Frecuencias de Paradas no Programadas</i>	90
Figura 16 <i>Reporte de Paradas Junio 2024 a Junio 2025</i>	91
Figura 17 <i>Reporte MTTR vs Cantidad de Anormalidades por Primer Semestre de Cada Año</i> ..	91
Figura 18 <i>Reporte MTBF vs Cantidad de Anormalidades por Primer Semestre de Cada Año</i> ..	92

Lista de Apéndices

Apellido A Ficha Técnica y la Hoja de Seguridad del Lubricante Seleccionado	103
Apellido B Ficha de Datos de Seguridad ENDURATEX EP 220.....	106
Apellido C Datos Técnicos ENDURATEX SYNTHETIC EP y XL.....	115
Apellido D Datos Técnicos PURITY FG EP.....	118

Introducción

La eficiencia operativa y energética es un factor crucial para la competitividad y sostenibilidad en la industria láctea. En este contexto, la empresa Auralac, ubicada en el municipio de Rionegro, Antioquia, enfrenta desafíos significativos en su proceso productivo debido a las deficiencias en el sistema de lubricación del homogeneizador de leche. Este equipo, esencial para la producción de derivados lácteos como quesos, yogures y bebidas, presenta problemas recurrentes asociados con elevados costos operativos, alto consumo energético y frecuentes interrupciones en la producción por mantenimiento correctivo.

En respuesta a esta problemática, este proyecto busca implementar un sistema optimizado de lubricación basado en el uso de un aceite sintético, seleccionado mediante criterios técnicos específicos propios de la ingeniería industrial. La propuesta tiene como objetivo principal mejorar sustancialmente la eficiencia operativa del homogeneizador, reducir significativamente los costos asociados al mantenimiento y disminuir el consumo energético general del equipo.

La metodología del proyecto se fundamenta en herramientas propias de la ingeniería industrial como el mantenimiento predictivo, la ingeniería de métodos y tiempos, análisis multicriterio y control estadístico de procesos, asegurando una implementación técnica y fundamentada en la evidencia. Se espera que, al concluir este proyecto, la empresa Auralac no solo incremente su eficiencia productiva, sino que también logre una reducción notable de costos operativos y energéticos, aportando directamente a su competitividad y sostenibilidad en el mercado regional.

Problema de Investigación

La empresa Auralac lleva más de 25 años operando en el mercado lácteo, posicionándose como una de las más destacadas del norte y oriente antioqueño. En su planta ubicada en Rionegro, Antioquia, la producción depende significativamente del homogeneizador, un equipo crítico cuyo desempeño impacta directamente en la calidad de productos lácteos como quesos, yogures y bebidas.

Actualmente, el homogeneizador presenta una problemática recurrente relacionada con su sistema de lubricación. El uso de aceites lubricantes convencionales ha resultado inadecuado para mantener la eficiencia requerida por las condiciones operativas exigentes del equipo. Esta deficiencia ha provocado desgastes acelerados en componentes internos, altos consumos energéticos y frecuentes paradas no planificadas para mantenimiento correctivo.

Estas interrupciones generan sobrecostos considerables debido a las pérdidas de producción, incrementos en costos energéticos y gastos adicionales derivados del mantenimiento no planificado. La falta de un sistema de lubricación optimizado afecta directamente la rentabilidad operativa y la sostenibilidad ambiental de la empresa.

Ante este contexto, surge la necesidad de investigar y determinar técnicamente un sistema optimizado de lubricación mediante la selección de un aceite sintético que permita mejorar sustancialmente la eficiencia operativa y energética del homogeneizador. Esto implica analizar detalladamente los procesos actuales, identificar puntos críticos y evaluar diferentes opciones técnicas y económicas para implementar una solución efectiva y sostenible. El resultado esperado es la reducción significativa del desgaste del equipo, una disminución en los costos operativos y energéticos, y una mejora general en la productividad y sostenibilidad de Auralac.

Planteamiento del Problema

¿Cómo puede la implementación de un sistema optimizado de lubricación con aceite sintético mejorar la eficiencia operativa y energética del homogeneizador de leche en la empresa Auralac?

Sistematización del problema

¿Cuáles son las condiciones actuales del sistema de lubricación del homogeneizador en la empresa Auralac, incluyendo las técnicas de mantenimiento, los costos asociados y el consumo energético?

¿Cuáles son los principios técnicos que se deben tener en cuenta para elegir el lubricante sintético correcto, esto de acuerdo con el mantenimiento predictivo y el TPM, validando si estas son adecuadas para diseñar e implementar un sistema de lubricación eficiente?

¿Cómo monitorear y evaluar el desempeño del nuevo sistema optimizado mediante herramientas estadísticas y análisis energético, qué acciones y capacitaciones son necesarias para garantizar su rentabilidad y su sostenibilidad, esto basado en la mejora continua dentro de la empresa y el equipo de trabajo?

Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad urgente de mejorar los procesos productivos y reducir los costos operativos en la empresa Auralac, una organización clave en la industria láctea del oriente antioqueño. El homogeneizador, al ser un equipo fundamental para la transformación de la leche, representa un punto crítico dentro de la cadena de valor. Las fallas asociadas a una lubricación deficiente no solo aumentan los gastos de mantenimiento, sino que también afectan la calidad del producto final y la capacidad de respuesta de la empresa frente a la demanda del mercado.

Desde el enfoque de la ingeniería industrial, esta investigación aporta una solución técnica y sostenible, integrando metodologías de mantenimiento predictivo, análisis multicriterio, ingeniería de métodos y control de procesos. Estas herramientas permiten tomar decisiones fundamentadas, optimizar recursos y mejorar la eficiencia energética, con impactos directos en la rentabilidad y competitividad de la empresa.

Además, la implementación de un sistema de lubricación optimizado con aceite sintético puede representar un modelo replicable en otras industrias con equipos de alta exigencia operativa. Esto amplía la relevancia del proyecto, no solo a nivel interno, sino también como un aporte al desarrollo de buenas prácticas industriales en el contexto colombiano.

En términos ambientales y de sostenibilidad, la reducción del consumo energético y del desgaste de componentes contribuye a minimizar la huella ecológica del proceso industrial. Por tanto, esta investigación también se alinea con los principios de producción más limpia y eficiencia energética promovidos por la política industrial nacional.

Objetivos

Objetivo general

Implementar un sistema optimizado de lubricación con aceite sintético para mejorar la eficiencia operativa y energética del homogeneizador de leche en la empresa Auralac, reduciendo el desgaste del equipo y los costos asociados al mantenimiento y consumo energético.

Objetivos específicos

Realizar un diagnóstico del sistema actual de lubricación mediante técnicas de mantenimiento predictivo e ingeniería de métodos.

Seleccionar técnicamente el lubricante sintético óptimo utilizando análisis multicriterio.

Implementar un sistema optimizado de lubricación basado en metodologías propias del TPM.

Evaluar los resultados de desempeño obtenidos con la implementación del sistema optimizado, mediante herramientas estadísticas y análisis energético.

Capacitar al personal operativo sobre el manejo adecuado del nuevo sistema de lubricación.

Marco Teórico

La lubricación industrial desempeña un papel crucial en el funcionamiento eficiente de equipos mecánicos, ya que reduce la fricción entre componentes en movimiento, minimizando el desgaste y optimizando el consumo energético. Según Aghababaei et al. (2021), "el tipo y la calidad del lubricante tienen un impacto directo en la eficiencia energética de las máquinas", "La profundidad de corte dicta la transición de la formación de virutas continuas a segmentadas" especialmente en procesos críticos como la homogenización de productos. Los lubricantes de alto rendimiento, como los sintéticos, no solo mejoran la transferencia de calor, sino que también reducen las paradas no planificadas, aumentando así la sostenibilidad operativa.

Por otro lado, la elección inadecuada de un lubricante puede generar incrementos significativos en el consumo de energía debido al aumento de la fricción interna y la disminución de la eficiencia mecánica. Según Rodríguez y Martínez (2021) "En industrias de alto consumo energético, como la de procesamiento de lácteos, el uso de sistemas de lubricación avanzados puede reducir los costos operativos hasta en un 40%". Según los estudios este ahorro es posible mediante "La implementación de lubricantes diseñados para condiciones específicas de carga, temperatura y velocidad asegura el desempeño óptimo del equipo".

Se expone que un sistema de lubricación adecuado no solo mejora el rendimiento energético, sino que también extiende la vida útil de los equipos, contribuyendo a la sostenibilidad industrial. Yang y Lee (2020) "Los avances tecnológicos en la formulación de lubricantes permiten enfrentar los desafíos de equipos modernos, reduciendo la huella ambiental y optimizando los procesos productivos". En el caso de los homogeneizadores industriales, "Un lubricante de alta calidad puede ser la clave para resolver problemas operativos recurrentes, garantizando un balance entre productividad y costos energéticos".

Estudios de Casos Similares

En Europa, Según Yang y Lee (2020), los avances en lubricación industrial han sido objeto de investigación aplicada, destacando su influencia en procesos de producción críticos. realizaron un estudio sobre la implementación de sistemas de lubricación avanzados en homogeneizadores de plantas lácteas en Alemania, donde se utilizó un aceite sintético de última generación para reducir el consumo energético. Los resultados mostraron una disminución del 35% en el consumo de energía y un incremento del 20% en la vida útil de los componentes internos del equipo. Este caso destaca la importancia de alinear las características del lubricante con las especificaciones operativas del equipo, promoviendo no solo la eficiencia energética, sino también la sostenibilidad operativa en plantas con altos estándares de calidad.

En América, un caso relevante es el de una planta procesadora de lácteos en Estados Unidos que adoptó un enfoque integral para optimizar su sistema de lubricación, estudiado por Aghababaei et al. (2021), en donde la empresa implementó un programa de mantenimiento preventivo centrado en la selección y monitoreo de lubricantes específicos para equipos como homogeneizadores y bombas de vacío. La investigación destacó una reducción del 40% en los costos operativos relacionados con el consumo energético y una mejora en la productividad general de la planta. Este caso subraya el papel crítico de la capacitación del personal y el uso de tecnologías de monitoreo para garantizar la efectividad de las estrategias de lubricación.

En Colombia, Rodríguez y Martínez (2021) analizaron el impacto de la lubricación en la eficiencia operativa de homogeneizadores en una planta láctea en Antioquia. Este estudio encontró que el uso de lubricantes convencionales no cumplía con los requisitos de los equipos modernos, lo que generaba un consumo energético excesivo y frecuentes interrupciones en la producción. Tras la implementación de un lubricante sintético de alta viscosidad diseñado para

altas temperaturas y presiones, la planta logró reducir sus tiempos muertos en un 30% y optimizar el rendimiento del equipo, garantizando la calidad del producto final. Este caso resalta la necesidad de invertir en lubricantes especializados y en estrategias de mantenimiento que respondan a las condiciones particulares del entorno operativo colombiano.

Relación entre lubricación adecuada y sostenibilidad operativa en industrias lácteas

La lubricación adecuada es un factor clave para garantizar la sostenibilidad operativa en las industrias lácteas, donde los equipos deben soportar altas cargas de trabajo y condiciones operativas exigentes. Según Aghababaei et al. (2021), un sistema de lubricación óptimo no solo reduce el desgaste de los componentes mecánicos, sino que también minimiza el consumo energético, uno de los principales costos operativos en estas industrias. En los procesos de producción láctea, como la homogenización, el uso de lubricantes sintéticos avanzados puede disminuir significativamente las paradas no planificadas, optimizando los tiempos de operación y garantizando la calidad del producto final. Esto, a su vez, refuerza el compromiso de las empresas con la sostenibilidad, al reducir su huella energética y mejorar su competitividad.

Debe resaltarse que la sostenibilidad operativa también implica minimizar el impacto ambiental de los procesos industriales, aspecto en el que la lubricación adecuada juega un rol fundamental. Rodríguez y Martínez (2021) destacan que los lubricantes especializados no solo extienden la vida útil de los equipos, sino que también disminuyen la generación de residuos derivados del mantenimiento frecuente o ineficiente. En el contexto de las industrias lácteas, esta optimización permite un balance entre la productividad y la responsabilidad ambiental, promoviendo operaciones más limpias y eficientes.

Lubricación industrial

“La lubricación generalmente se presenta en superficies metálicas expuestas a fricción, por lo cual se interpone una película fluida que separa dichas superficies a pesar de la presión que se ejerza para juntarlas, por lo tanto, la función de la lubricación es eliminar el contacto directo de las superficies metálicas con el fin de impedir su desgaste prematuro, reducir al mínimo el roce, lo cual produce pérdida de potencia” (“METALMECÁNICA // 12-Lubricación de Maquinaria - SENA”).

Importancia de la lubricación

En la industria se manejan costosos y complejos equipos, los cuales no podrían funcionar sin la lubricación correcta, por lo tanto el costo de la lubricación comparado con el valor del equipo resulta insignificante pero de vital importancia ya que le brinda la protección necesaria y la vida de dichos equipos, teniendo en cuenta lo anterior, se debe utilizar el lubricante correcto en la forma y cantidad adecuada en cada equipo dicho esto, la lubricación tiene ciertos beneficios entre los cuales tenemos:

Reduce la fricción y el desgaste de las piezas en movimiento.

Enfría las partes mecánicas.

Protege contra la herrumbre y la corrosión.

Menor costo de mantenimiento de la máquina.

Ahorro de energía.

Facilita el movimiento.

Reduce el ruido.

Mantiene la producción.

Prolonga la vida de los equipos

Funciones de los lubricantes

La lubricación debe disminuir al máximo los roces de sus partes facilitando así su movimiento, como también deben cumplir con ciertos parámetros entre los cuales tenemos:

Soportar altas presiones sin que la película lubricante se rompa.

Actuar como refrigerante.

Facilitar la evacuación de impurezas.

Elementos básicos que requieren lubricación

Los elementos básicos sin importar el tipo de equipo que requiere lubricación son:

Cojinetes simples y antifricción, guías, levas, etc.

Engranajes rectos, helicoidales, sin fin, etc., que puedan estar descubiertos o cerrados.

Cilindros de compresores, bombas y motores de combustión interna.

Cadenas, acoples flexibles y cables.

Factores que afectan la lubricación

El trabajo de un lubricante se ve afectado por varios factores, entre los principales tenemos:

Factores de operación:

Entre los factores de operación más comunes que afectan la lubricación tenemos:

La carga.

La temperatura.

La velocidad.

Posibles contaminantes.

Factores de diseño:

Entre los factores de diseño se pueden tener en cuenta entre otros:

Materiales empleados en los elementos.

Textura y acabado de las superficies.

Construcción de la máquina.

Métodos de aplicación del lubricante.

Tipos o sistemas de lubricación

Manual.

Centralizada o automática.

Tipos de lubricantes

De acuerdo con su estado, los lubricantes se pueden clasificar en:

Gaseosos (aire).

Líquidos (Aceites).

Semisólidos (grasas).

Sólidos, Por ejemplo: (Bisulfuro de molibdeno, grafito, talco).

En la industria en general se destacan por su mayor utilización los aceites y las grasas.

Según su naturaleza los lubricantes se clasifican así:

Vegetales: extraídos de plantas y frutos.

Animales: extraído de huesos y tejido adiposo de animales terrestres y marinos

Minerales: derivados del petróleo los cuales son los más utilizados a nivel industrial

Sintéticos. Obtenidos mediante procesos químicos.

Según su composición los lubricantes se clasifican en:

Base mineral + Aditivo

Naftenica. inhibidores. + Parafinica. Mejoradores

Características de un lubricante

Viscosidad

Índice de viscosidad.

Untuosidad.

Densidad.

Demulsibilidad.

Miscibilidad.

Punto de inflamación y combustión.

Puntos de fluidez.

Denominaciones:

Engranajes EP ISO 150

EP: extrema presión. (aditivos azufre+ fósforo).

ISO: Sistemas industriales.

150: viscosidad promedio

Ejemplo:

Mobil XHP 20 w 50

Mobil: fabricante proveedor.

XHP: aplicación, cilindros de motor multigrado.

20 w: características de baja temperatura

50: factor para determinar el valor de viscosidad promedio a 40 °C y 100 C

Reglas básicas para la selección de un lubricante:

A mayor velocidad menor viscosidad.

A menor velocidad mayor viscosidad.

A mayor temperatura mayor viscosidad.

A menor temperatura menor viscosidad.

A mayor carga mayor viscosidad.

A menor carga menor viscosidad.

Clasificación de viscosidad ISO

Baja..... ISO 32 a 68

Media..... ISO 100 a 220

Alta..... ISO 320 a 680

Clasificación de la velocidad y temperatura de trabajo

Velocidad.

Baja 0 a 450 rpm

Media 450 a 900 rpm

Alta > 900 rpm

Temperatura

Normal 10 a 35°C

Media 35°C a 70°C

Alta > 90°C

Aplicación y métodos de los lubricantes:

Lubricación por baño

“La lubricación por baño radica en un sistema de cojinete o chumaceras que está girando en contacto con el eje, en un baño de aceite, este tipo de engrase es muy económica y no requiere mucha vigilancia, solamente una intervención regular del correcto nivel de aceite y llenado del mismo” (“Unidad 4 LUBRICACION | PDF | Lubricante | Petróleo - Scribd”).

Precauciones: Cuando el cojinete contiene bolas o rodillos se debe tener en cuenta que dichos elementos deben estar sumergidos $1/30$ " a $1/2$ " de su altura en el aceite.

Los niveles de aceite por encima de lo presupuestado producen derrames y un aumento de temperatura en el cojinete.

Cuando el nivel de aceite es inferior al normal, se produce una mala lubricación.

Sistema de recirculación

Como lo expresa el documento "Métodos de lubricación II de la academia.edu" "La lubricación por recirculación se centra en alimentar a un centenar de puntos de lubricación, con una pequeña y constante cantidad de aceite, incluso contra la alta presión y el proceso de lubricación para todos los puntos conectados se repite mientras la bomba suministre aceite a los puntos de lubricación. Este aceite sale conducido desde los lugares de lubricación y retorna de nuevo al depósito de aceite para entrar nuevamente en circulación" ("(DOC) METODOS DE LUBRICACIÓN II - Academia.edu").

Ejemplo de aplicación

Engranajes, máquinas de papel, punzonadora, prensas, máquinas-herramientas.

Otras características sobresalientes son:

Medición exacta de cada punto de lubricación

Lubricación confiable, incluidos en los puntos de lubricación con altas presiones, así como los puntos de lubricación a larga distancia

Bajo costo de inversión, pequeñas secciones de tubería

Breves tiempos de pausa

Fácil monitoreo de funcionamiento

Diseño compacto de los distribuidores

Inyector de chorro

Este sistema de lubricación es el más usado en aplicaciones de rodamientos de ultra alta velocidad, tales como los motores a reacción con un valor superior a un millón rpm “(PDF) Lubricación de rodamientos - Academia.edu”).

En este caso el lubricante es pulverizado a presión ya que el trabajo a alta velocidad genera aire, el cual gira alrededor de los rodamientos con el aceite, causando deflexiones, la velocidad del chorro del lubricante desde la boquilla debe ser superior al 20% de la velocidad circunferencial de la superficie exterior del aro interior

Se puede obtener una refrigeración y distribución de temperatura más uniforme utilizando más orificios para una determinada cantidad de aceite. Teniendo en cuenta lo anterior, lo mejor es que el aceite sea descargado con fuerza para que la resistencia del lubricante a la agitación pueda ser reducida y dicha lubricación pueda reducir la temperatura con seguridad.

Lubricación por goteo

“Esta lubricación está basada en un recipiente en forma de botella inversa, con su cuello roscado para mantenerlo encima de la pieza a lubricar, luego un émbolo alimenta el aceite del recipiente al eje que va a lubricar” (“METALMECÁNICA // 12-Lubricación de Maquinaria - SENA”). Es muy importante tener en cuenta que este sistema no se debe llenar por completo, ya que una botella llena no contiene aire que haga bajar el aceite. Dicho sistema de lubricación se usa únicamente para soportes horizontales y es apto para mecanismos que necesitan poca lubricación o para transmisiones situadas en lo alto, de difícil alcance para la Re-lubricación, no se usa para lubricar mecanismos expuestos a altas temperaturas y velocidades.

Cambio de aceite

¿Cuándo debemos cambiar un aceite? Existen dos razones para cambiar el aceite:

Contaminación excesiva-metales, polvo, cenizas, agua, ácidos

Degradación del aceite, disgregación química de los componentes del lubricante.

Análisis de aceites

El objetivo de un análisis de aceite es:

Determinar la condición del aceite.

Asegurar el lubricante adecuado.

Establecer la frecuencia y/o cambio apropiado.

Pronosticar fallas.

Evitar daños permanentes.

Reducir paradas innecesarias.

Incrementar la eficiencia de los equipos.

Reducir costos en general.

Tipos de aceite que se analizan

Turbinas.

Sistemas hidráulicos.

Sistemas de circulación.

Transformadores.

Compresores.

Reductores de velocidad.

Motores de combustión interna.

Tipos de análisis

Espectrofotometría de absorción atómica

Las pruebas fisicoquímicas determinan el estado del aceite durante su trabajo en un determinado equipo, pero el análisis no estará completo si no se verifica la concentración de metales en dicho lubricante, ya que el aceite al circular por todos los elementos que lubrica recoge información valiosa, la cual, si se analiza, permite determinar anomalías que se puedan estar presentando

Espectrografía por absorción atómica en aceites industriales

Este sistema se utiliza para aquellos equipos críticos, que por su relevancia dentro de un sistema productivo puedan en un momento dado parar toda la producción.

Por lo general los metales que se analizan y su origen son:

Hierro: engranajes y rodamientos.

Cobre: babbit de cojinetes de fricción o del separador en rodamientos

Silicio: aire exterior.

Ventajas de la espectrografía por absorción atómica:

Evita reparaciones innecesarias en los equipos.

Pronostica fallas que se están formando en uno o en varios componentes.

Evalúa la calidad de lubricante utilizado.

Disminuye el tiempo de mantenimiento preventivo ya que antes de reparar el equipo, se conocen los elementos que se necesitan cambiar.

Criterios de selección del aceite

Para elegir un sistema de lubricación, se deben tener en cuenta parámetros importantes como son:

Viscosidad e índice de viscosidad

Estabilidad térmica

Tipo de aceite

Aditivos

Normas básicas para una correcta lubricación

Utilizar el lubricante recomendado.

Establecer el sistema de lubricación apropiado.

Establecer una frecuencia de cambio y/o Re-lubricación. (tarjeta de control).

Utilizar la cantidad necesaria. (Grasa o aceite)

Seguir normas de manipulación y almacenamiento de lubricantes.

Tarjetas de control para lubricación

Esta debe contener:

Nombre de la empresa.

Sección.

Nombre de la máquina, marca modelo, características.

Número de identificación.

Código.

Puntos de lubricación. (planos de puntos a lubricar y chequeo).

Aceite y grasas. (tipos)

Frecuencias.

Cantidades.

Observaciones.

Elementos que requieren lubricación.

Cojinetes simples y antifricción, guías, levas, etc.

Engranajes rectos, helicoidales, sin fin, etc., que puedan estar descubiertos o cerrados.

Cilindros de compresores, bombas y motores de combustión interna.

Cadenas, acoples flexibles y cables.

Importancia de una correcta lubricación en la industria

A continuación, se presenta el porcentaje de pérdidas teniendo en cuenta los diferentes parámetros de chequeo: Pérdida de utilidad Obsolescencia (15%), Degradación de la superficie (70%), Accidentes (15%), Desgaste mecánico (50%), Corrosión (20%), Adhesión Fatiga Abrasión Entre el 6% y el 7%

Problemas por falta o mala lubricación

Entre los objetivos principales de los lubricantes tenemos: lubricar, refrigerar, limpiar, evitar la corrosión, sellar y evitar desgaste, por lo tanto, el no tener en cuenta estos objetivos lleva a las siguientes fallas.

Adhesión

“Esta adhesión se presenta cuando hay alteraciones en una de las superficies las cuales interactúan directamente con la de otra superficie, se adhieren y se fijan, dando lugar en la mayoría de los casos al desprendimiento de partículas” (“SEMINARIO DE TRIBOLOGIA Y LUBRICACIÓN - Academia.edu”).

Abrasivo

“Es el resultado de la aparición de partículas extrañas entre las superficies en movimiento, dichas partículas pueden ser de igual o mayor dureza a la de los materiales que fueron fabricados. Las partículas se incrustan en una de las piezas y actúan como una herramienta con filo generando corte, removiendo material de la otra superficie” (“SEMINARIO DE TRIBOLOGIA Y LUBRICACIÓN - Academia.edu”).

Erosivo

“Es generado por un fluido a alta presión y puede llegar a ser peligroso si contiene partículas sólidas en suspensión, ya que al impactar sobre las superficies pueden desprender material de ellas, debido al efecto de los momentum de las partículas. La pérdida de material puede ser importante, induciendo a roturas por fatiga” (“Tribología y Lubricación. | PDF | Lubricante | Fricción - Scribd”).

Cavitación

“Se presenta cuando el aceite fluye a través de una región donde la presión es menor que la de su presión de vapor, esto ocasiona que el aceite eleve su temperatura y forme burbujas de vapor, las cuales son transportadas por el aceite, hasta llegar a una región de mayor presión, donde el vapor regresa al estado líquido en forma brusca, generando fugas sobre las superficies metálicas que dan lugar a la aparición de picaduras y grietas” (“SEMINARIO DE TRIBOLOGIA Y LUBRICACIÓN - Academia.edu”).

Difusión

“La difusión es un proceso de transferencia de masa, que se acelera al elevarse la temperatura; por ejemplo, un proceso de maquinado implica el contacto íntimo entre el material

de trabajo y la herramienta de corte a temperaturas que se aproximan algunas a veces a los 1100°C. Bajo estas condiciones la difusión es un mecanismo de desgaste significativo en la herramienta, presentando falas tan comunes como lo son: descargas eléctricas, desgaste abrasivo, desgaste adhesivo, corrosivo y fractura” (“SEMINARIO DE TRIBOLOGIA Y LUBRICACIÓN - Academia.edu”).

Aceites sintéticos

Son hidrocarburos con una base sintética que se produce en laboratorio de forma masiva, ya sea con productos derivados del petróleo o no. Si bien el proceso de obtención es más costoso, su uso conlleva muchas ventajas ya que son productos con buenas propiedades de estabilidad térmica ante diferentes rangos de temperatura, resistencia a la oxidación, alto índice de viscosidad, coeficiente bajo de tracción, amigables con el medio ambiente al producir menos contaminantes que las bases minerales y ayudan a optimizar el consumo de combustible. La base sintética se utiliza para la formulación de una gran variedad de productos que abarcan grasas, fluidos y aceites hidráulicos, de engranes, aceite para compresores, entre otros que se usan en diversas aplicaciones industriales. Su función primordial es reemplazar a los lubricantes minerales y obtenidos directamente del petróleo para mejorar su funcionalidad.

En general, los aceites sintéticos incluyen bases con poli glicoles, ésteres orgánicos, ésteres fosfatados, siliconas y polialfaolefinas para formar moléculas complejas saturadas, que se combinan con otras menos complejas para la producción de bases sintéticas con características específicas. Además, se añaden otros compuestos como el gas etileno destilado, que es un producto utilizado para la formulación de refrigerantes, incrementando el rendimiento del lubricante y también su costo. (Castrol, 2023)

A diferencia de las bases minerales que son mezclas de hidrocarburos de origen orgánico, los aceites sintéticos se elaboran con moléculas que tienen la misma molécula en su configuración y tamaño, por lo que tienen una estructura uniforme que mejora su capacidad para mantenerse estable ante un rango diferente de temperaturas. Aunado a la estructura molecular uniforme, los fluidos sintéticos tienen uniones moleculares idénticas, así como una estructura compleja saturada, y al tener una síntesis con un gas, los productos tienen un alto índice de

viscosidad, que hace que los aceites se adelgacen menos ante las altas temperaturas y que se engruesen menos a baja temperatura, es decir, permiten la formulación de lubricantes multigrado. Los lubricantes sintéticos son libres de cera y cebo, lo que incrementa su funcionalidad y ayuda a que se mantengan en óptimas condiciones durante más tiempo que los minerales. (Castrol, 2023)

Beneficios

Ahorro de energía

El tamaño y la forma idéntica en las moléculas de los lubricantes sintéticos proporcionan un coeficiente de tracción más alto y menor fricción interna, lo que se traduce en una menor pérdida de energía y una optimización del combustible, dependiendo de la aplicación que se le dé. En general los vehículos lubricados con aceites sintéticos requieren menos torque para el arranque, usan menos combustible, tienen menos riesgos de sobrecalentarse y tienen la ventaja de usar un mismo producto todo el año.

Mayor vida útil

No solo los lubricantes sintéticos tienen una duración de 5 a 10 veces mayor que los de base mineral, extendiendo los periodos de cambios, también incrementan la vida útil de los componentes que protegen. Esto permite obtener una relación calidad/precio muy alto, pues si bien el costo de los aceites sintéticos es mayor que el de los minerales, los beneficios se traducen en menos costos de mantenimiento, menos paradas en la producción, menos necesidad de cambios. A largo plazo es más rentable adquirir lubricantes sintéticos de alta calidad.

Mayor resistencia a la oxidación.

En los productos con base mineral, la tasa de oxidación aumenta por cada incremento de 10°C en la temperatura de operación. Por su parte, los lubricantes sintéticos no sufren esta

variación y se mantienen uniformes ante la temperatura, resistiendo el ataque del oxígeno en presencia del calor. Esta resistencia antioxidante ayuda a evitar la formación de depósitos de óxido que deterioran a los metales, y los aditivos dispersantes y detergentes mantienen en suspensión a los productos de la oxidación, es decir, las superficies de los componentes se encuentran limpias. Esto se traduce en menor corrosión, herrumbre y menos frecuencia en fallas de los equipos que requieran mantenimiento correctivo.

Otros beneficios

Mejora el rendimiento de la maquinaria, menos reemplazos y mantenimientos, menos cambios de aceite, menos interrupción en la producción.

Homogenización de leche

Es un proceso industrial estándar cuyo objetivo es reducir y uniformar el diámetro de los glóbulos de grasa en la leche y la nata, aplicando una alta presión. El objetivo de la homogeneización es aumentar la estabilidad de la emulsión de grasa láctea, es decir, evitar la separación de la grasa en la superficie de la leche durante el reposo. La homogeneización rompe los glóbulos de grasa, cuyo diámetro en la leche de vaca varía entre 1-5 μm (0,1-22 μm), y suele oscilar entre 3-4 μm . Una de las diferencias más importantes entre la leche de cabra y la de vaca está en la estructura y composición de la grasa láctea. El tamaño medio de los glóbulos de grasa en la leche de cabra es de 2 μm , por lo que se suele decir que la leche de cabra está naturalmente homogeneizada. En el proceso habitual de homogeneización se forman glóbulos de grasa con un diámetro inferior a 2 μm , y el número de glóbulos puede aumentar hasta 100 veces, y la superficie total de los glóbulos hasta 6 o 10 veces. Gracias a la homogeneización, se reduce la separación de la grasa láctea/nata en la superficie de la leche. El proceso de homogeneización se aplica en la producción de leche de consumo (pasteurizada y esterilizada), donde además de evitar la separación de la grasa láctea en la superficie, la leche homogeneizada obtiene un sabor más completo y rico, así como una mayor viscosidad. En la producción de productos lácteos fermentados, además de aumentar la estabilidad de la grasa láctea, la homogeneización también consigue la separación más complicada del suero lácteo debido a la mayor hidratación de los glóbulos de grasa homogeneizados.

La homogeneización de la leche suele realizarse a una temperatura de 50-60°C y a una presión de 150-200 bares (15-20 MPa). El homogeneizador debe colocarse de forma que la leche caliente entre en él, es decir, que la grasa láctea esté en estado líquido. La mayoría de las veces se coloca en la línea de pasteurización de la leche, es decir, la leche, tras el precalentamiento y la

separación/estandarización, pasa a la homogeneización, y luego vuelve al pasteurizador para calentarse a la temperatura de pasteurización. Además de homogeneizar toda la cantidad de leche, también se puede realizar una homogeneización parcial, cuando sólo se homogeneiza la nata o parte de la nata después de salir del separador, y luego la nata homogeneizada se mezcla con leche desnatada y se pasteuriza. La homogeneización puede ser de una o dos etapas. En la homogeneización en dos etapas, la presión es mayor en la primera etapa (15-25 MPa) y en la segunda etapa es menor (5-10 MPa). La segunda etapa evita la unión de los glóbulos de grasa y proporciona una presión controlada y constante tras la primera etapa de homogeneización, con lo que se consigue la máxima eficacia. (ED, 2020)

El primer homogeneizador fue patentado en 1899 por August Gaulin en Francia. En primer lugar, se homogeneizaba la leche pasteurizada por el consumidor para evitar la separación de la capa de grasa láctea (nata en la superficie de la leche durante el reposo). La construcción de cada homogeneizador consiste en varias bombas de pistón de alta presión y un sistema de válvulas de homogeneización. La parte principal del homogeneizador es el cabezal de homogeneización con válvulas, que puede ser de diferentes construcciones. La leche no homogeneizada pasa a través de las pequeñas aberturas de las válvulas y luego los glóbulos de grasa reducen su tamaño.

Al entrar en el hueco de la válvula, la energía de presión se convierte en energía cinética. Después de una milésima de segundo en la salida de la válvula, se produce de nuevo un gran cambio de velocidad en presión, lo que provoca turbulencias. Debido a este intenso tratamiento mecánico, primero a la entrada del estrecho hueco de la válvula se produce una deformación y estiramiento del glóbulo de grasa, y a la salida, se produce la división final en glóbulos más pequeños. Tras la división o trituración de los glóbulos de grasa, la membrana se regenera por

adsorción de las proteínas de la leche. Los glóbulos de grasa más pequeños contienen más proteínas, especialmente caseína, por lo que la leche homogeneizada es más blanca. Incluso después de la homogeneización, la grasa láctea está en forma de glóbulos de grasa, y no como grasa libre. La homogeneización no consigue una estabilidad absoluta y no impide el movimiento de los glóbulos de grasa hacia la superficie (sólo lo hace mucho más lento). Por eso esta leche no se llama homogénea sino homogeneizada. El principal resultado de la homogeneización es la obtención de una emulsión estable, lo que significa que el tamaño del glóbulo de grasa no cambia significativamente con el tiempo y que presenta una tendencia a desplazarse muy reducida. (ED, 2020)

Eficiencia energética y operativa

Toma como cimientos a la eficiencia y la energía con el fin de disminuir la cantidad de energía requerida para proveer productos y servicios, beneficiando tanto a la economía como al medioambiente sin perjudicar la calidad de la producción. A partir del descubrimiento de la máquina de vapor de James Watt, la energía eléctrica fue impulsada hasta convertirse en el pilar clave de la Revolución Industrial del siglo XIX, fue entonces cuando científicos e inventores innovaron en tecnología para ofrecer electricidad tanto a hogares y empresas como a servicios públicos e industrias. Tanto así que, actualmente, la energía eléctrica es indispensable para el estilo de vida de la sociedad y cubrir sus necesidades, desde encender una lámpara hasta hacer funcionar toda una planta industrial. Ya que la electricidad se obtiene a partir de dispositivos tecnológicos y procesos químicos, como la combustión, de fuentes de energías primarias, muchas veces no renovables, generarla no solo impacta negativamente en el medio ambiente con emisiones de gases de efecto invernadero, por ejemplo, sino que también representa un gasto significativo de capital. es así como surge el concepto de eficiencia energética, que tiene como objetivo optimizar el consumo energético para reducir los costos que este implica, sin afectar el rendimiento de procesos y actividades diarias. (BIA, 2022)

la eficiencia energética surge para concientizar sobre el consumo racional de recursos energéticos, así como para promover alternativas de estos. En este sentido, la eficiencia energética es un instrumento para obtener mejores resultados productivos invirtiendo la menor cantidad de energía posible sin afectar al medio ambiente. Su objetivo es optimizar el aprovechamiento de recursos energéticos y reducir los costos para su obtención sin entorpecer la realización de las tareas ni reducir la calidad de los procesos, por lo que en el sector industrial la

eficiencia energética es esencial para aumentar la rentabilidad y, así, garantizar la sustentabilidad de la empresa.

De acuerdo con estadísticas de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), el sector industrial representa el 29% del consumo energético, porcentaje que aumentará cada año a la par de los costos y afectaciones ambientales si no se comienzan a implementar estrategias energéticas eficientes.

Tomando en cuenta que las industrias constituyen una porción significativa en el consumo de energía, es importante que sus acciones estén alineadas a optimizar las formas en que se utilizan los recursos y equipos, así como el funcionamiento de los procesos.

Es fundamental entender que la energía es uno de los insumos más importantes del desarrollo industrial, por lo que incrementar la productividad contribuye al desenvolvimiento y crecimiento del proyecto y/o compañía.

Para esto es necesario realizar una gestión de mantenimiento, la cual se cerciora de que todo activo lleve a cabo las funciones esperadas, salvaguardando sus niveles adecuados de confiabilidad y disponibilidad tras cumplir con requerimientos de calidad y seguridad.

Ya que el objetivo del mantenimiento es asegurar la competitividad de la empresa, se debe tomar en cuenta la eficiencia energética de cada equipo, a fin de evitar fallas inesperadas o desconocidas producto de una mala operación o sobrecarga. (BIA, 2022)

Es aquí donde se debe prestar atención a la eficiencia energética en relación con el costo operativo, ya que con esto se conocerá el ciclo de vida del activo, lo cual ayudará a detectar problemas eventuales que puedan limitar el ahorro energético y producir inversiones más fuertes de rediseño y reformas en las instalaciones.

Para ilustrar claramente los beneficios económicos de la eficiencia energética, se pueden utilizar tablas comparativas que muestren los costos de energía antes y después de la implementación de medidas de eficiencia. Estas tablas no solo facilitan la visualización de los ahorros, sino que también sirven como una herramienta persuasiva para la toma de decisiones en la gestión empresarial.

Las tablas comparativas pueden incluir datos como el costo de la energía por kilovatio hora, el consumo total de energía y los costos operativos antes y después de las mejoras en eficiencia energética. El contraste entre estos números puede ser sorprendente y es una prueba tangible del impacto económico positivo que la eficiencia energética puede tener en una organización.

Mantenimiento predictivo

Está asociado con las prácticas de mantenimiento preventivo y anticipado de todo el aparato físico utilizado en las operaciones. En la práctica, estamos hablando de una metodología de mantenimiento que tiene un mayor atractivo para la prevención de daños y la predictibilidad de fallas. Se puede realizar mediante un seguimiento periódico mediante análisis de vibraciones, ultrasonidos, inspección visual o técnicas de análisis no destructivas. Es decir, no es necesario establecer necesariamente un programa de inspección fijo. El mantenimiento predictivo funciona a través de una cultura de monitoreo constante, adoptada por empleados, operadores de maquinaria y técnicos de mantenimiento.

Es flexible porque puede ser el resultado de la reflexión de uno de estos profesionales (como, por ejemplo: notar ruidos anormales en el motor de un torno y activar a los técnicos), o incluso incorporarse a una rutina de inspecciones diarias, semanales o mensuales., todo ello en función del segmento, equipamiento y modelo de negocio. Además, el mantenimiento predictivo se puede vincular de manera inextricable con las tecnologías de monitoreo utilizadas en la fábrica. Después de todo, además de las inspecciones, son los datos de cada máquina los que informan su estado. (TRACTIAN, 2025)

El mantenimiento predictivo tiene como objetivo principal anticipar y encontrar la raíz de los problemas en las máquinas y equipos. Es decir, incluso antes de que se conviertan en problemas potenciales, actuando cuando solo se encuentran síntomas. Esto es posible gracias a su modo de aplicación, a través de un seguimiento constante. Porque, mucho más allá de la apariencia, el tacto y el olfato del operador o técnico de la máquina, el mantenimiento predictivo tiene en cuenta la recopilación de datos. Esto, además de traer una serie de beneficios a la productividad, es también una forma de poner a los empleados como protagonistas, aumentando

su compromiso. Por lo tanto, la tecnología ocupa un espacio privilegiado en su implementación y aplicación en la planta de producción.

Los beneficios de una estrategia de mantenimiento predictivo se centran en anticiparse a los fallos y averías de los equipos, reducir los costes de mantenimiento y explotación optimizando el tiempo y los recursos, y mejorar el rendimiento y la fiabilidad de los equipos. Deloitte notificó en 2022 que PdM puede provocar una reducción del 5-15% en el tiempo de inactividad de las instalaciones y un aumento del 5-20% en la productividad laboral.¹ El mantenimiento predictivo también tiene un impacto beneficioso en la sostenibilidad operativa minimizando el uso de energía y los residuos.

Optimizar el rendimiento de los activos y el tiempo de actividad puede reducir los costes. La advertencia anticipada de posibles fallas se traducirá en menos averías, así como en una reducción del mantenimiento planificado o del tiempo de inactividad no planificado. Una mayor visibilidad continua del estado mejorará la fiabilidad y durabilidad de los equipos durante toda su vida útil. El uso de la IA puede pronosticar con mayor precisión las operaciones futuras. Este último beneficio es primordial en un mundo donde el aumento de los precios y los eventos impredecibles como la pandemia y los desastres naturales relacionados con el clima han expuesto la necesidad de un inventario de piezas de repuesto y costos de mano de obra más predecibles y un menor impacto ambiental de las operaciones. (TRACTIAN, 2025)

La productividad se puede aumentar reduciendo las operaciones de mantenimiento ineficientes, permitiendo una respuesta más rápida a los problemas a través de flujos de trabajo inteligentes y automatización, y equipando a los técnicos, científicos de datos y empleados de toda la cadena de valor con mejores datos con los que tomar decisiones. La mejora de las

medidas, como el tiempo medio entre errores (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR), las condiciones de trabajo más seguras para los empleados y las ganancias y rentabilidad.

Mantenimiento productivo total (TPM)

Es un programa de mantenimiento aplicado en una empresa que supone un nuevo concepto definido para el mantenimiento de plantas y equipos. El objetivo del programa TPM es aumentar notablemente la producción y, al mismo tiempo, aumentar la motivación de los empleados y la satisfacción en el trabajo. La implementación de un programa TPM crea una responsabilidad compartida por los equipos que fomenta una mayor participación de los trabajadores de la planta de producción. En el entorno adecuado, esto puede ser muy eficaz para mejorar la productividad (aumentando el tiempo de funcionamiento, reduciendo los tiempos de los ciclos y eliminando los defectos). En definitiva, el TPM enfoca el mantenimiento como una parte necesaria y de vital importancia del proceso productivo. El tiempo de inactividad para el mantenimiento se programa como parte del día en la producción y, en algunos casos, como parte integral del proceso de fabricación. El objetivo es mantener al mínimo el mantenimiento rutinario y no programado. (industria, 2024)

El TPM es un concepto japonés innovador. El origen del TPM se remonta a 1951, cuando se introdujo el mantenimiento preventivo en Japón. Sin embargo, el concepto de mantenimiento preventivo fue tomado de los Estados Unidos. Nippondenso, empresa miembro del grupo Toyota fue la primera compañía de la historia en introducir el mantenimiento preventivo en toda la planta en 1960. El mantenimiento preventivo se basa en el concepto de que los operarios producen bienes utilizando máquinas y el grupo de mantenimiento se dedica a trabajar en el mantenimiento de esas máquinas, sin embargo, con la automatización de Nippondenso, el mantenimiento se convirtió en un problema a medida que requería más personal de mantenimiento. Así pues, la dirección decidió que el mantenimiento rutinario del equipo fuera llevado a cabo por los operarios (Este es el mantenimiento autónomo, una de las características

del TPM). El grupo de mantenimiento se ocupó sólo de los trabajos de mantenimiento esenciales. De esta forma, todos los empleados participaron en la aplicación del mantenimiento productivo.

Aplicando el concepto de las 5S y promoviendo 8 actividades de apoyo (pilares), el enfoque de Mantenimiento Productivo Total tiene un gran impacto en la calidad del mantenimiento industrial, en la mejora de las técnicas de fabricación, en la limpieza y el orden de las plantas, así como en las habilidades y la formación de los empleados de mantenimiento. Establecer objetivos para maximizar la eficiencia de los equipos e involucrar a todos los departamentos en la planificación, la producción, la calidad y el mantenimiento son los principales objetivos de las 5S y las 8 actividades de apoyo (pilares). Los empleados están en el centro de este sistema y son continuamente formados en las técnicas de fabricación lean, identificando y eliminando los residuos. En mantenimiento, esto significaría: sin averías, sin interrupciones de producción, sin defectos y sin accidentes.

Las 5S es un sistema para organizar los espacios de manera que el trabajo se pueda realizar de forma eficiente, efectiva y segura. Este sistema se centra en poner todo en su sitio y mantener el lugar de trabajo limpio, lo que facilita a las personas hacer su trabajo sin perder tiempo o arriesgarse a sufrir lesiones. El concepto de las 5S implica evaluar todo lo presente en un espacio, eliminar lo innecesario, organizar las cosas lógicamente, realizar tareas de limpieza, y mantener este ciclo en marcha. Este sistema, a menudo denominado Lean manufacturing en Occidente, tiene como objetivo aumentar el valor de los productos o servicios para los clientes. Esto se logra generalmente encontrando y eliminando los desperdicios de los procesos de producción.

El término 5S viene de cinco palabras japonesas:

Seiri: clasificar

Seiton: ordenar

Seiso: limpiar

Seiketsu: estandarizar

Shitsuke: disciplinar

Seiri (clasificar)

El primer paso de las 5S implica revisar todas las herramientas, mobiliario, materiales, equipos, etc. en un área de trabajo para determinar lo que debe estar presente y lo que puede ser eliminado. Algunas preguntas que deben hacerse durante esta fase incluyen:

¿Cuál es el propósito de este objeto?

¿Cuándo se usó este elemento por última vez?

¿Con qué frecuencia se utiliza?

¿Quién lo usa?

¿Realmente necesita estar aquí?

Estas preguntas ayudan a determinar el valor de cada activo. Un espacio de trabajo podría estar mejor sin materiales innecesarios o usados con poca frecuencia. Estas cosas pueden estorbar u ocupar espacio.

Seiton (Ordenar)

Una vez que el desorden extra desaparece, es más fácil ver qué es cada cosa. En esta fase los grupos de trabajo pueden idear sus propias estrategias para clasificar los objetos restantes. En consecuencia, hay una serie de elementos para tener en cuenta:

¿Qué personas (o estaciones de trabajo) utilizan determinados objetos o materiales?

¿Cuándo se utilizan los objetos?

¿Qué objetos se utilizan con mayor frecuencia?

¿Deberían agruparse los objetos por tipo?

¿Dónde sería más lógico colocar los objetos?

¿Serían algunas ubicaciones más ergonómicas para los trabajadores que otras?

¿Podrían algunas ubicaciones reducir los movimientos innecesarios?

¿Se necesitan más contenedores de almacenamiento para mantener las cosas organizadas?

Durante esta fase, todos deben determinar qué arreglos son los más lógicos. Eso requerirá pensar en las tareas, la frecuencia de esas tareas, los recorridos de la gente a través del espacio, etc. (industria, 2024)

Seiso (Limpiar)

Todo el mundo cree saber lo que es la limpieza, pero es una de las cosas más fáciles de pasar por alto, sobre todo cuando el trabajo es muy intenso. La fase de limpieza de las 5S se centra

en la superficie de trabajo, lo que significa barrer, fregar, quitar el polvo, limpiar las superficies, guardar las herramientas y los materiales, etc. Además de la limpieza básica, el Seiso también implica realizar un mantenimiento regular de los equipos y la maquinaria.

Planificar el mantenimiento con antelación significa que las empresas pueden detectar problemas y evitar averías. Esto significa menos pérdida de tiempo y ninguna pérdida de beneficios relacionada con las paradas de trabajo.

Seiketsu (Estandarizar)

Una vez que se completan los tres primeros pasos de las 5S, los activos deberían verse bastante mejor. Todo el material extra se ha guardado, todo está organizado, los espacios están limpios, y el equipo está en buen estado de funcionamiento. El problema es que cuando se introduce este método nuevo en una empresa, es fácil de limpiar y organizarse... y luego

lentamente dejar que las cosas vuelvan a ser como antes. La estandarización sistematiza todo lo que acaba de suceder y convierte los esfuerzos de una sola vez en hábitos. Así mismo, asigna tareas regulares, crea horarios y publica instrucciones para que estas actividades se conviertan en rutinas. También, crea procedimientos operativos estándar para que el orden no se pierda.

Shitsuke (disciplinar)

Una vez que los procedimientos estándar para las 5S están en marcha, las empresas deben realizar el trabajo continuo de mantener esos procedimientos y actualizarlos según sea necesario.

El Shitsuke se refiere al proceso de mantener las 5S funcionando sin problemas, pero también de mantener a todos involucrados en la organización. Los gerentes necesitan participar, al igual que los empleados en la planta de producción, en el almacén o en la oficina.

El Shitsuke trata de hacer de las 5S un programa a largo plazo, no sólo una tarea ocasional o un proyecto a corto plazo. Lo ideal es que las 5S se conviertan en parte de la cultura de la empresa. (industria, 2024)

Estudio de métodos y tiempos

Los métodos y los tiempos son una herramienta fundamental de ingeniería, estos se utilizarán en este proyecto para refinar el proceso de lubricación del homogeneizado en la Compañía Auralac. El objetivo principal es investigar las actividades de mantenimiento existentes, poder identificar cuellos de botella y establecer los modelos apropiados para la introducción de la nueva tecnología de lubricación, lo que dará como resultado reducción de tiempos improductivos.

Se utilizarán varios métodos y tiempos para estandarizar el proceso del proceso de lubricación, y los siguientes aspectos clave del proceso actual:

Análisis del proceso existente

Se utilizarán métodos y tiempos para estandarizar el proceso de lubricación, identificando los movimientos, equipos y tiempos que cada actividad requiere, así buscamos reconocer ineficiencias, réplicas o pasos innecesarios se pueden incluir en esta serie: múltiples métodos y tiempos (Jiménez & Rodríguez, 2020).

Identificación del cuello de la botella

Son los puntos claves que en el proceso de lubricación están causando demoras e interrupciones, tales como la incapacidad de acceder a ciertos puntos de lubricación, así como se determinará la falta de equipos adecuados o la aplicación correcta del lubricante (Pérez et al., 2019).

Optimización y estandarización

Según los resultados se desarrollarán y documentarán los métodos más efectivos para la aplicación del nuevo aceite en el proceso, lo que significará definir los métodos y cantidades más precisas, además de las frecuencias de lubricación, se requiere reducir al máximo los tiempos de inactividad de las máquinas y aumentar la vida útil del nuevo lubricante (Ruiz, 2021).

Reducción del tiempo de los tiempos improductivos

Al mejorar el proceso y eliminar las ineficiencias, se espera que reduzca drásticamente los tiempos de parada no planificados y relacionados con las malas prácticas de lubricación y mantenimiento correctivo, lo que contribuye directamente al aumento de los homogeneizadores en la eficiencia operativa y energética (Martínez & Gómez, 2022).

Preparación del personal

El proceso de capacitación inicial para los empleados operativos y técnicos se deberá estandarizar, buscando asegurar que todos usen la tecnología de lubricación de manera segura y eficiente para el proceso de homogenización (García, 2020)

Análisis multicriterio

También abreviado como AMO, es un instrumento que se utiliza para evaluar diversas posibles soluciones a un determinado problema, considerando un número variable de criterios, se utiliza para apoyar la toma de decisiones en la selección de la solución más conveniente. Por ejemplo, centrándonos en tema de los recursos hídricos vinculados a un conglomerado urbano, el análisis multicriterio podría aplicarse a uno o varios casos como, por ejemplo, los siguientes:

Combinación de fuentes de agua cruda para el abastecimiento de agua potable, como: agua de mar, aguas subterráneas renovables, aguas fósiles, aguas superficiales de un río o lago, agua de lluvia, etc.

Tipo de tratamiento a implementar para la potabilización del agua, como: desalinización, tratamiento completa de tipo tradicional, desinfección, etc.

Posición de las nuevas plantas de tratamiento de agua potable, como: próxima de la fuente, en proximidad de una planta ya existente, en el centro de gravedad del área a ser abastecida, etc.

Tipo y localización de plantas de tratamiento de aguas servidas.

Uso para darse al agua servida después de su tratamiento, como: riego, recarga de acuíferos, etc.

Debe considerarse que el procedimiento es un auxilio metodológico a la toma de decisión, que debe considerarse con la debida prudencia, pues, de cualquier manera, en el proceso de evaluación multicriterio, como también en otros procedimientos usados con el mismo fin, no se pueden eliminar totalmente los factores subjetivos.

Para minimizar el riesgo, generalmente se conforma un comité específico, integrado por los principales actores involucrados en el tema, como, por ejemplo: Las autoridades locales de la

localidad, las autoridades regionales y nacionales según el caso, y representantes de la sociedad civil. Los actores involucrados deben llegar a consensos para establecer, entre otras cosas: Las alternativas a ser analizadas; Los objetivos, las variables, los criterios y los pesos de importancia relativa para los criterios definidos.

En una segunda fase, los expertos en la aplicación del método aplicarán los procedimientos matemáticos habituales, (método del “Scoring”, el “Proceso Analítico Jerárquico” u otro semejante), para concluir con un análisis de sensibilidad respecto a las principales variables, y en una tercera fase conclusiva en la que se presentará a los decisores los resultados para su validación, o para efectuar los ajustes necesarios.

Control estadístico de procesos (CEP)

Para el análisis y mejora continua del esquema, el control del proceso estadístico (CEP) será un mecanismo clave, donde esta implementación facilitará el monitoreo para informar los resultados de la última efectividad en los sistemas de lubricación, así como establecer una mejora continua después de su introducción (Ardila et al., 2016).

Monitoreo de variables operativas clave

Se compilarán y analizarán datos variables, incluida la homogeneización en el uso de energía, los casos de fugas relacionadas con la lubricación y los tiempos de parada de mantenimiento, con estos resultados se compararán con los registros históricos para determinar los efectos de la nueva implementación (García-Toll et al., 2019).

Identificación de tendencias y desviaciones

Para ello, haremos uso de gráficos de control (donde podremos determinar gráficos X-Barra y R, o gráficos P y C para atributos), además de tendencias, cambios o puntos fuera de control en el rendimiento de los homogeneizadores, esto nos ayudará a identificar posibles inconvenientes antes de que se conviertan en fallas significativas y se deban tomar medidas correctivas (Ardila et al., 2016).

Validación del cambio

El CEP presentará evidencia cuantitativa que demuestre el éxito del proyecto, esto incluye la reducción del consumo de electricidad, la disminución de los costos de operación y el crecimiento de la vida útil de todos los equipos involucrados en el proceso. Tendremos tablas comparativas, las cuales nos serán útiles para demostrar ahorros económicos derivados de la conservación de la energía (García-Toll et al., 2019).

Apoyo para la toma de decisiones

Los resultados del CEP ayudarán a plantear la toma de decisiones de manera más informada con respecto a los avances futuros de los cambios, además de las mejoras en técnicas de capacitación adicionales a las necesidades del equipo. Esto nos puede asegurar que el sistema esté bien conservado a largo plazo y que la Compañía Auralac establezca una cultura de soporte técnico basada en evidencia (Ardila et al., 2016).

Mejora continua

El ciclo de monitoreo y análisis continuará mejorando el sistema de lubricación, asegurando que se adapte a cualquier cambio en las condiciones operativas o las necesidades de la compañía, lo cual es consistente con la filosofía total de mantenimiento del producto (TPM) descrita en el marco teórico (García-Toll et al., 2019).

Análisis de costos y beneficios

El análisis de costo y beneficio según Aguilera Díaz, Anailys. (2017) “Es una herramienta clave para cuantificar el impacto económico de la solución propuesta, comparando los costos actuales frente a los proyectados con la implementación del sistema optimizado”.

¿Cuál es la situación que se presenta?

Se propone reemplazar el aceite lubricante Shell Omala S2 GX220 existente, por el aceite lubricante H2 Enduratex EP220 ya que, nos brindaría mayor confiabilidad y nos disminuirá la frecuencia de recambio. Además, tiene un costo por galón menor al actual.

Sell OMALA S2GX220 utilizado actualmente

Están formulados para reducir el riesgo de descomposición térmica y química durante todo el intervalo de mantenimiento. Resisten a altas cargas térmicas y resisten la formación de lodos. (“Shell OMALA S2 GX 220 micropicadura”)

En el último año hasta hoy el cambio de aceite en el homogeneizador se ha realizado 7 veces y en total se han gastado 134 galones.

Aceite H2 ENDURATEX EP220 propuesto

Los aceites para engranajes ENDURATEX EP220 son lubricantes premium versátiles, cuyo uso se recomienda en todo tipo de transmisiones de engranaje industriales cerrados en los que se especifica un aceite para engranajes de presión extrema, especialmente donde se requiere protección contra micro picaduras por fricción. (“ENDURATEX™ XL Synthetic Blend - Petro-Canada Lubricants”)

Con este aceite los intervalos de frecuencia de cambio pueden ser hasta de 1 año o en casos extremos cada 6 meses.

¿Qué se va a hacer para solucionarla?

Se da la oportunidad de cambiar al aceite Enduratex ya que tiene una vida útil más larga y prolongara la vida útil de la máquina.

Beneficios:

Ahorro significativo

Disminuir frecuencia de cambio de 4 meses a 6 meses inicialmente. Posterior a este se realiza según análisis de aceite.

Mayor confiabilidad del equipo, al ser un aceite lubricante que nos da mayor vida útil en las condiciones de trabajo que requiera cada equipo.

Menor disposición de aceites usados.

(Costo aproximado de la implementación \$ 2.800.000)

Datos 2024

Tabla 1

Tabla de Relación de Inversión de Lubricante Omala S2 GX 220

Omala S2 GX 220	Cantidad	Valor total
Cada 4 meses	20 Gln	\$ 2'390.000
Anual	134 Gln	\$ 16'685.000

Tabla 2

Tabla de Relación de Inversión H2 ENDURATEX EP 220

H2 ENDURATEX EP 220	Cantidad	Valor total
Cada 6 Meses	20 Gln	\$ 2.240.000
Anual	40 Gln	\$ 4.480.000

Realizando la comparativa de precios entre ambas sustancias, nos encontramos que con el nuevo sistema de lubricación tendríamos:

Ahorro por Mantenimiento del 40% Aprox. entre cambios de aceite.

Ahorro Anual de 74% en Costos únicamente de aceite.

Metodología

La metodología de este proyecto se fundamenta en el modelo en cascada, estructurado en fases secuenciales que permiten una ejecución organizada y controlada. Cada fase responde a objetivos específicos que integran herramientas técnicas de la ingeniería industrial para garantizar una implementación rigurosa y efectiva del sistema de lubricación optimizado.

Fase 1: Diagnóstico y análisis del proceso actual

Recolección de información técnica del homogeneizador.

Análisis de fallas y frecuencia de mantenimiento.

Evaluación del consumo energético actual.

Identificación de puntos críticos de lubricación.

Fase 2: Selección del lubricante sintético

Aplicación de análisis multicriterio para comparar opciones de lubricantes.

Evaluación de compatibilidad con materiales del equipo.

Pruebas de laboratorio para validar propiedades fisicoquímicas del lubricante.

Fase 3: Diseño del sistema de lubricación optimizado

Determinación de frecuencias y cantidades óptimas de lubricación.

Aplicación de ingeniería de métodos y tiempos para estandarizar el proceso.

Integración de sensores de monitoreo de temperatura y presión del aceite.

Fase 4: Implementación y capacitación

Instalación del sistema optimizado en el homogeneizador.

Capacitación del personal técnico y operativo.

Simulación de escenarios operativos para validar la eficiencia del sistema.

Fase 5: Evaluación y mejora continua

Monitoreo del consumo energético y desempeño del equipo.

Aplicación de control estadístico de procesos (CEP).

Análisis de datos para identificar mejoras.

Ajustes técnicos según los resultados obtenidos.

Cada fase está alineada con el objetivo general del proyecto y busca garantizar que los resultados obtenidos respondan a las necesidades reales de la empresa Auralac. Esta metodología permite no solo resolver el problema identificado, sino también establecer una cultura de mantenimiento técnico basado en evidencia, contribuyendo a la sostenibilidad operativa de la planta.

Desarrollo del Proyecto

Diagnóstico inicial

Situación actual del homogeneizador

El constante cambio de los procesos de manufactura a los que está sometido la empresa Auralac, sumado a ellos los cambios en la tecnología, la eficiencia de las maquinas, el tiempo de producción y la exigencia del cliente son factores que afectan la operación del homogeneizador, por ende, el producto y la operación de producción

Auralac cuenta con un proceso llamado homogenización, el cual consta de hacer los glóbulos de grasa más pequeños para que la mezcla de los nutrientes de la leche sea más estable, el equipo que se utiliza para este fin es el homogeneizador. Este equipo cuenta parcialmente con un plan de mantenimiento, con el fin de prevenir daños graves en la máquina, pero se observa que en el plan no se cuenta con una lubricación técnica adecuada de la caja reductora que garantice el correcto trabajo de los elementos mecánicos del equipo. Al no tener una lubricación tecnificada en un equipo crítico como es el homogeneizador se han presentado paradas significativas de más de una hora, lo que ocasiona retrasos en producción, deterioro en general, mayor consumo energético y sobrecostos tanto en la producción como en el mantenimiento. Cabe mencionar que se utiliza un aceite en su clasificación H2 porque este mismo no tiene posibilidad de entrar en contacto con el producto lácteo, por la separación entre piezas en su estructura y el mismo circuito de lubricación.

Identificación de problemas técnicos en lubricación actual

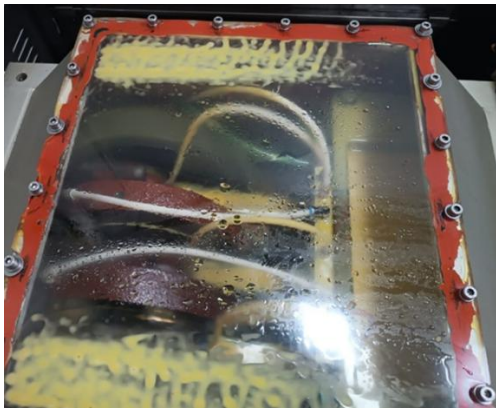
Se esta mencionado el aceite como el repuesto más importante dado que, está sustancia es la que permite evitar el contacto metal-metal generando fricción y todos los tipos de esta que se puedan presentar. Otro de sus alcances es mantener refrigerado el equipo y con ello mantener un

régimen de consumo de energía para el que está diseñado, sin afectar la buena productividad y disponibilidad del equipo Homogeneizador. (-ED, 2022) por lo tanto se identifican los siguientes problemas técnicos en la lubricación:

Se observa que el aceite lubricante se contamina constantemente con producto lácteo por residuos líquidos que lo permiten por el paso en los sellos de los pistones y agua directamente en el depósito de almacenamiento.

Figura 1.

Actuar de Contaminante en Depósito de Almacenamiento



Se requiere de revisión exhaustiva de todo el sistema de lubricación del equipo.

No se cuenta con la hermeticidad necesaria para que no se filtre el agua por las guardas de seguridad y compuertas.

Figura 2

Equipo sin Compuertas ni Equipo Hermético



Se evidencia un alto grado de desgaste en bloque de válvulas, las válvulas propiamente, resortes y empaquetadura en general, siendo esta última la responsable de permitir el paso de los residuos del producto lácteo hacía el sistema de lubricación.

Figura 3

Desgastes en Maquinaria y Empaques.





Posibilidades de presentar baja eficiencia desde la transmisión principal del equipo. Se requiere revisión general de la misma

Figura 4

Transmisión Principal con Desgaste



Por último, se procede a tomar una muestra de lubricante sacada del homogeneizador para enviarla a analizar a un laboratorio experto en lubricantes con el fin de saber en qué condiciones está el lubricante y que partes se están desgastando más rápido. En la parte de debajo de la imagen, observamos la contaminación por el agua que llega al equipo, un poco más

arriba vemos donde se concentra la leche filtrada, y el color entre café oscuro y claro es el lubricante mineral.

Figura 5

Muestra del Lubricante Contaminado



Selección del lubricante

Crterios técnicos y económicos

Teniendo en cuenta los problemas técnicos en lubricación presentados con el aceite Omala S2 GX 220, se toma la decisión de utilizar el aceite H2 ENDURATEX EP 220 ya que es un aceite sintético premium versátil, cuyo uso se recomienda en todo tipo de transmisiones de engranajes industriales cerrados de presión extrema especialmente donde se requiere protección contra micro picaduras por fricción, alargando la vida útil de los engranajes y cojinete, por otra parte su excelente capacidad de separación con el agua, evita la formación de emulsión permitiendo que se escurra el agua antes que circule el aceite, eliminando así el daño corrosivo a las parte de metal cuando hay agua (véase los apéndices).

Teniendo en cuenta los criterios de selección del aceite tenemos:

Viscosidad/ índice de viscosidad: 198/ 242

Estabilidad térmica: -24/-11

Tipo de aceite: sintético premium

Aditivos: sin cenizas especialmente seleccionados brindando una protección duradera, anti-desgaste y contra presiones extremas

Ahora bien, con el aceite Omala S2 GX 220 se estaban realizando 7 cambios al año cada uno de 20 galones, con la nueva decisión pasamos a realizar 2 cambios al año, esto se traduce en menos tiempo en mantenimientos, más disponibilidad del equipo para la operación y producción acorde a las metas.

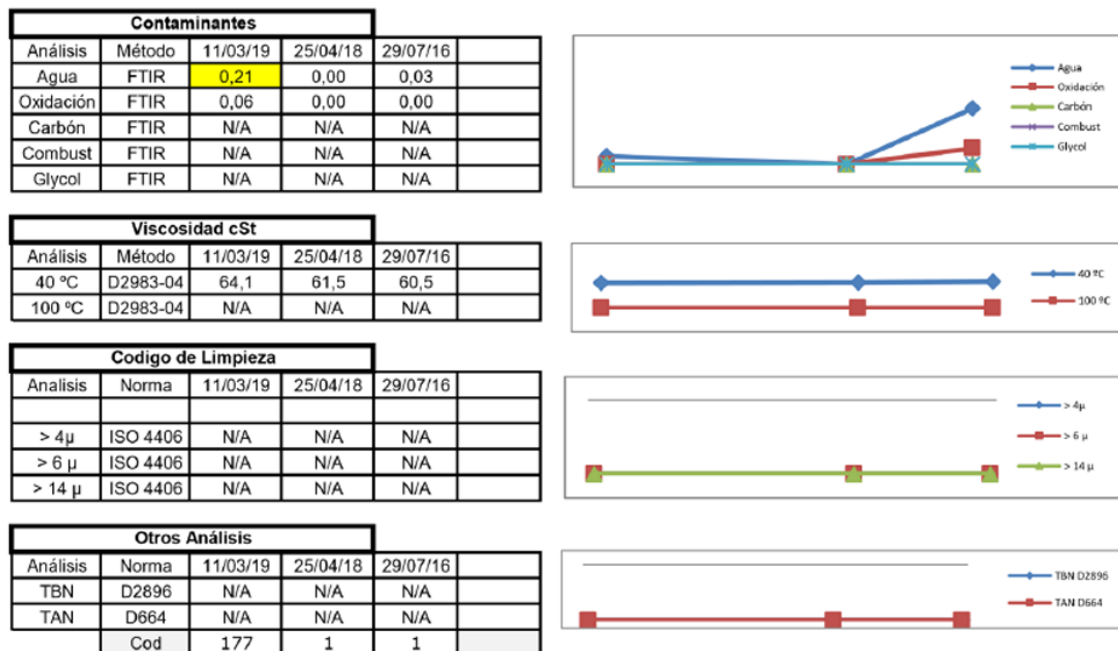
Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, los costos se reducen significativamente pasando de \$16. 685.000 con el aceite Omala S2 GX 220 a \$4.480.000 con el aceite H2 ENDURATEX EP 220

Resultados del análisis comparativo

Teniendo en cuenta el análisis realizado al aceite inicial y el aceite seleccionado tenemos una condición con presencia de agua y daños en las piezas por lo cual se recomienda buscar la causa y realizar el cambio de aceite.

Figura 6

Análisis y Resultados de Contaminantes en Aceite Inicial.



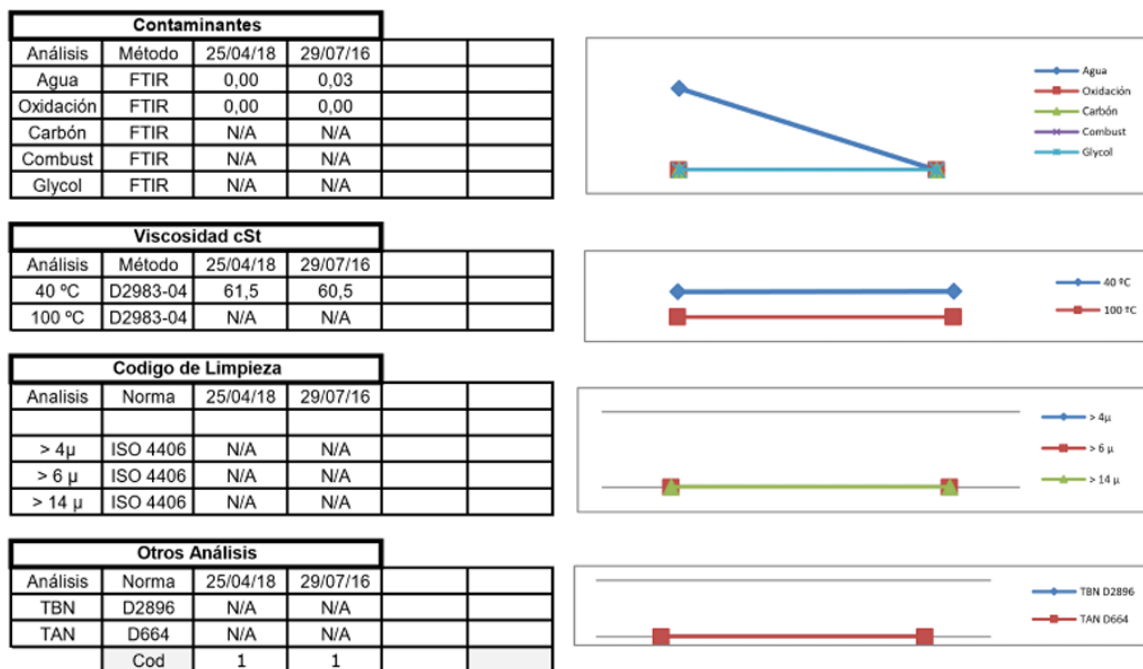
CONDICION: * Presenta agua emulsionada

RECOMENDACIÓN: * Buscar causa-origen, cambio de aceite y monitoreo en 50 horas.

Luego del cambio se tienen condiciones de funcionamiento normal y acordes a las características del aceite, como todo equipo es necesario realizar los monitoreos de rutina sin afectar su uso y disponibilidad de este.

Figura 7

Análisis y Resultados de Contaminantes en Cambio De Aceite.



CONDICION: * No presenta ninguna anomalía aparente

RECOMENDACIÓN: * Continuar con el monitoreo de rutina.

Por otra parte, en temas de costos, como se mencionó anteriormente se reducen significativamente, obteniendo un ahorro por mantenimiento del 40 % aproximadamente entre cambios de aceite y adicional un ahorro anual del 74% en costos únicamente del aceite.

Figura 8

Análisis de Costos por Lubricante.

DATOS EN COSTO DEL CAMBIO DE LUBRICANTE		
Omala S2 GX 220 lubricante que tenía antes del cambio	Cantidad	VALOR TOTAL
Cada 4 meses	20 Gln	\$ 2'390.000
Anual	134 Gln	\$ 16'685.000
H2 ENDURATEX EP 220 lubricante con el que se hizo la mejora	Cantidad	VALOR TOTAL
Cada 6 Meses	20 Gln	\$ 2.240.000
Anual	40 Gln	\$ 4.480.000

Implementación del nuevo sistema

Diseño técnico del sistema optimizado de lubricación

Con el diseño que se realizó para el sistema de lubricación, se crearon las Hojas de Actividades para cada caso en mención de la frecuencia requerida y propuesta. En la siguiente imagen se muestran como quedaron tituladas y asociadas a cada una de las intervenciones en el tiempo que se ejecutan.

Figura 9

Hojas de Actividades con Horas de Trabajo.

Op.	SOp	PstoTbjo	Ce.	Ctrl	Descripción operación	T...	Trabajo	Un.	N°	Dur.	Un.	C %	DistTrblnt	Fac	CIAct
<input type="checkbox"/>	0010	MANTEMTO	5000	PM01	LUBRICACION MENSUAL HOMOGENEIZADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	4,0	HRA	1	4,0	HRA	1 100		1	QAM001
<input type="checkbox"/>	0020	MANTEMTO	5000	PM01	LUBRICACION TRIMESTRAL HOMOGENEIZADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	4,0	HRA	1	4,0	HRA	1 100		1	QAM001
<input type="checkbox"/>	0030	MANTEMTO	5000	PM01	LUBRICACION SEMESTRAL HOMOGENEIZADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	4,0	HRA	1	4,0	HRA	1 100		1	QAM001

De igual manera se muestran a continuación las descripciones de las actividades a Ejecutar en cada frecuencia evidenciada para el mantenimiento del equipo Homogeneizador.

Lubricación mensual homogeneizadores

Revise el nivel de aceite a través del visor ubicado en la parte trasera del equipo. De ser necesario ajuste el nivel adicionando aceite H2 ENDURATEX EP 220.

Lubricación trimestral homogeneizador

Haga cambio de aceite realizando las siguientes actividades: drene el aceite, limpie el Carter, la caja de engranajes y la mirilla de nivel de aceite. Reemplace el filtro de aceite, adicione aceite H2 ENDURATEX EP 220 y garantice dejar mirilla a $\frac{3}{4}$ de nivel.

Haga cambio de las mangueras de lubricación.

Revise y/o cambie los racores en mal estado de las mangueras de lubricación.

Lubricación semestral homogeneizador

Drene el aceite, limpie el carter, la caja de engranajes y la mirilla de nivel de aceite. Si la maquina usa filtro de aceite remplace el cartucho, adicione aceite H2 ENDURATEX EP 220 y garantice dejar mirilla a $\frac{3}{4}$ de nivel.

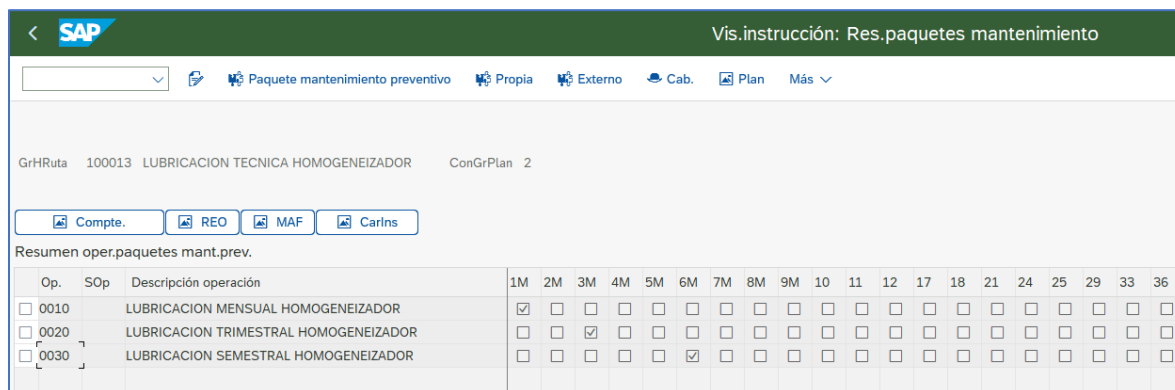
Realise inspección al motor de la bomba de lubricación.

Lubrique los cojinetes del motor según recomendaciones del fabricante.

En la siguiente imagen se muestra los “Paquetes de Mantenimiento”, que son los cuales se asocian a las frecuencias mencionadas antes con las actividades a Ejecutar. Teniendo así las frecuencias Mensual (1 mes), Trimestral (3 meses) y Semestral (6 meses).

Figura 10

Paquete de Mantenimientos con Actividades y Periodicidad.



Vis.instrucción: Res.paquetes mantenimiento

Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan Más

GrHRuta 100013 LUBRICACION TECNICA HOMOGENEIZADOR ConGrPlan 2

Compte. REO MAF CarIns

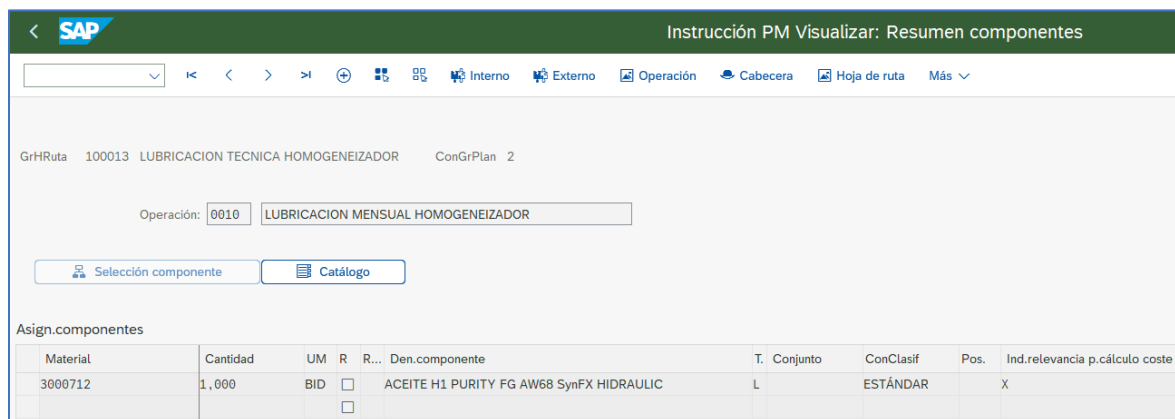
Resumen oper.paquetes mant.prev.

Op.	SOp	Descripción operación	1M	2M	3M	4M	5M	6M	7M	8M	9M	10	11	12	17	18	21	24	25	29	33	36
<input type="checkbox"/>	0010	LUBRICACION MENSUAL HOMOGENEIZADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	0020	LUBRICACION TRIMESTRAL HOMOGENEIZADOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	0030	LUBRICACION SEMESTRAL HOMOGENEIZADOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Y también relacionamos los componentes asociados al mantenimiento mensual que se ejecuta. En este se carga 1 bidón de 5 Gln de Aceite, por sí se requiere de realizar algún ajuste de nivel de aceite.

Figura 11

Cargue de Bidón de Aceite Para Mantenimientos.



Instrucción PM Visualizar: Resumen componentes

Interno Externo Operación Cabecera Hoja de ruta Más

GrHRuta 100013 LUBRICACION TECNICA HOMOGENEIZADOR ConGrPlan 2

Operación: 0010 LUBRICACION MENSUAL HOMOGENEIZADOR

Selección componente Catálogo

Asign.componentes

Material	Cantidad	UM	R	R...	Den.componente	T.	Conjunto	ConClasif	Pos.	Ind.relevancia p.cálculo coste
3000712	1,000	BID	<input type="checkbox"/>		ACEITE H1 PURITY FG AW68 SynFX HIDRAULIC	L		ESTÁNDAR		X

Para demostrar la programación de las órdenes de trabajo generadas, se adjunta la siguiente imagen para tener la referencia de las fechas en las cuáles saldrán las inspecciones y también dando claridad en una de sus columnas la frecuencia asociada

Figura 12

Mantenimiento Mensual Homogeneizador.

Vista de impresión para PDF1 página 00001 de 00001

Más ▾

27.08.2025 Ficha de control DOORRALES Copia 3 Página 1

Orden	50000026797	Clase de orden	ZM03	Orden de	Mantenimiento preventivo
Descripción	HOMOGENIZADOR ESSI N.1	5.000 LTR/HORA			
Fecha de inicio	13.08.2025			Fecha de fin	13.08.2025
Prioridad	2	2- alto			
Status	LIB. IMPR MACO MOVN NLIQ PREC				
Ubicación técnica	CBCCOAU-BLQ2-PI22-PAST			PASTEURIZACION	LECHE
Equipo	10000442	HOMOGENIZADOR ESSI N1			3000 LTR/HORA
Conjunto					
Emplazamiento				Sala	RIONEGRO
Or planif.mant	MTJ	MONTAJES		Centro PM	5000
Pb/Top.mant	JE.FMONTA	5000	REF MONTAJES .		
Plan mant.prev.	2011			Pos.plan mant.prev.	5907
Nº revisión					
Operación	0010	MANTENIMIENTO MENSUAL HOMOGENIZADOR			
Status	IMPR LIB.				
Puesto de trabajo	MANTEMTO	5000	MANTENIMIENTO PLANTA		
Clave de control	FM01		Nº notificación		280374
Clave de operación			Hito		
Ubic.técnica					
Equipo					
Trabajo	1,0	HRA	Clase actividad		QM001
Duración	1,0	HRA	Cantidad		1
Fe.inic.más temprana	13.08.2025		Hora de inicio		06:00:00
Fe.fin.más tardía	13.08.2025		Hora de fin		07:04:00
Trabajo real	0,0	HRA	Hoiquera total		0 HRA

MANTENIMIENTO MENSUAL HOMOGENIZADOR
MTTO MENSUAL HOMOGENIZADORES

1. VERIFIQUE EL APRIETE DE TODOS LOS PERNOS TUERCAS Y ACCESORIOS.
2. COMPRUEBE EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y LUBRICACIÓN POR AGUA.
3. VERIFIQUE LA TENSION DE LA CORREA Y DE SER NECESARIO AJÚSTELA.
4. INSPECCIONE LOS SELLOS Y/O EMPAQUETADURA ALREDEDOR DE LOS ADAPTADORES DEL EMBOLO Y REPLÁCELO DE SER NECESARIO, SI ES AJUSTE APRIETE LA TUERCA DE AJUSTE.
5. REEMPLACE TODAS LAS JUNTAS Y EMPAQUETADURAS.
6. INSPECCIONE TODOS LOS AVELLANADOS DE LAS JUNTAS Y REPÁRELOS DE SER NECESARIO.
7. DRENE EL CONDENSADO DE ACEITE DEL CARTER A TRAVÉS DE LA LLAVE DE PURGA UBICADA EN LA PARTE TRASERA DEL EQUIPO.
8. VERIFIQUE PRESIÓN DE ACEITE (20 -40 PSI) Y AJÚSTELA DE SER NECESARIA. COMPRUEBE SI HAY FUGAS EN EL CILINDRO O LA BASE.
9. CON EL EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO VERIFIQUE RUIDOS ANORMALES.

Fin del informe

Mantenimiento mensual homogeneizador

Verifique el apriete de todos los pernos tuercas y accesorios.

Compruebe el sistema de refrigeración y lubricación por agua.

Verifique la tensión de la correa y de ser necesario ajústela.

Inspeccione los sellos y/o empaquetadura alrededor de los adaptadores del embolo y replácelo de ser necesario, si es ajuste apriete la tuerca de ajuste.

Reemplace todas las juntas y empaquetaduras.

Inspeccione todos los avellanados de las juntas y repárelos de ser necesario.

Drene el condensado de aceite del Carter a través de la llave de purga ubicada en la parte trasera del equipo.

Verifique presión de aceite (20 -40 psi) y ajústela de ser necesaria. compruebe si hay fugas en el cilindro o la base.

Con el equipo en funcionamiento verifique ruidos anormales.

Figura 13

Programación de Mantenimientos.

The screenshot shows the SAP PM 'Visualizar plan de mantenimiento preventivo' interface. The main header indicates the plan strategy '00000002'. The selected maintenance plan is '2011' for 'MTTO HOMOGENIZADORES'. The current position is '5907' for 'HOMOGENIZADOR ESSI N.1 5.000 LTR/HORA'. The table below lists 18 maintenance cycles with their respective dates and statuses.

Nº...	FechaPrev.	Fecha de toma	Fecha de con...	Paquet.vencid.	CL.programación/Status	Desví...	Unidad
14	14.07.2025			1M	Programado,tomado		
15	13.08.2025	07.08.2025		1M	Programado,Espera		
16	12.09.2025	06.09.2025		6M	Programado,Espera		
17	12.10.2025	06.10.2025		1M	Programado,Espera		
18	11.11.2025	05.11.2025		1M	Programado,Espera		
19	11.12.2025	05.12.2025		1M	Programado,Espera		
20	10.01.2026	04.01.2026		1M	Programado,Espera		
21	09.02.2026	03.02.2026		1M	Programado,Espera		
22	11.03.2026	05.03.2026		6M	Programado,Espera		
23	10.04.2026	04.04.2026		1M	Programado,Espera		
24	10.05.2026	04.05.2026		1M	Programado,Espera		
25	09.06.2026	03.06.2026		1M	Programado,Espera		
26	09.07.2026	03.07.2026		1M	Programado,Espera		
27	08.08.2026	02.08.2026		1M	Programado,Espera		
28	07.09.2026	01.09.2026		6M	Programado,Espera		
29	07.10.2026	01.10.2026		1M	Programado,Espera		
30	06.11.2026	31.10.2026		1M	Programado,Espera		
31	06.12.2026	30.11.2026		1M	Programado,Espera		

Ajustes iniciales realizados

Después de haber identificado los problemas técnicos en lubricación, se procede a realizar los respectivos correctivos mecánicos para cada uno de los hallazgos, de esta forma se le da mejor manejo y operatividad al homogeneizador, se alarga la vida útil, se bajan los costos

operacionales y el equipo está disponible al 100%. Teniendo en cuenta lo anterior se procede de la siguiente manera:

Se realizó limpieza de los alojamientos de los sellos y se hace cambio de sellos montando unos de Viton. Con esto se eliminó la contaminación del aceite lubricante con el producto, ya que estos sellos quedan con el ajuste necesario para eliminar el paso del producto lácteo.

Dentro de las actividades ejecutadas se realizó: Inspección, limpieza, desmonte, cambio y montaje de tuberías nuevas, acoples y mangueras de lubricación nuevas, además del tanque de almacenamiento de lubricante. Con estos cambios no se requirió de la ejecución del proceso de flushing, dando la confiabilidad en la limpieza del sistema de lubricación del equipo.

Se ejecuta limpieza de las guardas de seguridad y compuertas que llevan empaquetadura. Se hace cambio de la empaquetadura por una más gruesa y así se obtuvo la hermeticidad necesaria.

Se realizó desmonte, limpieza, inspección, cambio y montaje de válvulas, bloque, resortes y empaquetadura general, generando que el equipo trabaje en óptimas condiciones de operación normal.

Se realizó desmonte, inspección y rectificación de todos los componentes de la transmisión. Se realiza montaje y queda en óptimas condiciones generando el buen funcionamiento del equipo

Capacitación y gestión del personal

Plan de capacitación ejecutado

En el proceso de capacitación de personal ejecutado se llevó a un objetivo, y es darle al personal de mantenimiento de Auralac una serie de conocimientos y habilidades necesarios para la correcta aplicación y gestión del nuevo sistema de lubricación que permitiría la mejora en el proceso, así como para el diagnóstico temprano de posibles anomalías, en este proceso se busca por medio de unos pasos claros determinar las actividades de mejora y las observaciones realizadas por el personal técnico al igual que realizar estas en las periodicidades planteadas.

Las zonas claves abordadas durante esta capacitación práctica y en el puesto de trabajo incluyeron:

Identificación y prevención de la contaminación del lubricante

Se hizo énfasis en la importancia de mantener la buena integridad del aceite lubricante, especialmente después de evidenciarse parte de su contaminación con producto lácteo y agua del proceso. La capacitación profundiza las correctas técnicas de limpieza de sellos y el uso de sellos de Vitón para asegurar la hermeticidad y prevenir futuras contaminaciones, sea de cualquier origen.

Mantenimiento del sistema de lubricación

El personal fue capacitado en los procesos de inspección, limpieza, desmonte, cambio y montaje adecuado de tuberías, acoples y mangueras. Esto nos permitió obtener confiabilidad y una correcta limpieza del sistema.

Inspección y rectificación de componentes

Se generó una revisión general y reajuste de los todos los componentes de la transmisión del equipo, así como el registro y el montaje adecuado de las válvulas, los bloques y resortes.

Esta capacidad es fundamental para mantener la eficiencia del homogeneizador y del mismo proceso.

Monitoreo de condiciones y análisis de aceite

Se realizó capacitación del personal a cargo de este manejo y mantenimiento, se recalcó la importancia de interpretar parámetros como cromo, níquel, hierro, plomo, cobre, estaño, aluminio, silicio, etc., para detectar desgaste de componentes y contaminación, lo que permite tomar decisiones proactivas y reducir costos operativos de todo el proceso y la maquinaria.

La capacitación se llevó a cabo de manera práctica, acompañando las intervenciones técnicas realizadas por Cristian David Vélez Rendón y el equipo de mantenimiento, lo que generó una profundización en el manejo, uso directo y aplicado a las necesidades específicas del equipo.

Asociamos el registro de asistencia del personal que se reunió en la última sesión para esclarecer los procesos y capacitarlos en cuanto a los cambios que se ejecutaron para la mejora del sistema.

Resultados e impacto inicial en los procesos

Los resultados e impacto inicial de la capacitación y las instrucciones técnicas en el homogeneizador han sido importantes, mostrando una mejora visible en la eficiencia operativa y una reducción en los costos asociados a fallas y mantenimientos correctivos.

Reducción de la contaminación del lubricante: El cambio de los sellos y la limpieza de los alojamientos resultaron en una disminución de los agentes contaminantes del aceite lubricante donde se presentaba con los productos lácteos y el agua, un problema frecuente mucho antes del cambio del aceite y el proceso, lo cual nos ha permitido aumentar la vida útil del lubricante y disminuir el frecuente desgaste de los componentes internos del homogeneizador.

Mejora en la confiabilidad del sistema de lubricación

Con la revisión frecuente, la limpieza y el reemplazo de los componentes del sistema de lubricación, esto nos generó una mayor confiabilidad en todo el proceso de suministro de lubricante, esto es importante para el buen funcionamiento del equipo.

Aumento del hermetismo y prevención de fugas

Las mejoras en los sellos de seguridad y las salidas con empaques más firmes en los equipos homogeneizadores, nos ha ayudado a mitigar tanto fugas y filtraciones de agua y leche que se venían presentando, ayudándonos a tener un ambiente más limpio y seguro para la operación y mantenimiento de este.

Recuperación de las condiciones óptimas de operación

La inspección, limpieza, cambio y montaje de válvulas, bloque, resortes y empaquetadura general, junto con todo el proceso de corrección de la transmisión principal, nos ha permitido a que el homogeneizador funcione en óptimas condiciones, recuperando su eficiencia original y prolongando su vida útil.

Mejora en los indicadores del análisis de aceite

El análisis de aceite luego a los cambios propuestos nos muestra resultados dentro de los rangos "NORMALES" dentro de la mayoría de los contaminantes y metales que generaban gran parte de los desgastes presentados, lo que nos presenta una notable mejora en las condiciones internas del equipo posterior a los cambios propuestos. Por ejemplo, el hierro (Fe) pasó de 7.30 a 0.40 ppm, el estaño (Sn) de 1.40 a 0.00 ppm y el silicio (Si) de 2.60 a 0.70 ppm (SEILA LTDA., 2024). Estos datos son críticos para el mantenimiento predictivo y demuestran la efectividad de las acciones correctivas y preventivas.

Resultados y análisis

La implementación del sistema mejorado del lubricante en el homogeneizador de leche de la empresa Auralac no solo buscó solucionar el problema de funcionamiento sino también crear un impacto positivo en todos indicadores claves que miden el rendimiento. Evaluaremos y compararemos estos indicadores, donde por medio de un análisis profundo de los resultados obtenidos mostraremos los resultados planteados aquí.

Evaluación comparativa de indicadores

Los impactos del proceso de optimización del sistema de lubricación para el homogeneizador serán evaluados de modo que realizaremos una comparación entre el estado del homogeneizador antes y posteriores a estas acciones, por medio de (KPIs) de eficiencia operativa, de los costos y la condición del equipo.

Calidad del lubricante y desgaste de componentes

La calidad del lubricante y el desgaste de los componentes son temas cruciales. Nuestro objetivo es mejorar la condición del lubricante y reducir la contaminación por metales, ya que estos son los principales indicadores que queremos influir a través de la eficacia del sistema de lubricación y el estado del equipo. Un lubricante limpio con bajos grados de metales no solo reduce la roce entre el equipo, sino que también protege, mejora las superficies y permite un correcto funcionamiento más eficiente, lo que se nos lleva directamente en una mayor vida útil de la maquinaria (Ruiz, 2021).

Antes de realizar los cambios aquí propuestos, la situación del homogeneizador era bastante preocupante, el aceite que lubricaba este estaba frecuentemente contaminado con leche y agua en el depósito de almacenamiento del lubricante, esto no solo se encontraban restos de limalla en los componentes mecánicos, sino que también el cigüeñal de la caja de transmisión

mostraba grandes signos de desgaste y rayones en los piñones y levas, por lo era coherente con el lubricante que se utilizaba en ese momento.

Después de la implementación de las mejoras y el cambio de lubricante, los análisis comparativos de aceite mostraron una transformación significativa:

Análisis comparativo de metales de desgaste y contaminantes (ppm)

Tabla 3

Comparativo de Metales de Desgaste vs Contaminantes:

Elemento/Contaminante	Método	Valor antes	Valor después	Clasificación después	% de cambio
Cromo (Cr)	D6595	0.00	0.00	Normal	0.00%
Níquel (Ni)	D6595	0.00	0.00	Normal	0.00%
Hierro (Fe)	D6595	7.30	0.40	Normal	-94.52%
Plomo (Pb)	D6595	0.00	0.00	Normal	0.00%
Cobre (Cu)	D6595	0.00	0.20	Normal	+200%
Estaño (Sn)	D6595	1.40	0.00	Normal	-100%
Aluminio (Al)	D6595	0.80	0.00	Normal	-100%
Silicio (Si)	D6595	2.60	0.70	Marginal	-73.08%
Titanio (Ti)	D6595	0.00	0.00	Normal	0.00%
Plata (Ag)	D6595	0.00	0.00	Normal	0.00%
Magnesio (Mg)	D6595	0.00	0.00	Normal	0.00%
Molibdeno (Mo)	D6595	0.00	0.00	Normal	0.00%
Sodio (Na)	D6595	3.40	0.00	Normal	-100%
Zinc (Zn)	D6595	12.90	0.00	Normal	-100%
Agua (H ₂ O)	FTIR	0.03	0.00	Normal	-100%
Oxidación	FTIR	0.00	0.00	Normal	0.00%

Nota: Esta tabla analiza los distintos agentes contaminantes dentro del proceso antes del cambio de aceite.

Los resultados generados nos demuestran una importante reducción en gran parte de los metales antes presentado y que generaban desgaste en el equipo, además de los contaminantes posterior a la ejecución de las mejoras. La reducción del Hierro (Fe) en un 94%, Estaño (Sn) y Aluminio (Al) en un 100%, y Silicio (Si) en un 73%, es una prueba de la reducción del desgaste interno del homogeneizador. De igual modo la eliminación del Sodio (Na) y Zinc (Zn) junto con la reducción del agua (H₂O) en el lubricante, nos lleva a confirmar la efectividad de las medidas para prevenir la contaminación de estos equipos, también nos ha aportado a los resultados el cambio de sellos de Vitón y la mejora del sellado de las guardas de seguridad. Existe un aumento de Cobre (Cu) a 0.20 ppm, aunque clasificado como normal, podría indicar un mínimo ajuste inicial de los mecanismos o desgaste residual que se estabilizó posteriormente al uso del equipo.

Energía

La eficiencia energética del homogeneizador está ligada al funcionamiento óptimo de sus componentes y a la reducción de la fricción del equipo, por ello un sistema de lubricación erróneo, como el que se presentaba al principio de proyecto, provoca una fricción excesiva, lo que a su vez aumenta la demanda de energía. Al mejorar la lubricación y disminuir el desgaste, se espera una reducción en el consumo energético. Resaltamos que tras las intervenciones, el equipo ha mostrado una mejora en la eficiencia del 60% en relación con la producción.

Indicador

Mejora en la eficiencia energética y operativa.

Antes de la implementación

Derivado a un bajo rendimiento y mayor consumo de energía debido a la alta fricción y desgaste de los mecanismos.

Figura 13

Detalle Consumo Antes de la Mejora



Después de la implementación

Se ha logrado mejorar la eficiencia cerca de un 60% en línea con la producción del equipo, este dato es un resultado directo del impacto positivo en el uso de energía y la capacidad de producción del equipo.

Figura 14*Detalle Consumo Después de la Mejora****Costos operativos***

Analizando los costos operativos asociados al homogeneizador, incluían gastos no solo en el lubricante, sino también en los diferentes repuestos por desgaste, y costos de mantenimiento correctivo. La optimización del sistema de lubricación fue diseñada para reducir estos gastos y los asociados al mismo:

Costo de lubricante antes de la implementación (Shell Omala S2 GX220)

Frecuencia de cambio: Cada 4 meses (se realizaba 7 veces en el último año).

Cantidad por cambio: 20 Galones.

Costo por cambio: \$2'390.000.

Costo anual total: \$16'730.000

$(20 \text{ Gln/cambio} * 7 \text{ cambios/año} = 140 \text{ Gln/Año}; 140 \text{ Gln/Año} * (\$2'390.000 / 20 \text{ Gln}) = \$16'730.000.$

Costo de lubricante propuesto (H2 ENDURATEX EP220)

Frecuencia de cambio propuesta: Inicialmente cada 6 meses, con potencial de hasta 1 año según análisis de aceite.

Cantidad por cambio: 20 Galones.

Costo por cambio: \$2'240.000.

Costo Anual Proyectado (cada 6 meses): \$4'480.000

$(2 \text{ cambios/año} * \$2'240.000/\text{cambio}).$

Costo Anual Proyectado (cada 12 meses): \$2'240.000

$(1 \text{ cambio/año} * \$2'240.000/\text{cambio}).$

Costo de la Implementación: Un costo aproximado de \$2.800.000 fue lo invertido en la implementación de las mejoras.

Análisis de ahorro en lubricantes:

Ahorro Anual Proyectado (cambio cada 6 meses):

$\$16'685.000 \text{ (Antes)} - \$4'480.000 \text{ (Después)} = \$12'205.000 \text{ /año.}$

Ahorro Anual Proyectado (cambio cada 12 meses):

$\$16'685.000 \text{ (Antes)} - \$2'240.000 \text{ (Después)} = \$14'445.000 \text{ /año.}$

Tiempos de mantenimiento y disponibilidad

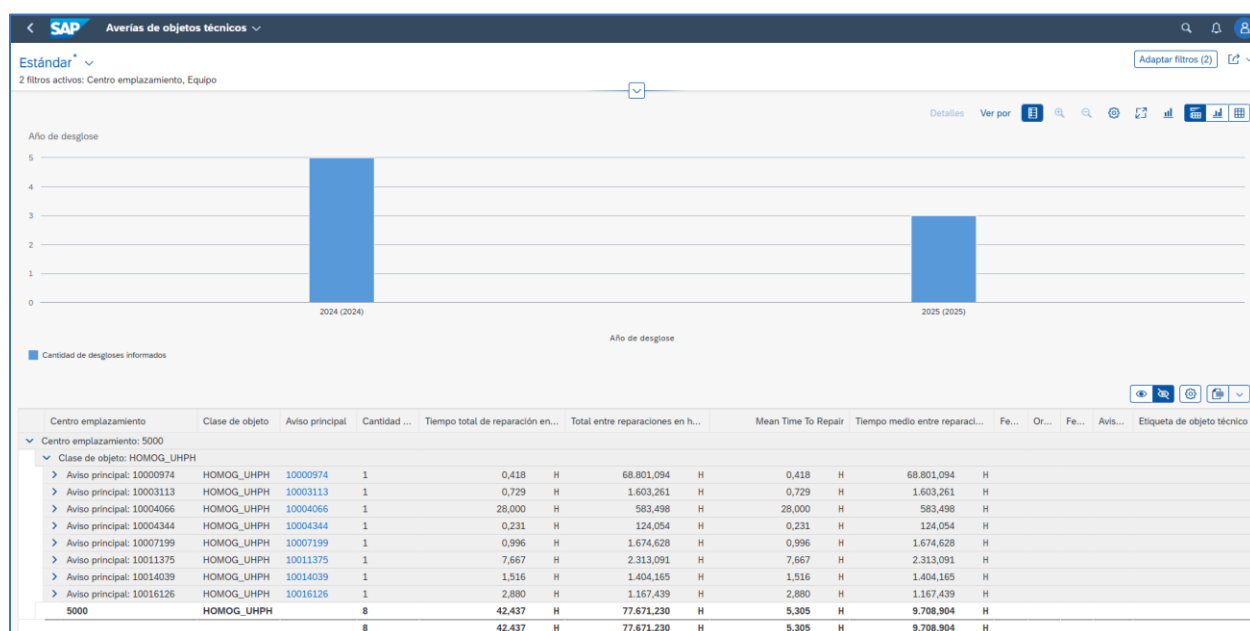
En esta fase hacemos referencia al uso del tiempo dedicado en tareas de mantenimiento, no solo en el preventivo, sino también en el correctivo. Dentro del análisis buscamos un sistema de lubricación optimizado donde buscamos reducir la frecuencia y duración de los mantenimientos correctivos y aumentar la disponibilidad del equipo.

Indicadores

Frecuencia de paradas no programadas por fallas de lubricación (Número de eventos/mes). Se presenta un informe que nos permite visualizar el sistema, haciendo un comparativo con otros equipos de la misma línea de producción.

Figura 15

Registro de Frecuencias de Paradas no Programadas.



Tiempo promedio entre fallas (MTBF - Mean Time Between Failures) (Horas de operación).

A continuación, se comparte un informe descargable del sistema SAP. En donde también se encuentran los valores de cada tiempo de parada desde junio del año 2024 al junio de 2025. Donde se nos permite entrever la disminución de los reportes por daños en el sistema de lubricación.

Figura 16

Reporte de Paradas Junio 2024 a Junio 2025

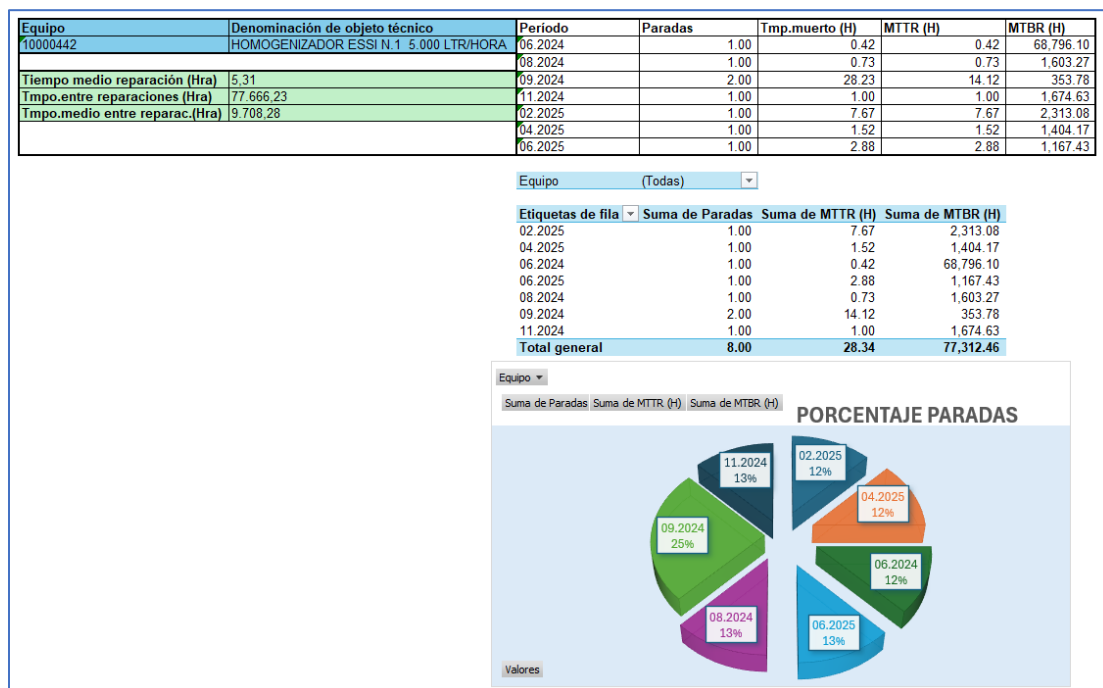


Figura 17

Reporte MTTR vs Cantidad de Anormalidades por Primer Semestre de Cada Año

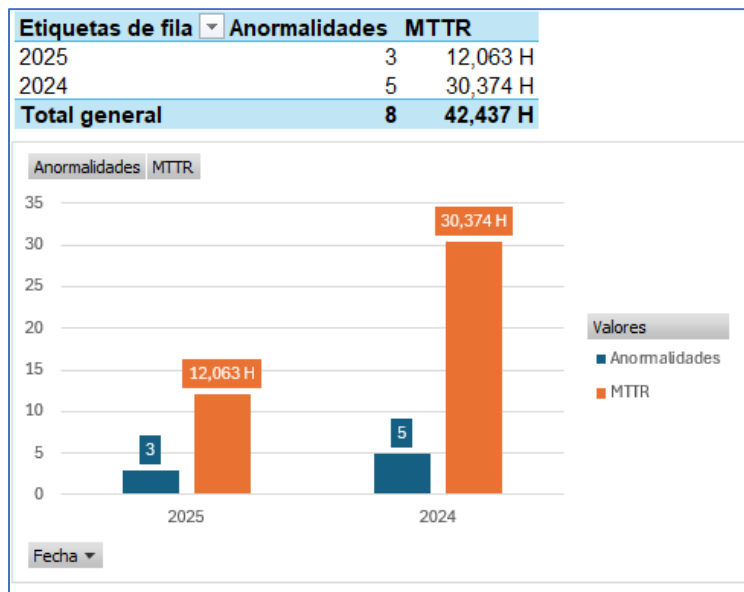
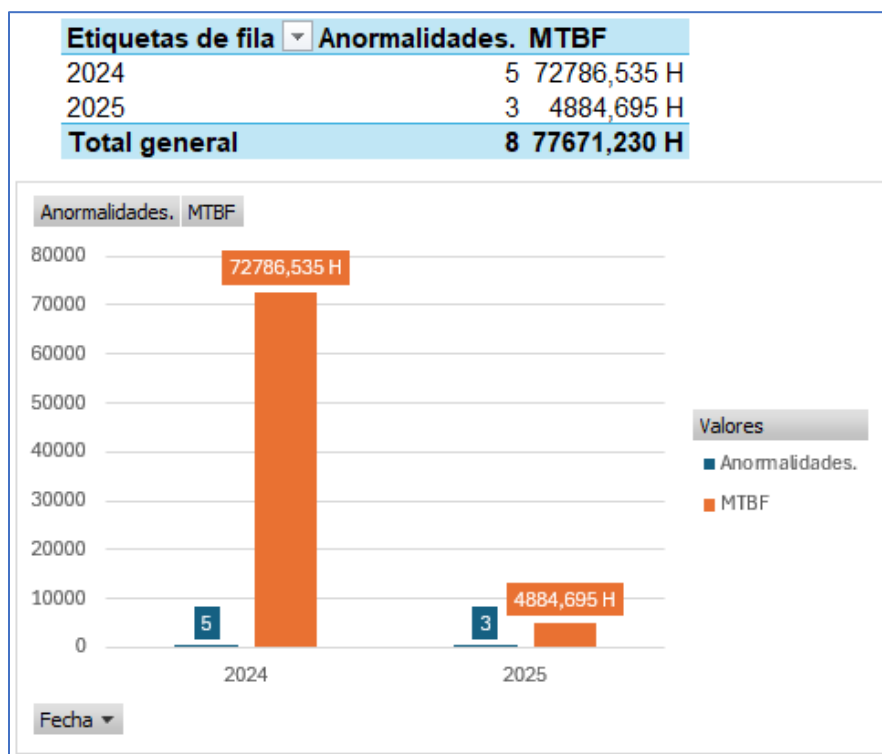


Figura 18

Reporte MTBF vs Cantidad de Anormalidades por Primer Semestre de Cada Año



Antes de la implementación

Cambio de lubricante: Cada 4 meses (o 7 veces al año).

Se observaban problemas de contaminación y desgaste que implicaban mantenimiento correctivos frecuentes y paradas no programadas.

Después de la implementación

Cambio de lubricante: Proyectado cada 6 meses, con potencial a 1 año, lo que nos presenta una disminución importante en la frecuencia de cambios.

Se establece que las mejoras nos han permitido ayudar a potenciar el equipo, generando la seguridad que se requiere para la operación y aumentar la vida útil al equipo para la operación normal del proceso del homogeneizador. La drástica reducción de metales y contaminantes en el

lubricante nos muestra un ejercicio mucho más estable, lo que nos muestra un aumento del tiempo promedio entre fallas y una drástica reducción de las paradas no programadas.

Análisis estadístico de los resultados obtenidos

Se presentan los indicadores que comparan los valores de los indicadores claves de rendimiento antes y después de la implementación.

Tabla 4

Comparativo de Metales de Desgaste vs Contaminantes + Análisis Eficiencia:

Indicador	Unidad	Valor antes	Valor después	% de cambio
Calidad del lubricante y desgaste (ppm)				
Hierro (Fe)	Ppm	7.30	0.40	-94.52%
Estaño (Sn)	Ppm	1.40	0.00	-100%
Aluminio (Al)	Ppm	0.80	0.00	-100%
Silicio (Si)	Ppm	2.60	0.70	-73.08%
Sodio (Na)	Ppm	3.40	0.00	-100%
Zinc (Zn)	Ppm	12.90	0.00	-100%
Agua (H2O)	%	0.03	0.00	-100%
Eficiencia operativa				
Mejora en eficiencia productiva	%	N/a	60% (respecto a lo anterior)	+60%

Costo lubricante				
anual (omala s2 gx220)	Cop	\$16'685.000	N/a	N/a
Costo lubricante			\$4'480.000	
anual (enduratex ep220)	Cop	N/a	(proy. 6 meses)	-73.16%
Costo lubricante			\$2'240.000	
anual (enduratex ep220)	Cop	N/a	(proy. 12 meses)	-86.57%
Tiempos de mantenimiento				
Frecuencia cambio lubricante	Veces/año	7	2 (proy. 6 meses)	-71.43%
Frecuencia cambio lubricante	Veces/año	7	1 (proy. 12 meses)	-85.71%
Desgaste de				
Bloque/Válvulas/ Resortes	Cualitativo	Alto	Nulo	Mejorado
Desgaste cigüeñal	Cualitativo	Rayas	Nulo (inferido)	Mejorado

Nota: Esta tabla analiza los distintos agentes contaminantes dentro del proceso posterior al cambio de aceite

El análisis de estos resultados nos muestra que existe una relación directa entre las intervenciones de mejora y un impacto positivo en el funcionamiento del homogeneizador. La

reducción de metales y contaminantes en el lubricante es una prueba inequívoca de que la fricción y el desgaste de los mecanismos han disminuido, estas mejoras en la condición del equipo se traducen en una mayor eficiencia operativa, un aumento de la vida útil y una reducción significativa de los costos relacionados con lubricantes y mantenimiento correctivo.

Logro de objetivos específicos planteados

De acuerdo con los indicadores y el análisis antes presentados, podemos determinar el grado de los objetivos aquí desarrollados con éxito:

Objetivo 1: Reducción de los costos operativos del homogeneizador

El análisis de costos demuestra un ahorro proyectado de \$12'205.000 a \$14'445.000 anualmente solo en el lubricante, al pasar de un cambio cada 4 meses (7 veces al año) a uno cada 6 o 12 meses, esto sumado a la disminución en los costos de repuestos y mantenimientos correctivos, causada por la drástica disminución del desgaste de los mecanismos (Hierro, Estaño, Aluminio) y la eliminación de contaminación de esta.

Objetivo 2: Aumento de la disponibilidad y confiabilidad del homogeneizador

Las intervenciones (cambio de sellos, revisión de sistema de lubricación y transmisión principal), junto con los resultados de la reducción del desgaste interno del equipo (confirmada por la baja de metales en los análisis de aceite), se convierten directamente en una mayor confiabilidad y una disminución de la probabilidad de fallas no programadas.

Objetivo 3: Mejora de la eficiencia energética

Podemos afirmar una mejora en la eficiencia de un 60% en línea con la producción de este, esta es una métrica directa del impacto positivo en la eficiencia energética del equipo homogeneizador, dado por la reducción de la fricción y el desgaste interno gracias a la optimización del sistema de lubricación.

Objetivo 4: Extensión de la vida útil del equipo y sus componentes

La reducción drástica en los contaminantes y metales de desgaste (Hierro, Estaño, Aluminio, Silicio, Sodio, Zinc) observada en los análisis de aceite es la evidencia más fehaciente, este es un equipo operando con lubricante limpio y con un mínimo desgaste en sus componentes

principales tendrá una vida útil significativamente más longeva de lo normal, tanto como para el equipo como para el bloque de válvulas, resortes y demás.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones derivadas del desarrollo del proyecto

La elaboración del nuevo sistema optimizado de lubricación en el homogeneizador ha traído resultados muy positivos. No solo nos permitió lograr una importante reducción en el deterioro mecánico, sino que también nos ayudó a reducir la contaminación del lubricante durante el proceso, algo que quedó claro en los análisis espectro métricos realizados después del cambio de aceite (SEILA LTDA., 2024). Gracias a esto, no solo mejoramos la calidad del proceso de homogenización, sino que también extendimos la vida útil de todo el equipo.

De igual modo, la aplicación de metodologías como TPM fortaleció nuestro enfoque preventivo hacia el mantenimiento, lo que resultó en una considerable disminución de las paradas no programadas (Ardila et al., 2016; García-Toll et al., 2019). La capacitación de nuestro equipo de operarios y la creación de protocolos de mantenimiento más organizados han sido clave para impulsar un cambio hacia la mejora continua y un uso más eficiente de los recursos en la planta.

Al considerar varios factores para seleccionar el lubricante, como la viscosidad, la estabilidad térmica y la resistencia a la oxidación, confirmamos que el H2 Enduratex EP220 es una opción no solo eficiente y rentable, sino también más sostenible desde el punto de vista ambiental (Castrol, 2023). Estos hallazgos no solo nos acercan al éxito del proyecto, sino que también nos abren la puerta a nuevas oportunidades para implementarlo en otras áreas de la planta.

Aporte real a la eficiencia operativa y energética de la empresa

El reemplazo del aceite lubricante ha permitido estimar un ahorro directo superior al 74 % en costes anuales asociadas a la lubricación, al pasar de \$16.685.000 COP, con Omala S2

GX220, a \$4.480.000 COP, con Enduratex EP220. Este ahorro se ha estimado en la relación que tiene la mayor durabilidad y cumplimiento de recambio del lubricante sintético.

Por el lado de la eficiencia energética, el homogeneizador productivo ha incrementado su rendimiento en un 60 %, debido a la reducción de la fricción interna y a la optimización del consumo eléctrico del equipo. Lo anterior concuerda con la evolución operativa que ha planteado la empresa, así como con los principios de la producción más limpia que se fomentan dentro de las políticas industriales nacionales.

El análisis de los indicadores como el MTBF, en la frecuencia de fallas y el análisis del lubricante han coincidido no solo en la validez del sistema optimizado, sino que también en la mejora de la confiabilidad del equipo, al reducir la necesidad de los mantenimientos correctivos y aumentando el tiempo operativo disponible. Todos estos logros permiten plantear un modelo replicable para la gestión energética y operativa en otras unidades productivas en la empresa Auralac.

Recomendaciones para mantener o mejorar el sistema propuesto

Llevar a cabo análisis de lubricante cada seis meses, priorizando la espectrofotometría para la detección y cuantificación de metales de desgaste como hierro, silicio o estaño (García-Toll et al., 2019).

Definir rutinas de mantenimiento predictivo a partir de datos históricos de consumo energético y de fallas, utilizando gráficos de control como el X-Barra o el R (Ardila et al., 2016).

Registrar cada intervención en los sistemas SAP o equivalentes, asegurando así la trazabilidad de las actividades, los materiales empleados y los resultados obtenidos.

Reforzar la capacitación del personal técnico mediante la realización de talleres aplicados sobre lubricación avanzada, interpretación de análisis físico-químicos y mantenimiento TPM (industria, 2024).

Aplicar evaluaciones semestrales acerca del ahorro energético y la eficiencia económica del sistema utilizando análisis comparativos con períodos anteriores y sistemas similares.

Evaluar la incorporación de sensores IoT para monitorear en tiempo real la presión, la temperatura y la viscosidad del lubricante como parte de una automatización industrial y un mantenimiento inteligente (TRACTIAN, 2025).

Referencias Bibliográficas

- Aguilera Díaz, Anailys. (2017). *El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas*. *Cofin Habana*, 11(2), 322-343. Recuperado en 31 de mayo de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612017000200022&lng=es&tlng=es.
- Ardila, J. G., Ardila, M. I., Rodríguez, D., & Hincapié, D. A. (2016). *La gerencia del mantenimiento: una revisión*. *Dimensión Empresarial*, 14(2), 127-142. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632016000200009
- BIA. (06 de 2022). *Bia. Obtenido de Los beneficios de la eficiencia energetica*: <https://www.bia.app/blog/beneficios-eficiencia-energetica-sector-industrial>
- Castrol. (10 de 11 de 2023). *Castrol. Obtenido de Los lubricantes y aceites sinteticos*: <https://lubricantesdistribuidor.com/blog/post/los-lubricantes-y-aceites-sinteticos.html>
- (DOC) METODOS DE LUBRICACIÓN II - Academia.edu, https://www.academia.edu/37225146/METODOS_DE_LUBRICACION%3%93N_II
- ED, M. . (08 de 2020). *Milk -ED homogenizacion*. Obtenido de https://milk-ed.eu/wp-content/uploads/2022/04/Homogenization_ES.pdf
- EMAIN.T. (01 de 04 de 2025). *emaint. Obtenido de Que es el mantenimiento preventivo*: <https://www.emaint.com/es/what-is-preventive-maintenance/>
- García, L. (2020). *Capacitación y desarrollo en mantenimiento industrial*. Editorial Técnica. <https://studylib.es/doc/9087909/01.-tendencias-modernas-del-mantenimiento-industrial-oliv...>
- García-Toll, A. E., Muñoz-Cabrera, M. A., Díaz-Concepción, A., Gámez-Hernández, B., Penabad-Sanz, L., & Tamayo-Mendoza, J. E. (2019). *Evaluación de la gestión de la lubricación y los lubricantes*. *Ingeniería Mecánica*. <https://www.redalyc.org/journal/2251/225160761001/html/>
- industria, C. d. (08 de 2024). *Aula 21. Obtenido de Que es mantenimiento productivo total*: <https://www.cursosaula21.com/que-es-el-mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Jiménez, M., & Rodríguez, F. (2020). *Ingeniería de métodos y tiempos: Aplicaciones en procesos industriales*. Universidad Técnica. <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific/article/download/2939/3425>
- Lubricación Con Aceite | PDF | Lubricante | Rodamiento (Mecánico) - Scribd*, <https://es.scribd.com/document/468943074/lubricacion-con-aceite>.
- Martínez, A., & Gómez, J. (2022). *Optimización de procesos de lubricación en la industria manufacturera*. *Revista de Ingeniería Industrial*, 45(2), 123-136. https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/8138/VERSION_FINAL_ALPHA_NICOLAS_SASTOQUE.pdf?sequence=1

- METALMECÁNICA // 12-Lubricación de Maquinaria - SENA,*
https://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos_maquinas/vol12/volumen12.html.
- (PDF) Lubricación de rodamientos - Academia.edu,*
https://www.academia.edu/126961199/Lubricaci%C3%B3n_de_rodamientos.
- Pérez, D., López, R., & Torres, S. (2019). Identificación de cuellos de botella en procesos de lubricación. Tecnología y Gestión, 30(4), 98-115. https://blog.tecnetone.com/cuellos-de-botella-en-procesos-identificación-y-soluciones*
- Ruiz, P. (2021). Modelos de gestión en la aplicación de lubricantes y mantenimiento predictivo. Conferencia Internacional de Ingeniería Mecánica.*
<https://www.redalyc.org/journal/2251/225180428006/225180428006.pdf>
- SEMINARIO DE TRIBOLOGIA Y LUBRICACIÓN - Academia.edu,*
https://www.academia.edu/6891330/SEMINARIO_DE_TRIBOLOGIA_Y_LUBRICACION
- TRACTIAN. (25 de 03 de 2025). Tractian. Obtenido de Eficiencia energetica en la industria: https://tractian.com/es/blog/que-es-la-eficiencia-energetica-y-por-que-es-importante-para-la-industria*
- Tribología y Lubricación. | PDF | Lubricante | Fricción - Scribd,*
<https://es.scribd.com/doc/13318734/TRIBOLOGIA-Y-LUBRICACION>
- Unidad 4 LUBRICACION | PDF | Lubricante | Petróleo - Scribd,*
<https://es.scribd.com/document/466980047/unidad-4-LUBRICACION>

Apéndices

Apéndice A

Ficha Técnica y la Hoja de Seguridad del Lubricante Seleccionado



DATOS TÉCNICOS

ENDURATEX™ SYNTHETIC EP

LUBRICANTES SINTÉTICOS PREMIUM PARA ENGRANAJES INDUSTRIALES DE TRABAJO PESADO

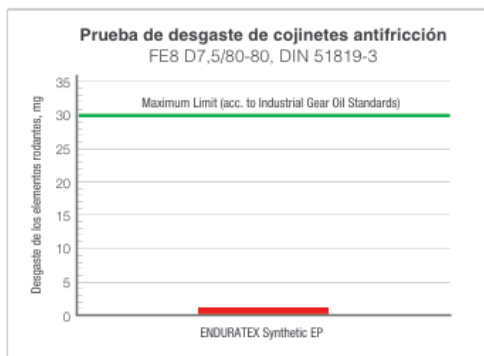
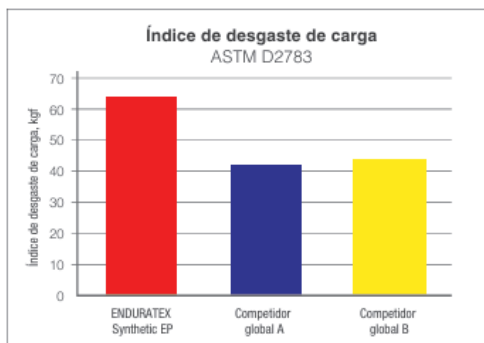
INTRODUCCIÓN

Los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP de Petro-Canada Lubricants son lubricantes para extrema presión y rendimiento superior diseñados para engranajes y cojinetes industriales cerrados que funcionan en condiciones de carga severas y temperaturas extremas. Los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP son capaces de mantener una película tribo resistente y proporcionar propiedades de fricción equilibradas adecuadas tanto para engranajes industriales como para aplicaciones de frenos húmedos. Formulados con aceites base sintéticos PAO y tecnologías de aditivos especialmente seleccionados, los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP ofrecen excelente protección contra micropicaduras y desgaste, compatibilidad con sellos y recubrimientos y un amplio rendimiento de temperatura que puede extender la vida útil de los componentes y del fluido y mejorar la eficiencia.

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

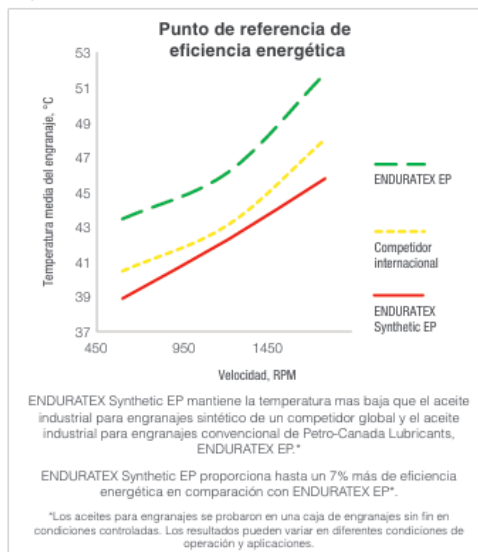
Excelente protección contra presiones extremas y desgaste.

- Prolonga la vida útil de los engranajes y cojinetes al brindar resistencia a la fatiga por micropicaduras, agarrotamiento, rayaduras o desconchado de los dientes de los engranajes y cojinetes en condiciones de alta carga.



Excelente eficiencia mecánica y energética

- Brinda propiedades inherentes de baja fricción adecuadas para engranajes industriales y para aplicaciones de frenos húmedos.
- Mantiene la temperatura mas baja que los aceites para engranajes industriales (IGO) convencionales (minerales) y al mismo tiempo mantiene una resistencia excepcional de la película lubricante.



Excelente rendimiento en la liberación de aire y espuma.

- Brinda propiedades superiores antiespumantes y de liberación de aire para sistemas de caja de engranajes.

Amplio rango de temperatura de servicio

- Proporciona buenas propiedades a baja temperatura y un alto índice de viscosidad inherente (VI)
- Aumenta el rendimiento y la eficiencia energética gracias a la resistencia de una amplia gama de temperaturas de funcionamiento.

Excelente prevención contra la herrumbre y la corrosión.

- Proporciona una excelente resistencia contra la herrumbre y a la corrosión del cobre lo que mejora la durabilidad de los componentes y extiende la vida útil de la caja de engranajes.

Superior estabilidad a la oxidación y durabilidad.

- Proporciona resistencia a la degradación térmica y oxidativa y a la formación de depósitos.
- Amplía los intervalos entre cambios de aceite que reducen el costo total del mantenimiento del equipo.

Excelente compatibilidad con sellos, recubrimientos y adhesivos.

- Proporciona una excelente compatibilidad con sellos y materiales elastoméricos que prolongan la vida útil del equipo y minimizan el tiempo de inactividad.
- Cumple con los requisitos de las principales especificaciones de los fabricantes de equipos originales (OEM) en cuanto a compatibilidad de recubrimientos y adhesivos.

APLICACIONES

Los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP de Petro-Canada Lubricants se recomiendan para transmisiones de engranajes y rodamientos industriales cerrados, especialmente cuando se operan en condiciones de trabajo pesado, como cargas pesadas, velocidades lentas, cargas de impacto y en temperaturas extremas amplias. Los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP son adecuados para frenos húmedos, engranajes helicoidales, cónicos y planetarios, y motorreductores para aplicaciones móviles e industriales.

El alto índice de viscosidad inherente de los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP indica que mantienen su viscosidad a temperaturas de funcionamiento elevadas. A menudo, esto permite el uso de un grado ISO menor que con los aceites para engranajes convencionales, lo que genera ahorros de energía aún mayores. Los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP mantienen la temperatura baja y al mismo tiempo que conservan la excepcional resistencia de la película lubricante. En las cajas de engranajes que funcionan al aire libre, los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP pueden funcionar a temperaturas tan bajas como $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-22\text{ }^{\circ}\text{F}$) para tener una excelente fluidez a bajas temperaturas. El amplio rendimiento de temperatura de los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP permite que tengan un funcionamiento eficiente en un rango de entre $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-22\text{ }^{\circ}\text{F}$) y $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($250\text{ }^{\circ}\text{F}$).

Los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP cumplen y superan los siguientes estándares industriales y de fabricantes de equipos originales:

- AGMA 9005-F16
- Chino GB 5903; L-CKC/L-CKD
- Chino GB/T 33540.3
- David Brown S1.53.101 Tipo E
- DIN 51517-3
- Aceites para engranajes Fives Cincinnati EP
- ISO 12925-1 CKC, CKD, CKSMP
- Liebherr 12723896, Rev. 003
- Schaeffler Paso 1-4
- SEW Eurodrive 070040513
- US Steel 224
- Acoplamiento de locomotoras diésel-eléctricas Wabtec/GE D50E36A (ISO 460)
- Caja de engranajes D50E36B (ISO 150, peso de verano) para locomotoras diésel-eléctricas Wabtec/GE
- Caja de engranajes para vehículos para uso fuera de carretera Wabtec/GE D50E35 (ISO 150-460)

Los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP cuentan con la aprobación de los principales fabricantes de equipos originales de engranajes según las especificaciones que se indican a continuación:

- Flender GmbH (revisión 16)
- ZF Witten ZFN-W-17-145 rev 4
- Sumitomo Drive Technologies (Hansen Industrial Technologies) BUI-TEC- 2009-4-001 H
- Renk 36011-11
- Eickhoff QSV19.0002

Al convertir una caja de cambios a ENDURATEX Synthetic EP, se recomienda limpiarla y enjuagarla primero para obtener el máximo beneficio del producto. Los aceites para engranajes ENDURATEX Synthetic EP son compatibles con aceites minerales y polialfaolefinas.

DATOS TÍPICOS DE RENDIMIENTO					
Propiedad	Método de prueba	ENDURATEX SYNTHETIC EP			
		150	220	320	460
Grado anterior de AGMA		4 EP	5 EP	6 EP	7 EP
Densidad, kg/L a 15°C	ADTM D4052	0.8414	0.8431	0.8453	0.8466
Índice de colores	ASTM D1500	0.1	0.1	0.1	0.1
Viscosidad, cSt a 40 °C	D445	151.8	213.6	321.5	440.9
cSt a 100 °C		21.2	27.8	38.5	49.8
SUS a 100 °F		778	1096	1657	2280
SUS a 210 °F		101	133	184	239
Índice de viscosidad	ASTM D2270	164	167	171	175
Punto de fluidez, °C/°F	ASTM D5950	-54 / -65	-51 / -60	-48 / -54	-45 / -49
Punto de inflamación, COC, °C/°F	ASTM D92	222 / 432	222 / 432	232 / 450	232 / 450
Prueba de herrumbre, procedimiento A y B, 24 h	ASTM D665	Aprobado	Aprobado	Aprobado	Aprobado
Corrosión del cobre, 3 h a 100 °C	ASTM D130	1B	1B	1B	1B
TAN, mgKOH/g	ASTM D664	0.3	0.3	0.3	0.3
Propiedades de la espuma	ASTM D892				
Secuencia I, mL		0/0	0/0	0/0	0/0
Secuencia II, mL		5/0	10/0	10/0	5/0
Secuencia III, mL		5/0	5/0	5/0	0/0
Carga Timken OK, lb	ASTM D2782	>90	>90	>90	>90
Carga de soldadura de 4 bolas EP, kg	ASTM D2783	250	250	250	250
FZG, A/8,3/90, etapa de falla de carga	DIN ISO 14635-1	>14	>14	>14	>14
FZG, A/16,6/90, etapa de falla de carga	DIN ISO 14635-1	>14	>14	>14	>14
FZG, A/16,6/140, etapa de falla de carga	DIN ISO 14635-1	>14	>14	>14	>14
Prueba de micropicaduras FZG, 90 °C, etapa de carga de falla, clase GFT	FVA 54/7	10, alta	10, alta	10, alta	10, alta
Cojinete de rodillos FE8, D-7,5/80-80, desgaste de rodillos, mg	DIN 51819-3	1	1	1	1
Cojinete de rodillos FE8, D-7,5/100-80, desgaste de rodillos, mg	DIN 51819-3	5 (Excelente)	5 (Excelente)	5 (Excelente)	5 (Excelente)

Los valores citados anteriormente son típicos de la producción normal. No constituyen una especificación.



Apéndice B

Ficha de Datos de Seguridad ENDURATEX EP 220

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



ENDURATEX™ SYNTHETIC EP 220

000003000407

Versión 4.0

Fecha de revisión 2025/06/18

Fecha de impresión
2025/06/18

SECCIÓN 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

Nombre del producto : ENDURATEX™ SYNTHETIC EP 220

Código del producto : ENTS220BLK, ENTS220P20, ENTS220IBC, ENTS220DRM,
ENTS220, ENTS220DCT

Informaciones sobre el fabricante o el proveedor

Petro-Canada Lubricants Inc.
2310 Lakeshore Road West
Mississauga ON L5J 1K2
Canada
Teléfono : 1-905-403-6785

Teléfono de emergencia

Teléfono de emergencia : CHEMTREC: 01-800-681-9531;
Centro de Control de Intoxicaciones: Consulte la guía telefónica
local para obtener los números de emergencia.

Uso recomendado del producto químico y restricciones de uso

Uso recomendado : Enduratex Synthetic EP 220 es un lubricante de presión ex-
trema premium sintético, diseñado para los engranajes y coji-
netes industriales cerrados que operan bajo condiciones de
carga pesada y en condiciones de temperatura extremas.

Preparado por : Product Safety: +1 905-491-0565

SECCIÓN 2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Clasificación SGA

No es una sustancia o mezcla peligrosa.

Elementos de etiquetado GHS

No es necesario pictograma(s) de peligro, palabra de advertencia, indicación(es) de peligro ni
consejos de prudencia.

Otros peligros

Ninguno conocido.

IARC

No se identifica ningún componente de este producto, que
presente niveles mayores que o igual a 0,1% como agente
carcinógeno humano probable, posible o confirmado por la
(IARC) Agencia Internacional de Investigaciones sobre Car-
cinógenos.

SECCIÓN 3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Sustancia / Mezcla : Mezcla

Componentes

No contiene ingredientes peligrosos
Internet: www.petrocanadalubricants.com/sds
Las marcas son propiedad y se usan bajo licencia.

Página: 1 / 10
Petro-Canada Lubricants es una marca de HF Sinclair

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**ENDURATEX™ SYNTHETIC EP 220**

000003000407

Versión 4.0

Fecha de revisión 2025/06/18

Fecha de impresión
2025/06/18**SECCIÓN 4. PRIMEROS AUXILIOS**

- Si es inhalado : Trasladarse a un espacio abierto.
Puede ser necesaria la respiración artificial y/o el oxígeno.
Pedir consejo médico.
- En caso de contacto con la piel : En caso de un contacto, enjuagar inmediatamente con agua en abundancia por lo menos durante 15 minutos mientras se quita los zapatos y la ropa.
Lavar la piel a fondo con agua y jabón o utilizar una loción limpiadora reconocida para la piel.
Lavar la ropa antes de reutilizarla.
Pedir consejo médico.
- En caso de contacto con los ojos : Retirar las lentillas.
Enjuagar inmediatamente con abundante agua, también debajo de los párpados, al menos durante 15 minutos.
Consulte al médico.
- Por ingestión : Enjuague la boca con agua.
NO provocar el vómito al menos de hacerlo bajo el control de un médico o del centro de control de envenenamiento.
Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente.
Pedir consejo médico.
- Principales síntomas y efectos, agudos y retardados : El servicio de primeros auxilios debe proteger a su personal.
- Notas para el médico : Tratar sintomáticamente.

SECCIÓN 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

- Medios de extinción apropiados : Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.
- Medios de extinción no apropiados : No hay información disponible.
- Peligros específicos en la lucha contra incendios : Enfriar los contenedores cerrados expuestos al fuego con agua pulverizada.
- Productos de combustión peligrosos : Óxidos de carbono (CO, CO₂), humo y vapores irritantes como productos de combustión incompleta.
- Métodos específicos de extinción : Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



ENDURATEX™ SYNTHETIC EP 220

00003000407

Versión 4.0

Fecha de revisión 2025/06/18

Fecha de impresión
2025/06/18

SECCIÓN 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

- Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia : Utilícese equipo de protección individual.
Asegúrese una ventilación apropiada.
Evacuar el personal a zonas seguras.
El material puede producir condiciones resbaladizas.
Marque el área contaminada con signos y prevenga el acceso al personal no autorizado.
Sólo el personal cualificado, dotado de equipo de protección adecuado, puede intervenir.
- Precauciones relativas al medio ambiente : No permita la descarga incontrolada de productos al medio ambiente.
- Métodos y material de contención y de limpieza : Impedir nuevos escapes o derrames si puede hacerse sin riesgos.
Retirar todas las fuentes de ignición.
Empapar con material absorbente inerte.
Se debe utilizar herramientas que no produzcan chispas.
Asegúrese una ventilación apropiada.
Contactar con las autoridades locales apropiadas.

SECCIÓN 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

- Indicaciones para la protección contra incendio y explosión : Ninguno conocido.
- Consejos para una manipulación segura : Equipo de protección individual, ver sección 8.
No fumar, no comer ni beber durante el trabajo.
Utilizar solamente con una buena ventilación.
En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.
Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa.
No ingerir.
Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición.
Mantener el contenedor cerrado cuando no se emplea.
- Medidas de higiene : Quitar y lavar la ropa y los guantes contaminados, incluso el interior, antes de volverlos a usar.
Lavarse la cara, las manos y toda la piel expuesta, concienzudamente tras la manipulación.
- Condiciones para el almacenaje seguro : Almacenar en el envase original.
Los contenedores que se abren deben volverse a cerrar cuidadosamente y mantener en posición vertical para evitar pérdidas.
Manténgase en un lugar seco, fresco y bien ventilado.
Guardar en contenedores etiquetados correctamente.
Para mantener la calidad del producto, no almacenar al calor o a la luz directa de sol.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**ENDURATEX™ SYNTHETIC EP 220**

000003000407

Versión 4.0

Fecha de revisión 2025/06/18

Fecha de impresión
2025/06/18**SECCIÓN 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/ PROTECCIÓN INDIVIDUAL****Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.**

No contiene sustancias con valores límites de exposición profesional.

Medidas de ingeniería : No hay requisitos de ventilación especiales. Una ventilación usual debería ser suficiente para controlar la exposición del obrero a los contaminantes aerotransportados.

Protección personal

Protección respiratoria : Utilice protección respiratoria a menos que exista una ventilación de escape adecuada o a menos que la evaluación de la exposición indique que el nivel de exposición está dentro de las pautas recomendadas.
La selección del respirador se debe basar en el conocimiento previo de los niveles, los riesgos de producto y los límites de trabajo de seguridad del respirador seleccionado.

Filtro tipo : filtro para vapores orgánicos

Protección de las manos

Material : neopreno, nitrilo, alcohol polivinílico (PVA), Viton®.

Observaciones : Guantes químico-resistentes e impenetrables que cumplen con las normas aprobadas deben ser usados siempre que se manejen productos químicos si una evaluación del riesgo indica que es necesario.

Protección de los ojos : Usar pantalla facial y traje de protección por si surgen anomalías en el proceso.

Protección de la piel y del cuerpo : Elegir la protección para el cuerpo según sus características, la concentración y la cantidad de sustancias peligrosas, y el lugar específico de trabajo.

Medidas de protección : Lave la ropa contaminada antes de volver a usarla.

SECCIÓN 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto : líquido viscoso

Color : Claro, ligeramente amarillento.

Olor : Suave olor a petróleo

Umbral olfativo : Sin datos disponibles

pH : Sin datos disponibles

Temperature de escurrimiento : -51 °C (-60 °F)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**ENDURATEX™ SYNTHETIC EP 220**

00003000407

Versión 4.0

Fecha de revisión 2025/06/18

Fecha de impresión
2025/06/18

Punto /intervalo de ebullición	:	Sin datos disponibles
Punto de inflamación	:	222 °C (432 °F) Método: (Sistema de) copa abierta Cleveland
Punto de ignición	:	Sin datos disponibles
Tasa de evaporación	:	Sin datos disponibles
Inflamabilidad	:	Observaciones: Bajo peligro de incendio. Este material debe calentarse antes de que ocurra la ignición.
Temperatura de autoignición	:	Sin datos disponibles
Límite superior de explosividad / Límites de inflamabilidad superior	:	Sin datos disponibles
Límites inferior de explosividad / Límites de inflamabilidad inferior	:	Sin datos disponibles
Presión de vapor	:	Sin datos disponibles
Densidad relativa del vapor	:	Sin datos disponibles
Densidad relativa	:	Sin datos disponibles
Densidad	:	0.8431 kg/l (15 °C)
Solubilidad(es)		
Solubilidad en agua	:	insoluble
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	:	Sin datos disponibles
Temperatura de descomposición	:	Sin datos disponibles
Viscosidad		
Viscosidad, cinemática	:	213.6 cSt (40 °C) 27.8 cSt (100 °C)
Propiedades explosivas	:	No someta a presión, corte, suelde, suelde con latón, taladre, esmerile o esponga los envases al calor o fuentes térmicas.
Tamaño de partícula	:	Sin datos disponibles

SECCIÓN 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Reactividad : No se conocen reacciones peligrosas bajo condiciones de uso

Internet: www.petrocanadalubricants.com/sds
Las marcas son propiedad y se usan bajo licencia.

Página: 5 / 10
Petro-Canada Lubricants es una marca de HF Sinclair

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



ENDURATEX™ SYNTHETIC EP 220

00003000407

Versión 4.0

Fecha de revisión 2025/06/18

Fecha de impresión
2025/06/18

	normales.
Estabilidad química	: Estable en condiciones normales.
Posibilidad de reacciones peligrosas	: No se conocen polimerizaciones peligrosas.
Condiciones que deben evitarse	: Sin datos disponibles
Materiales incompatibles	: Reactivo con agentes oxidantes, ácidos, aldehídos, anhídridos, halógenos, compuestos halógenos, ésteres y compuestos de zinc.
Productos de descomposición peligrosos	: Puede emitir COx, SOx, POx, H2S, alquil-mercaptanos, sulfuros, humo y vapores irritantes cuando se calienta para su descomposición.

SECCIÓN 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Información sobre posibles vías de exposición

Contacto con los ojos
Ingestión
Inhalación
Contacto con la piel

Toxicidad aguda

No se clasifica debido a la falta de datos.

Producto:

Toxicidad oral aguda : Observaciones: Sin datos disponibles

Toxicidad aguda por inhalación : Observaciones: Sin datos disponibles

Toxicidad cutánea aguda : Observaciones: Sin datos disponibles

Corrosión o irritación cutáneas

No se clasifica debido a la falta de datos.

Lesiones o irritación ocular graves

No se clasifica debido a la falta de datos.

Sensibilización respiratoria o cutánea**Sensibilización cutánea**

No se clasifica debido a la falta de datos.

Sensibilización respiratoria

No se clasifica debido a la falta de datos.

Mutagenicidad en células germinales

No se clasifica debido a la falta de datos.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**ENDURATEX™ SYNTHETIC EP 220**

000003000407

Versión 4.0

Fecha de revisión 2025/06/18

Fecha de impresión
2025/06/18**Carcinogenicidad**

No se clasifica debido a la falta de datos.

Toxicidad para la reproducción

No se clasifica debido a la falta de datos.

Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposición única

No se clasifica debido a la falta de datos.

Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposiciones repetidas

No se clasifica debido a la falta de datos.

Toxicidad por aspiración

No se clasifica debido a la falta de datos.

SECCIÓN 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA**Ecotoxicidad****Producto:**

Toxicidad para los peces : Observaciones: Sin datos disponibles

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos : Observaciones: Sin datos disponibles

Toxicidad para las algas/plantas acuáticas : Observaciones: Sin datos disponibles

Toxicidad para los microorganismos : Observaciones: Sin datos disponibles

Persistencia y degradabilidad**Producto:**

Biodegradabilidad : Observaciones: Sin datos disponibles

Potencial de bioacumulación

Sin datos disponibles

Movilidad en el suelo

Sin datos disponibles

Otros efectos adversos

Sin datos disponibles

SECCIÓN 13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN**Métodos de eliminación.**

Residuos : No se debe permitir que el producto penetre en los desagües, tuberías, o la tierra (suelos). Ofertar el sobrante y las soluciones no-aprovechables a una compañía de vertidos acreditada.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**ENDURATEX™ SYNTHETIC EP 220**

000003000407

Versión 4.0

Fecha de revisión 2025/06/18

Fecha de impresión
2025/06/18

El desperdicio se debe clasificar y etiquetar antes de reciclarla o desecharla.
Envíese a una compañía autorizada para la gestión de desechos.
Deseche el residuo del producto de acuerdo con las instrucciones de la persona responsable de la eliminación de desechos.

SECCIÓN 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE**Regulaciones internacionales****IATA-DGR**

No está clasificado como producto peligroso.

Código-IMDG

No está clasificado como producto peligroso.

Regulación doméstica**NOM-002-SCT**

No está clasificado como producto peligroso.

Precauciones particulares para los usuarios

No aplicable

SECCIÓN 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla****Los componentes de este producto están presentados en los inventarios siguientes:**

DSL : En o de conformidad con el inventario

TSCA : Todas las sustancias químicas de este producto ya sea que figuran en el Inventario TSCA o están de conformidad con una exención del inventario TSCA.

SECCIÓN 16. OTRA INFORMACIÓN

Fecha de revisión : 2025/06/18

formato para la fecha : mm/dd/aaaa

Texto completo de otras abreviaturas

AIIC - Inventario de productos químicos industriales de Australia; ANTT - Agencia Nacional de Transporte Terrestre de Brasil; ASTM - Sociedad Estadounidense para la Prueba de Materiales; bw - Peso corporal; CMR - Carcinógeno, mutágeno o tóxico para la reproducción; DIN - Norma del Instituto Alemán para la Normalización; DSL - Lista Nacional de Sustancias (Canadá); ECx - Concentración asociada con respuesta x%; ELx - Tasa de carga asociada con respuesta x%;

Internet: www.petrocanadalubricants.com/sds

Página: 8 / 10

Las marcas son propiedad y se usan bajo licencia.

Petro-Canada Lubricants es una marca de HF Sinclair

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



ENDURATEX™ SYNTHETIC EP 220

000003000407

Versión 4.0

Fecha de revisión 2025/06/18

Fecha de impresión
2025/06/18

EmS - Procedimiento de emergencia; ENCS - Sustancias Químicas Existentes y Nuevas (Japón); ErCx - Concentración asociada con respuesta de tasa de crecimiento x%; ERG - Guía de respuesta ante emergencias; GHS - Sistema Globalmente Armonizado; GLP - Buena práctica de laboratorio; IARC - Agencia Internacional para la investigación del cáncer; IATA - Asociación Internacional de Transporte Aéreo; IBC - Código internacional para la construcción y equipamiento de Embarcaciones que transportan químicos peligros a granel; IC50 - Concentración inhibitoria máxima media; ICAO - Organización Internacional de Aviación Civil; IECSC - Inventario de Sustancias Químicas en China; IMDG - Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas; IMO - Organización Marítima Internacional; ISHL - Ley de Seguridad e Higiene Industrial (Japón); ISO - Organización Internacional para la Normalización; KECI - Inventario de Químicos Existentes de Corea; LC50 - Concentración letal para 50% de una población de prueba; LD50 - Dosis letal para 50% de una población de prueba (Dosis letal mediana); MARPOL - Convenio Internacional para prevenir la Contaminación en el mar por los buques; n.o.s. - N.E.P.: No especificado en otra parte; Nch - Norma chilena; NO(A)EC - Concentración de efecto (adverso) no observable; NO(A)EL - Nivel de efecto (adverso) no observable; NOELR - Tasa de carga de efecto no observable; NOM - Norma Oficial Mexicana; NTP - Programa Toxicológico Nacional; NZIoC - Inventario de Químicos de Nueva Zelanda; OECD - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico; OPPTS - Oficina para la Seguridad Química y Prevención de Contaminación; PBT - Sustancia persistente, bioacumulativa y tóxica; PICCS - Inventario Filipino de Químicos y Sustancias Químicas; (Q)SAR - Relación estructura-actividad (cuantitativa); REACH - Reglamento (EC) No 1907/2006 del Parlamento y Consejo Europeos con respecto al registro, evaluación autorización y restricción de químicos; SADT - Temperatura de descomposición autoacelerada; SDS - Ficha de datos de seguridad; TCSI - Inventario de Sustancias Químicas de Taiwán; TDG - Transporte de mercancías peligrosas; TECl - Inventario de productos químicos existentes de Tailandia; TSCA - Ley para el Control de Sustancias Tóxicas (Estados Unidos); UN - Naciones Unidas; UNRTDG - Recomendaciones para el Transporte de Mercancías Peligrosas de las Naciones Unidas; vPvB - Muy persistente y muy bioacumulativo; WHMIS - Sistema de Información de Materiales Peligrosos en el Sitio de Trabajo

Para obtener una copia de la SDS : Internet: www.petrocanadalubricants.com/sds
Para obtener información sobre la seguridad del producto: 1 905-491-0565

Preparado por : Product Safety: +1 905-491-0565

Fecha de revisión : 2025/06/18
formato para la fecha : aaaa/mm/dd

La información se considera correcta, pero no es exhaustiva y se utilizará únicamente como orientación, la cual está basada en el conocimiento actual de la sustancia química o mezcla y es aplicable a las precauciones de seguridad apropiadas para el producto.

La información proporcionada en esta Ficha de Datos de Seguridad, es la más correcta de que disponemos a la fecha de su publicación. La información suministrada, está concebida solamente como una guía para la seguridad en el manejo, uso, procesado, almacenamiento, transporte, eliminación y descarga, y no debe ser considerada como una garantía o especificación de calidad. La información se refiere únicamente al material especificado, y no puede ser válida para dicho material, usado en combinación con otros materiales o en cualquier proceso, a menos que sea indicado en el texto.

Apéndice C

Datos Técnicos ENDURATEX SYNTHETIC EP y XL



DATOS TÉCNICOS

ENDURATEX™ EP Y ENDURATEX XL

LUBRICANTES PREMIUM PARA ENGRANAJES INDUSTRIALES DE USO PESADO

INTRODUCCIÓN

Los aceites para engranajes ENDURATEX EP y XL de Petro-Canada Lubricants son lubricantes de rendimiento premium, para presión extrema y diseñados para engranajes y cojinetes industriales cerrados que funcionan en condiciones de carga exigentes y en temperaturas extremas. Los aceites para engranajes ENDURATEX EP y XL están formulados con aceites base ultrapuros de alta calidad y tecnologías de aditivos sin cenizas especialmente seleccionados y brindan una protección duradera, antidesgaste y contra presiones extremas. Su excelente resistencia a la microcorrosión, la protección antidesgaste de los cojinetes y la capacidad de carga superan los principales requisitos de los fabricantes de equipos originales y de la industria para el rendimiento de EP.

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

Vida útil excepcional

- Reduce los costos operativos y de mantenimiento.
- Ayuda a extender los intervalos entre cambios de aceite
- Soporta altas temperaturas de funcionamiento durante períodos más prolongados
- Minimiza los depósitos nocivos de lodo y barniz, lo que reduce el desgaste y prolonga la vida útil del aceite

Excelentes propiedades de resistencia de la película y a presiones extremas

- Prolonga la vida útil de engranajes y cojinetes
- Reduce la probabilidad de agarrotamiento, desgaste o desprendimiento de los dientes de los engranajes y los cojinetes en condiciones de carga elevada y brinda resistencia contra la fatiga por micropicaduras

Protección contra la herrumbre y la corrosión

- Evita que las piezas de hierro se oxiden
- Protege de la corrosión a cojinetes, rodamientos y otros componentes que contengan cobre
- Prolonga la vida útil del equipo

Capacidad de separación con el agua

- Evita la formación de emulsión
- Permite que se escurra el agua antes que recircule el aceite
- Elimina el daño corrosivo a las partes de metal cuando hay agua

Baja tendencia de formación de espuma

- Asegura la presencia de una película de lubricante continua en todo momento
- Evita el desborde de las cajas de engranajes y los depósitos de aceite.
- Reduce la posibilidad de daño por cavitación en bombas de circulación de aceite, si están instaladas

USOS

Los aceites para engranajes ENDURATEX EP y XL son lubricantes premium versátiles, cuyo uso se recomienda en todo tipo de transmisiones de engranaje industriales cerrados en los que se especifica un aceite para engranajes de presión extrema, especialmente donde se requiere protección contra micropicaduras.

Los aceites para engranajes ENDURATEX EP y XL brindan una excelente protección a los engranajes y los cojinetes, y una prolongada vida útil en un amplio rango de diseños de engranajes. Entre estos se encuentran: engranajes rectos, internos, planetarios, de piñón y cremallera, cónicos, cónicos-helicoidales, helicoidales y en espiga.

Los aceites para engranajes ENDURATEX EP se recomiendan para lubricar todo tipo de cojinetes pesados o sometidos a cargas de choque y los grados de baja viscosidad son lubricantes efectivos para cables de acero.

Los aceites para engranajes multigrado ENDURATEX XL brindan una excelente estabilidad al corte y están diseñados con la ventaja adicional de eliminar la necesidad de cambios estacionales. ENDURATEX XL está disponible en grados 68/150 y 68/220. El aceite ENDURATEX XL 68/150 ofrece excelentes propiedades a temperaturas bajas en comparación con los productos líderes de la competencia para todas las estaciones a fin de garantizar arranques en frío más fáciles y una mejor protección del equipo. El aceite ENDURATEX XL 68/220 soporta tanto las exigencias del invierno (grado 68) y del verano (grado 220). El aceite ENDURATEX XL 68/220 se recomienda específicamente para cajas de engranajes expuestas a temperaturas extremas. Tiene suficiente fluidez a baja temperatura para funcionar bien en lugares expuestos, ofreciendo intervalos entre cambios de aceite prolongados y tiempo de inactividad mínimo.

Los aceites para engranajes ENDURATEX EP y XL cumplen y superan los siguientes estándares industriales y de fabricantes de equipos originales:

- Especificación de Flender AS 7300 para rendimiento EP
- David Brown S1.53.101 E
- DIN 51517-3
- ISO 12925-1 CKC, CKD*
- AGMA 9005-F16
- GB9503-2011 CKC
- AIST 224 (anteriormente USS 224)*
- JIS K 2219:2006 (clase II)*
- SK025318-0004*
- Especificaciones P de Fives Cincinnati: P-77 (EP 150), P-74 (EP 220), P-59 (EP 320) y P-35 (EP 460)

* A excepción de ENDURATEX EP 680

Lubricación de engranajes cerrados

Con las transmisiones de engranajes cerrados, se obtienen mejores resultados si se mantiene el nivel de aceite correcto; es decir, los dientes más bajos deben estar sumergidos hasta la mitad cuando están en reposo.

La Asociación Estadounidense de Fabricantes de Engranajes (American Gear Manufacturers Association, AGMA) publicó varias normas para los lubricantes para engranajes de maquinaria industrial. Se recomienda usar los aceites para engranajes ENDURATEX EP cuando la AGMA especifica los siguientes

aceites del tipo antirrayaduras:

Números AGMA anteriores	Rango de viscosidad cSt a 40 °C/104 °F	ENDURATEX EP
2	61 - 75	68
3	90 - 110	100
4	135 - 165	150
5	198 - 242	220
6	288 - 352	320
7	414 - 506	460
8	612 - 748	680

El grado de viscosidad de ENDURATEX EP adecuado para los usos donde no existen recomendaciones específicas de AGMA se puede determinar según la siguiente tabla:

Lubricación para engranajes rectos cónicos y helicoidales

Tipo de unidad/tamaño	ENDURATEX EP	
	-10 °C a 15 °C 14 °F a 62 °F	10 °C a 50 °C 50 °F a 122 °F
Unidades de reducción simples o dobles Separación de ejes paralelos: - Hasta 20 cm (8") - de 20 a 50 cm (8" a 20") - Más de 50 cm (20")	68 100 150	100 150 220
Unidades de reducción triples Separación de ejes: - Más de 50 cm (20")	220	320
Engranajes planetarios Diámetro de la caja exterior: - Hasta 40 cm (16") - Más de 40 cm (16")	68 150	150 220
Cónicos, cónicos-helicoidales Distancia del cono: - Hasta 30 cm (12") - Más de 30 cm (12") - De velocidad alta, mayor a 3600 rpm	68 150 68	150 220 68
Motorreductores - Todos los tamaños	68	150

Para casos en los que se requiere protección en todas las estaciones y en un amplio rango de temperaturas, se recomiendan los aceites para engranajes multigrado ENDURATEX XL.

Los rangos de temperatura mencionados se refieren a temperaturas normales de funcionamiento de la caja de engranajes y no representan los límites de funcionamiento del producto.

Para las cajas de engranajes que funcionen en rangos de temperatura diferentes a los mencionados, comuníquese con un asesor de servicio técnico de Petro-Canada Lubricants para obtener una recomendación adecuada.

DATOS TÍPICOS DE RENDIMIENTO										
Propiedad	Método de prueba	ENDURATEX EP							ENDURATEX XL	
		68	100	150	220	320	460	680	68/150	68/220
Número AGMA anterior		2	3	4	5	6	7	8	3	4
Densidad, kg/l a 15° C	D4052	0.863	0.870	0.877	0.881	0.885	0.892	0.904	0.872	0.879
Color	D1500	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<6,0	<6,0	>8,0	<1,0	<1,0
Viscosidad, cSt a 40 °C	D445	68	100	150	220	321	473	696	104	150
Viscosidad, cSt a 100 °C		9.2	12.0	15.3	19.4	24.9	31.3	37.8	14.0	19.9
Índice de viscosidad	D2270	119	110	103	102	99	96	87	136	153
Punto de inflamación, COC, °C/°F	D92	232 / 450	238 / 460	266 / 511	252 / 486	254 / 489	270 / 518	258 / 496	218 / 424	226 / 439
Punto de fluidez, °C/°F	D5950	-45 / -49	-39 / -38	-33 / -27	-33 / -27	-21 / -6	-15 / 5	-12 / 10	-39 / -38	-39 / -38
Temperatura de viscosidad Brookfield a 150 000 cP, °C/°F	D2983	-39 / -38	-32 / -26	-27 / -17	-24 / -11	-16 / 3	-13 / 9	-4 / 25	-33 / -27	-33 / -27
Demulsibilidad	D2711	87.7	86.9	86.4	84.6	83.8	83.0	80.3	86.9	85.5
Agua libre total (ml)		0.3	0.4	0.5	0.9	0.8	0.9	0.7	0.2	0.4
Emulsión (ml)										
Secuencia de espuma I, II, III	D892	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	10/0
Tendencia/estabilidad, ml		30/0	30/0	10/0	20/0	10/0	10/0	30/0	10/0	10/0
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Prueba de corrosión del cobre, 3 h a 100 °C/212 °F	D130	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a
Prueba de herrumbre, procedimientos A y B, 24 horas	D665	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
Prueba de carga de presión extrema Timken, aprobada, kg/lb	D2782	32 / 70	32 / 70	32 / 70	32 / 70	32 / 70	32 / 70	30 / 65	32 / 70	32 / 70
Carga de soldadura de cuatro bolas, kg	D2783	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Desgaste de cuatro bolas 20 kg/44 lb, 54 °C/129 °F, 1800 rpm, 1 h	D4172	0.31	0.35	0.25	0.28	0.32	0.29	0.22	0.26	0.31
Índice de desgaste de la carga de soldadura de 4 bolas	D2783	60.4	64.9	53.0	54.8	57.2	63.5	49.8	51.6	69.5
Desgaste, Etapa de falla de carga FZG, A/8.3/90	DIN ISO 14635-1	>12	>12	>12	>12	>12	>12	>12	>12	>12
Prueba de micropicaduras FZG, Etapa de carga de falla, 90 °C	FVA 54/7	≥10	≥10	≥10	≥10	≥10	≥10	≥10	≥10	≥10
Prueba de micropicaduras FZG, Clase GFT, 90 °C	FVA 54/7	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Prueba de cojinetes de rodillos FE8, D-7,5/80-80, desgaste de rodillos, mg	DIN 51819-3	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Los valores citados anteriormente son típicos de una producción normal. No constituyen una especificación.



Apéndice D

Datos técnicos PURITY FG EP

Datos técnicos



PURITY™ FG EP FLUIDOS PARA ENGRANAJES

Introducción

Los fluidos para engranajes PURITY™ FG EP de Petro-Canada están formulados con SynFX™, una tecnología de avanzada que se diseñó para brindar un rendimiento sintético y una protección duradera.



Los resultados destacados de PURITY™ FG se basan en más de 30 años de experiencia en formulación. Gracias al proceso de pureza HT, Petro-Canada produce un aceite puro de base 99,9 % cristalino, lo que lo sitúa entre los más puros del mundo. Los fluidos para engranajes PURITY FG EP proporcionan una excelente resistencia al deterioro por oxidación y una protección antidesgaste y con carga de choque, ya que están prácticamente libres de impurezas que podrían repercutir en su funcionamiento y están fortificados con aditivos de rendimiento especialmente seleccionados.

Los fluidos para engranajes PURITY™ FG EP se diseñaron para cumplir con las normas de seguridad de la industria alimentaria y se ajustan perfectamente a los planes de aplicación de HACCP (Análisis de peligros y puntos de control críticos) y los programas GMP (Buenas prácticas de fabricación).

Características y beneficios

- **Resistencia superior al deterioro por oxidación**
 - Ayuda a mantener a las cajas de engranajes libres de lodo y barniz
 - Extiende la vida útil del fluido y reduce la inactividad, incluso a temperaturas elevadas



- **Protección a largo plazo contra la oxidación y la corrosión**
 - Protege los engranajes contra los daños producidos por la humedad
 - Evita la formación de emulsiones que generan oxidación
 - Protege los componentes de bronce y cobre
- **Excelente protección antidesgaste y de presión extrema**
 - Previene bloqueos, ralladuras y roturas causadas por cargas de impacto
 - Protege contra el desgaste de los engranajes
 - Proporciona capacidad de carga de los cojinetes
- **Resistente a la formación de espuma y acumulación de aire**
 - Evita el desborde de los depósitos
 - Ayuda a evitar los daños en los engranajes causados por la gasificación de una película insuficiente de lubricante
- **Resistencia a la contaminación**
 - Se separa rápidamente del agua
- **Completamente registrado para el uso en áreas de procesamiento de alimentos y en sus alrededores**
 - H1 registrado por la NSF
 - Todos los componentes de los fluidos cumplen con la normativa FDA 21 CFR 178.3570 de Estados Unidos para lubricantes en contacto accidental con los alimentos
 - Certificado como Kosher Pareve por Star K
 - Certificado como Halal

¿Qué es la diferencia HT?

Lubricantes Petro-Canada comienza con el proceso de pureza HT para producir aceites base con un 99,9 % de pureza y transparentes como el agua. El resultado es una amplia gama de aceites, fluidos especiales y grasas que ofrecen el máximo rendimiento a nuestros clientes.




Nonfood Compounds
Program Listed H1
ISO 21469 Certified

Aplicaciones

Los fluidos para engranajes PURITY™ FG EP ofrecen una lubricación excepcional en engranajes cerrados (de tornillo sin fin a temperaturas moderadas, helicoidales, cónicos y cilíndricos de dientes rectos) que funcionan en condiciones normales o en condiciones de carga pesada por impacto.

Los fluidos para engranajes PURITY™ FG EP también se pueden utilizar en cojinetes y transmisiones por cadena, proporcionando una prolongada vida útil y operación limpia.

Datos típicos de rendimiento

PROPIEDAD	MÉTODO DE PRUEBA	FLUIDOS PARA ENGRANAJES PURITY™ FG EP 				
		100	150	220	320	460
Grado ISO	-	100	150	220	320	460
Viscosidad, cSt a 40 °C SUS a 100 °F) cSt a 100 °C / (SUS a 210 °F)	D445	105 (547)	142 (744)	225 (1189)	302 (1603)	424 (2264)
	D445	12,0 (68)	14,6 (78)	19,7 (100)	23,8 (118)	29,8 (146)
Índice de viscosidad	D2270	103	101	100	99	99
Punto de inflamación, COC, °C (°F)	D92	264 (507)	240 (464)	204 (399)	184 (363)	198 (388)
Punto de fluidez, °C (°F)	D5950	-39 (-38)	-39 (-38)	-36 (-33)	-39 (-38)	-39 (-38)
Color	D1500	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5
Capacidad de separación con el agua, 82 °C (180 °F), mL (min.)	D1401	43-37-0 (10)	43-37-0 (10)	43-37-0 (10)	43-37-0 (15)	43-37-0 (20)
Protección contra el óxido, A – Agua destilada B – Agua de mar sintética	D665	Aprobado	Aprobado	Aprobado	Aprobado	Aprobado
	D665	Aprobado	Aprobado	Aprobado	Aprobado	Aprobado
Resistencia a la formación de espuma, Secuencia I	D892	80/0	20/0	0/0	0/0	0/0
Protección antidesgaste: Desgaste de cuatro bolas, mm (40 kg, 1200 rpm, 1 hs., 75 °C)	D4172	0,42	0,42	0,44	0,43	0,42
Protección de presión extrema: Prueba de carga de cuatro bolas, kg (lb)	D2783	126 (278)	160 (353)	160 (353)	160 (353)	160 (353)

Los valores mencionados son típicos de una producción normal. No constituyen una especificación.

Vida útil: La vida útil del producto es de 3 años desde la fecha de fabricación cuando se almacena en contenedores sellados bajo condiciones de almacenamiento protegido*

* Las condiciones de almacenamiento protegido incluyen almacenamiento interior o bajo techo y protección contra la contaminación, lo que incluye la exposición a lluvia y nieve, la exposición directa a la luz solar, la exposición a temperaturas extremas y ciclos de temperaturas altas y bajas.

Para pedir productos o para obtener más información sobre cómo Lubricantes Petro-Canada puede ayudar a su empresa visite: lubricants.petro-canada.com o comuníquese con nosotros a: lubecsr@petrocanadalsp.com



IM-7867S (2016.06)

™ Propiedad o uso bajo licencia.



Por encima de las normas actuales.™