

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de ingeniería en mecánica y ciencias de la producción

**Mantenimiento mecánico del reductor cicloidal de una carreta enrolladora de
cable de acero**

TECN - 002

Proyecto Integrador

Previa a la obtención del Título de:
Tecnólogo/a Superior en Mecatrónica

Presentado por:

Scarlet Nicole Soriano Álvarez

Adriano Jared Egas Zambrano

Guayaquil – Ecuador

Año 2025

Dedicatoria

Dedico este logro a Dios por iluminar mi camino y sostenerme con su fuerza en cada etapa de este proceso. A mi familia, en especial a mis padres y hermanas, por su amor inagotable, su confianza inquebrantable y por ser mi motor para avanzar con determinación, este logro también es suyo.

Scarlet Nicole Soriano Álvarez

Dedico el presente trabajo a Dios por ser mi guía en momentos difíciles, a mi familia por siempre estar presentes y creer en mí, por brindarme el mayor ejemplo de superación, humildad y sacrificio que llevo presente conmigo hasta el día de hoy. A todos ellos dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida.

Adriano Jared Egas Zambrano

Agradecimientos

Agradezco profundamente a la Universidad ESPOL, a mis docentes por su dedicación, paciencia y por transmitir conocimientos que han dejado huellas imborrables en mi vida. A los técnicos y supervisores de la empresa formadora por compartir su experiencia y profesionalismo. Mi gratitud especial a la fundación Santa María y a Jim, por ver en mí un potencial que me motivó a seguir adelante y confiar en mis capacidades.

Scarlet Nicole Soriano Álvarez

Quiero agradecer a los tutores de la empresa formadora por contribuir en gran parte a los conocimientos impartidos durante este tiempo, a la Universidad ESPOL por fomentar en mí todos los conocimientos y enseñanzas que llevaré presentes. Agradezco a todos los que conforman la fundación Santa María, especialmente a Jim, quien creyó en mí y en mis ganas de superarme.

Adriano Jared Egas Zambrano

Declaración Expresa

Nosotros Scarlet Nicole Soriano Álvarez y Adriano Jared Egas Zambrano acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, miércoles 09 de octubre del 2024.



Scarlet Nicole Soriano
Álvarez



Adriano Jared Egas
Zambrano

Evaluadores

MSC. JIMENEZ CARRERA CELSO

DANIEL

Profesor de Materia

MSC. MARTINEZ BARRE JOSE

GABRIEL

Tutor de proyecto

Resumen

El mantenimiento del reductor cicloidal de las carretas enrolladoras de cable en la industria portuaria es esencial para garantizar operaciones seguras y eficientes. Este proyecto tiene como objetivo optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil de este componente mediante un plan integral de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo. La metodología incluye inspección visual, limpieza, análisis por ultrasonido y reemplazo de piezas dañadas, siguiendo normas técnicas aplicables.

Los resultados indicaron que, tras los mantenimientos, el reductor cicloidal mostro un desempeño optimo, sin signos de desgaste significativo en sus componentes internos. La limpieza y el cambio de lubricante mejoraron su eficiencia, mientras que el análisis por ultrasonido confirmo la ausencia de vibraciones o fricción fuera de parámetros. Además, se detectó la necesidad de corregir la visibilidad del indicador de nivel de aceite.

El proyecto concluye que la implementación de estrategias de mantenimiento integral incrementa la confiabilidad operativa y reduce costos asociados a fallas inesperadas. Es fundamental continuar capacitando al personal y actualizando los procedimientos de mantenimiento para adaptarse a condiciones operativas cambiantes.

Palabras Clave: Mantenimiento, Reductor Cicloidal, Carreta Enrolladora de Cable, Industria Portuaria.

Abstract

The maintenance of the cycloidal reducer in cable drum carriages within the port industry is essential to ensure safe and efficient operations. This project aims to optimize performance and extend the service life of this component through a comprehensive preventive, predictive and corrective maintenance plan. The methodology included visual inspection, cleaning, ultrasonic analysis and replacement of damaged parts, following applicable technical standards.

The results indicated that, after maintenance, the cycloidal reducer showed optimal performance, with no significant signs of wear in its internal components. Cleaning and lubricant replacement improved its efficiency, while ultrasonic analysis confirmed the absence of vibrations or friction beyond acceptable parameters. Additionally, the need to improve the visibility of the oil level indicator was identified.

The project concludes that implementing comprehensive maintenance strategies increases operational reliability and reduces costs associated with unexpected failures. It is essential to continue training personnel and updating maintenance procedures to adapt to changing operational conditions.

Keywords: *Maintenance, Cycloidal Reducer, Cable Drum Carriage, Port Industry.*

Índice general

Resumen	VI
<i>Abstract</i>	VII
Índice general	VIII
Abreviaturas	X
Índice de figuras	XI
Índice de tablas.....	XII
Capítulo 1	13
1.1 Introducción	14
1.2 Descripción del Problema	15
1.3 Justificación del Problema	15
1.4 Objetivos.....	16
<i>1.4.1 Objetivo general</i>	16
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i>	16
1.5 Marco teórico.....	17
<i>1.5.1 Reductor cicloidal</i>	17
<i>1.5.2 Componentes internos</i>	18
<i>1.5.3 Componentes externos</i>	19
<i>1.5.4 Introducción al mantenimiento de los reductores cicloidales</i>	20
<i>1.5.5 Principio de funcionamiento, operación y problemas comunes del reductor cicloidal</i>	21
<i>1.5.5.1 Principales problemas</i>	22
Capítulo 2	23
2. Metodología.....	24
2.1 Alternativas de solución.....	24
2.2 Procedimiento	25
2.5 Mantenimiento correctivo al Reductor Cicloidal.....	29
Capítulo 3	31

3. Resultados y análisis	32
3.1 Plan de mantenimiento.....	33
3.2 Mantenimiento preventivo.....	35
3.3 Mantenimiento predictivo.....	36
3.4 Mantenimiento Correctivo.....	37
3.5 Resultados de los mantenimientos realizados.....	38
Capítulo 4.....	39
4 Conclusiones y recomendaciones.....	40
4.1 Conclusiones.....	40
4.1.2 Recomendaciones	41
Referencias.....	43

Abreviaturas

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

QC Quay Crane – Grúas Muelle

Índice de figuras

Figura 1 Partes del reductor cicloidal.....	20
Figura 2 Cambio de aceite lubricante en el reductor cicloidal.....	26
Figura 3 Limpieza del reductor y evidencia del indicador de nivel de aceite.....	27
Figura 4 Creación de ruta para realizar el análisis por ultrasonido.....	27
Figura 5 Transferencia de los datos al equipo de análisis de ultrasonido.....	28
Figura 6 Análisis de ultrasonido a los rodamientos de los reductores cicloidales.....	28
Figura 7 Lijado y pintado de los reductores.....	29
Figura 8 Cambio de manguera indicadora de nivel de aceite.....	30
Figura 9 Resultado del análisis por ultrasonido.....	33

Índice de tablas

Tabla 1 Componentes internos del reductor cicloidal	18
Tabla 2 Componentes externos del reductor cicloidal	19
Tabla 3 Zonas expuestas al desgaste	25
Tabla 4 Herramientas y materiales utilizados en la limpieza.....	25
Tabla 5 Plan de mantenimiento: ficha técnica a completar con los datos de cada equipo.....	34
Tabla 6 Plan de mantenimiento preventivo: tareas a realizar.....	35
Tabla 7 Mantenimiento predictivo, detalle de la tarea a realizar.	36
Tabla 8 Plan de mantenimiento correctivo, tareas a realizar.....	37
Tabla 9 Registro de medidas para resolver los problemas identificados.	38

Capítulo 1

1.1 Introducción

En la industria portuaria, las carretas enrolladoras de cable son equipos esenciales para el manejo eficiente y seguro de cables de acero. Su uso es importante en el mantenimiento de Grúas QC (Quay Crane), donde facilitan el proceso de cambios de cables del sistema hoist (sistema de elevación), asegurando un enrollado controlado. Estas máquinas están diseñadas para soportar condiciones operativas exigentes, como cargas pesadas y ciclos de trabajo continuos, características comunes en el entorno portuario.

Uno de los componentes clave en el funcionamiento es el reductor de velocidad, encargado de reducir la velocidad rotacional del motor, aumentando el torque y garantizando un movimiento preciso y constante durante el enrollado y desenrollado del cable. Este elemento resulta importante no solo para el rendimiento eficiente de la máquina, sino también para la seguridad operativa.

Sin embargo, las condiciones en las que opera el reductor, tales como cargas pesadas, alta humedad y ambientes salinos, aumentan la probabilidad de desgastes, fallos y desajustes. Estos problemas, si no se gestionan mediante estrategias de mantenimiento adecuadas, pueden ocasionar interrupciones en las operaciones y riesgos para la seguridad del personal, además, se pretende garantizar la continuidad de las operaciones de cambio de cables en grúas QC, reducir costos operativos y contribuir a un entorno de trabajo más seguro y eficiente.

1.2 Descripción del Problema

El mantenimiento de los reductores en la carreta enrolladora de cable constituye una mano de obra esencial para asegurar la operación eficiente y segura de este equipo que desempeña un papel importante en la industria portuaria, particularmente en las Grúas QC (Quay Cranes). Estos reductores son responsables de adaptar y transmitir la potencia del motor, permitiendo el enrollado y desenrollado controlado de cables de acero, fundamentales para las operaciones de izaje y manejo de carga. Sin embargo, su exposición a ambientes salinos propios del entorno y falta de un programa de mantenimiento adecuado incrementan el riesgo de deterioro y fallas inesperadas.

Los problemas más comunes asociados a los reductores incluyen la degradación del lubricante, desgaste prematuro de componentes internos, pérdida de visibilidad en los indicadores de nivel de aceite y corrosión en la carcasa externa debido al ambiente salino. Estos factores no solo reducen la eficiencia del equipo, sino que también aumentan el tiempo de inactividad no planificada y riesgos de accidentes. Ante esta realidad, es necesario implementar procedimientos técnicos basados en prácticas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo que permitan mitigar estas problemáticas y optimizar el rendimiento del equipo.

1.3 Justificación del Problema

El mantenimiento adecuado de los reductores en las carretas enrolladoras de cable es fundamental para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de las operaciones portuarias. Ante las necesidades encontradas y las condiciones adversas a las que están expuestos los reductores debido al ambiente salino y altas exigencias operativas.

La seguridad de los operadores y la integridad de la infraestructura son prioridades que dependen directamente de la correcta funcionalidad de los reductores. Un fallo en este componente puede generar accidentes laborales y daños severos en los equipos, lo que comprometería la seguridad

en el área de trabajo. Por lo tanto, hay que asegurar que los reductores estén en condiciones óptimas para prevenir estos riesgos.

La eficiencia operativa del sistema se ve gravemente afectada cuando los reductores no reciben el mantenimiento adecuado. La acumulación de residuos, la degradación del aceite y la corrosión en las piezas externas pueden generar tiempos de inactividad no programados, lo que interrumpe las operaciones y reduce la productividad.

Finalmente, el entorno salino acelera el desgaste en las piezas metálicas y componentes internos de los reductores, lo que hace necesario aplicar medidas de mantenimiento preventivo, como el cambio de aceite, la limpieza, el pintado y la inspección de piezas. Estas acciones no solo previenen fallos mecánicos, sino que también extienden la vida útil de los reductores. El mantenimiento es esencial para mantener la operación eficiente y segura de las carretas enrolladoras de cable, garantizando un funcionamiento óptimo y reduciendo riesgos de accidentes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Optimizar el desempeño y la funcionalidad del reductor en las carretas enrolladoras de cable mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, que permita mejorar la confiabilidad operativa, minimizar tiempos de inactividad no programada y extender la vida útil de equipo, contribuyendo así una operación más segura, eficiente y sostenible.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar y evaluar las principales causas de fallas y desgastes en el reductor, asegurando un enfoque en datos para la mejora de su desempeño.
2. Establecer procedimientos de inspección, ajuste y lubricación del reductor, asegurando su implementación inicial y cumpliendo normas de seguridad.

3. Desarrollar un plan de mantenimiento que contemple las características técnicas y operativas del reductor en las carretas enrolladoras de cable, adaptándolo a las exigencias de la industria portuaria.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Reductor cicloidal

El reductor cicloidal es un dispositivo mecánico que disminuye la velocidad de rotación de un motor y al mismo tiempo aumenta su torque de salida. Su transmisión se refiere al proceso mediante el cual la energía cinética del motor de entrada se transforma para obtener una velocidad reducida y un torque amplificado en el eje de salida. Además, la potencia en este sistema describe la capacidad de transmitir energía mecánica al eje de salida, ajustando la relación entre velocidad y torque para optimizar su funcionamiento (Garcia Santiago, 2020).

1.5.2 Componentes internos

Tabla 1

Componentes internos del reductor cicloidal

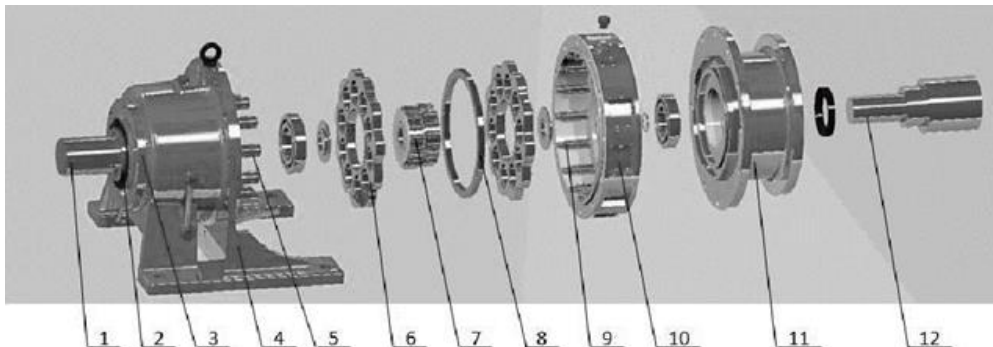
Componentes	Función	Autor
Eje de salida	Transmite el movimiento y el torque generado por el reductor hacia el mecanismo externo que se desea accionar.	(Guamao, 2022)
Disco cicloidal	Convierte el movimiento rotacional del eje de entrada en un movimiento oscilante necesario para reducir la velocidad y aumentar el torque.	(Guamao, 2022)
Cojinetes excéntricos	Proporcionan el movimiento excéntrico requerido por los discos cicloidales, asegurando la oscilación correcta.	(Guamao, 2022)
Anillo espaciador	Mantiene el alineamiento y separación adecuada entre componentes internos, evitando interferencias mecánicas.	(Guamao, 2022)
Pasador/ Casquillo de aguja	Facilitan el movimiento suave de los discos cicloidales al reducir la fricción entre estos y la carcasa.	(Guamao, 2022)
Eje de entrada	Recibe el movimiento rotacional del motor o fuente de energía y lo transfiere al sistema interno del reductor.	(Guamao, 2022)

1.5.3 Componentes externos

Tabla 2

Componentes externos del reductor cicloidal

Componentes	Función	Autor
Cascara del diente de aguja	Acomoda los pasadores de aguja, asegurando la transmisión efectiva del movimiento oscilante.	(Guamao, 2022)
Anillo de sujeción	Fija el conjunto del reductor, proporcionando estabilidad y seguridad en su montaje.	(Guamao, 2022)
Tapa de extremo pequeña	Protege los componentes internos de suciedad y contaminantes, además de mantener lubricación interna.	(Guamao, 2022)
Carcasa del reductor	Aloja y protege todos los componentes internos del reductor, evitando daños externos y garantizando una operación segura.	(Guamao, 2022)
Pasadores fijos	Actúan como puntos de contacto y soporte para los discos cicloidales durante su movimiento oscilante.	(Guamao, 2022)
Conector del motor	Conecta físicamente el reductor al motor asegurando una transmisión precisa del movimiento.	(Guamao, 2022)

Figura 1*Partes del reductor cicloidal*

Nota. Partes del reductor cicloidal, imagen obtenida de la ficha técnica Guomao Reducer.

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1. Eje de salida | 7. Cojinetes excéntricos |
| 2. Anillo de sujeción | 8. Anillo espaciador |
| 3. Tapa de extremo pequeña | 9. Pasador / Casquillo de aguja |
| 4. Carcasa del reductor | 10. Cascara del diente de aguja |
| 5. Pasadores fijos | 11. Conector del motor |
| 6. Discos cicloidales | 12. Eje de entrada |

1.5.4 Introducción al mantenimiento de los reductores cicloidales

El mantenimiento es el conjunto de acciones y actividades que se realizan sobre un equipo o máquina con el fin de conservarlo en buen estado de funcionamiento, prevenir fallos y asegurar su durabilidad y eficiencia operativa. En entornos industriales esto es un proceso de suma importancia y se aplica en los reductores cicloidales de la carreta enrolladora de cable. El estar expuesto a cambios climáticos y entornos salinos hacen que la probabilidad de fallos o problemas sean más recurrentes. Un mantenimiento eficiente ayudara a extender la vida útil del equipo.

En la industria portuaria existen tres tipos de mantenimientos: preventivo, correctivo y predictivo:

- **Mantenimiento Preventivo:** Se realiza de forma programada y anticipada, antes de que ocurran fallos, para evitar que los equipos se desgasten o presenten fallos. Esto incluye actividades como inspecciones regulares, lubricación, ajustes y reemplazo de piezas desgastadas (Garcia Santiago, 2020).
- **Mantenimiento Correctivo:** Se lleva a cabo cuando un equipo ya ha fallado, con el objetivo de reparar o restaurar su funcionamiento. Es reactivo, y se realiza cuando se presenta una avería o defecto (Garcia Santiago, 2020).
- **Mantenimiento Predictivo:** Utiliza técnicas y herramientas para monitorear el estado de los equipos (como sensores, vibraciones, temperaturas, etc.) y prever cuándo es probable que falle una parte, permitiendo realizar reparaciones justo antes de que ocurra un fallo (Garcia Santiago, 2020).

1.5.5 Principio de funcionamiento, operación y problemas comunes del reductor cicloidal

El reductor cicloidal opera mediante un sistema de engranaje que utiliza el principio de la curva cicloidal para transmitir la energía. En este sistema, un disco cicloidal se mueve de manera excéntrica, generando un movimiento orbital que engrana con los pasadores fijos en la carcasa. Este proceso produce una reducción de velocidad y un aumento de torque. A diferencia de otros reductores, el cicloidal distribuye las fuerzas a través de múltiples puntos de contacto, lo que mejora la eficiencia y reduce el desgaste de los componentes (STAGNOLI, 2024)

1.5.5.1 Principales problemas

- **Desgaste de Componentes Internos:** El constante contacto entre el disco cicloidal y los pasadores fijos puede ocasionar desgaste, especialmente en aplicaciones de alta carga o ciclos de operación intensivos. Esto puede llevar a una reducción en la eficiencia de la transmisión y a fallos prematuros (García Santiago, 2020)).
- **Fugas de Aceite:** El sellado inadecuado o el desgaste de los sellos pueden ocasionar fugas de lubricante, lo que afecta la lubricación interna, causando fricción y sobrecalentamiento (García Santiago, 2020).
- **Sobrecalentamiento:** Si el reductor cicloidal no se mantiene adecuadamente, como por ejemplo sin suficiente lubricación o sin la disipación adecuada del calor, puede sobrecalentarse, lo que podría dañarlo irreparablemente (García Santiago, 2020).
- **Desbalanceo de Componentes:** El desbalanceo en los componentes del reductor, causado por un montaje incorrecto o por defectos en las piezas, puede generar vibraciones, ruidos anormales y un rendimiento deficiente (García Santiago, 2020).

Capítulo 2

2. Metodología.

Aquí se describe el proceso de formulación y selección de alternativas para resolver el problema identificado, asegurando que las opciones sean viables y alineadas con los objetivos. Además, se presentan las especificaciones técnicas finales, que guían la implementación de la solución seleccionada. Para ello, se diseñó un plan de mantenimiento integral estructurado en etapas que abordan las necesidades del equipo, garantizando su eficiencia y prevención de fallas.

2.1 Alternativas de solución

Durante la inspección inicial del reductor cicloidal, se identificó la presencia de óxido, suciedad, poca visibilidad en los indicadores de nivel de aceite, desajustes y falta de lubricante en su estructura interna que determinaron las necesidades de mantenimiento entre las cuales destacan los predictivos, preventivos y correctivos. Con base en estas observaciones, se formularon tres alternativas de solución:

- **Mantenimiento superficial:** Realizar una limpieza básica y evaluación visual sin intervenir los sistemas internos del equipo.
- **Intervención integral:** Ejecutar un mantenimiento completo que incluyera limpieza exhaustiva, eliminación de óxido, pintado y reemplazo de componentes dañados.
- **Sustitución del reductor:** Adquirir un nuevo equipo para garantizar su operatividad y reemplazar el reductor existente.

Tras un análisis, se seleccionó la segunda alternativa como la más adecuada. Esta opción permitió abordar las problemáticas detectadas y garantizar el óptimo funcionamiento del reductor, sin incurrir en altos costos asociados a la sustitución completa.

2.2 Procedimiento

Se elaboró un plan, que contemplo una revisión inicial del equipo, la definición de las acciones técnicas a ejecutar y la identificación de los recursos esenciales para su realización. Este enfoque permitió establecer una guía clara para asegurar el correcto funcionamiento y la eficiencia del proceso.

Los pasos definidos fueron:

- **Inspección visual detallada:** Se logró identificar las zonas expuestas al desgaste y desajuste en el reductor cicloidal.

Tabla 3

Zonas expuestas al desgaste

N	Zonas expuestas
1	Carcaza
2	Indicador de nivel de aceite
3	Pernos de fijación
4	Llave de drenaje

- **Implementación de limpieza:** Se seleccionaron de las técnicas, herramientas y materiales esenciales para una correcta limpieza sin afectar los demás componentes.

Tabla 4

Herramientas y materiales utilizados en la limpieza

Herramientas	Materiales
Llave 8	Trapos
Cepillo de alambre	Lija
Llave 22	WD-40
Destornillador plano	Desengrasante

- **Cambio de lubricante e indicador de nivel de aceite:** De acuerdo con las recomendaciones y especificaciones técnicas.
- **Inspecciones por mantenimiento predictivo:** Se llevó cabo el análisis por ultrasonido para identificar el estado interno de los rodamientos.

2.3 Mantenimiento preventivo al reductor cicloidal

Se realizó una limpieza profunda al reductor utilizando elementos como el desengrasante, trapos absorbentes y lijas. También se realizó el cambio de aceite en el que mediante las recomendaciones pudimos determinar que la cantidad que utilizaba este equipo era de 4,5 L. Además, pudimos observar que la estructura estaba en perfecto estado y en óptimas condiciones pero que aún con la limpieza que se dio la parte del indicador de nivel de aceite seguía presentando poca visibilidad, por lo que se identificó la necesidad de realizar un mantenimiento correctivo que se encargara de corregir ese problema.

Figura 2

Cambio de aceite lubricante en el reductor cicloidal.



Figura 3

Limpieza del reductor y evidencia del indicador de nivel de aceite.

**2.4 Mantenimiento predictivo al Reductor Cicloidal**

Debido a que era la primera vez que se le iba a realizar el mantenimiento al reductor. Se comenzó creando la ruta para que de esta manera apareciera una orden de trabajo en la que indicara los puntos a los cuales se le iban a ejecutar las pruebas.

Figura 4

Creación de ruta para realizar el análisis por ultrasonido



Nota. Se procedió a transferir los datos de la ruta al equipo que íbamos a utilizar.

Figura 5

Transferencia de los datos al equipo de análisis de ultrasonido.

**Figura 6**

Análisis de ultrasonido a los rodamientos de los reductores cicloidales.



Nota. Una vez cargada la ruta se procedió a realizar el análisis a los rodamientos del reductores, en los puntos específicos.

2.5 Mantenimiento correctivo al Reductor Cicloidal

Lijado y pintado: Se realizó el lijado de las áreas afectadas por óxido en el reductor cicloidal de la carreta enrolladora de cable de acero, eliminando las impurezas y restaurando la superficie. Posteriormente, se aplicó una capa de pintura protectora para prevenir la corrosión futura y mejorar la estética del equipo, garantizando así una mayor protección contra factores ambientales.

Cambio de manguera: Se reemplazó la manguera indicadora del nivel de aceite, que presentaba un deterioro evidente. Esta acción fue crucial para asegurar una correcta visualización del nivel de lubricante, lo cual previene posibles fallos en el funcionamiento del reductor y contribuye a mantener su desempeño eficiente a largo plazo.

Figura 7

Lijado y pintado de los reductores.



Figura 8

Cambio de manguera indicadora de nivel de aceite.



Capítulo 3

3. Resultados y análisis

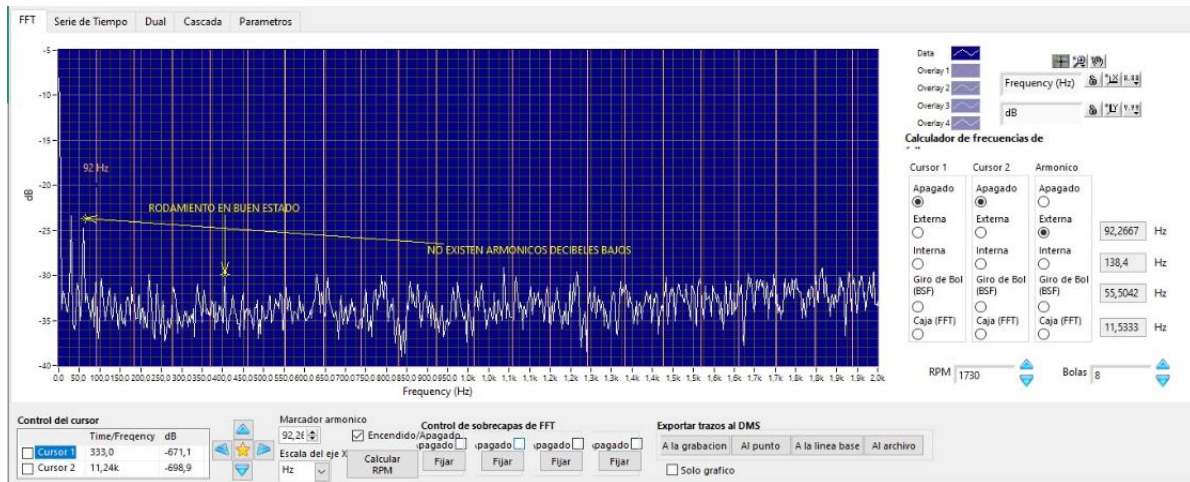
El resultado de las tareas de mantenimiento predictivo llevado a cabo mediante el análisis por ultrasonido a los rodamientos de los reductores tiene como objetivo principal detectar de manera temprana cualquier anomalía o condición que pueda comprometer su funcionamiento, garantizando así su confiabilidad, prolongando su vida útil y evitando fallas inesperadas.

Estado de los rodamientos en los reductores cicloidales: Los resultados del análisis por ultrasonido demostró que los reductores están en perfectas condiciones. No se identificaron señales de desgaste significativo, anomalías estructurales ni fallas incipientes, lo que demuestra un correcto desempeño mecánico. Esto sugiere que los rodamientos están funcionando de manera eficiente, con una adecuada lubricación y sin signos fricción o vibraciones fuera de los parámetros normales.

Análisis e interpretación de la gráfica: La grafica representa un análisis de frecuencia realizado por ultrasonido en un reductor cicloidal, donde se observa una frecuencia dominante de 92 Hz. Este pico principal, junto con la ausencia de armónicos significativos y niveles bajos de ruido en el espectro, sugiere que no hay señales de desgaste, impactos, ni vibraciones anómalas en los componentes internos. Además, los valores registrados están dentro de los parámetros normales, lo que indica un funcionamiento eficiente y estable del reductor.

Figura 9

Resultado del análisis por ultrasonido.



Nota. Se comprobó que el estado interno no presentaba problemas y se mantenía dentro de los parámetros.

3.1 Plan de mantenimiento

Se diseñó un plan que establece de manera detallada las actividades de mantenimiento, especificando sus frecuencias, las herramientas requeridas para cada tarea y los responsables designados para ejecutarlas. Este enfoque no solo facilita la implementación efectiva del mantenimiento, sino que también garantiza un seguimiento continuo y sistemático, contribuyendo a la optimización de los recursos y a la prevención de posibles fallas en los equipos.

Tabla 5

Plan de mantenimiento: ficha técnica a completar con los datos de cada equipo.

Elemento	Descripción
Equipo	(Nombre del dispositivo, sistema o maquina)
Código de trabajo	(Identificación, registro de tarea)
Inicio programado	(Fecha inicial)
Periodicidad del mantenimiento	(Cada 6 meses (ajustable según las condiciones y necesidades))
Encargado	(nombre del responsable, persona asignada)
Ubicación del equipo	(ubicación del equipo, posición de la maquina)
Fecha de próxima inspección	(fecha de la siguiente inspección programada)

3.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una estrategia proactiva que implica la programación regular de tareas como inspecciones, limpiezas, etc. Con el objetivo de prevenir fallos inesperados y garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos.

Tabla 6

Plan de mantenimiento preventivo: tareas a realizar.

Actividad	Descripción	Materiales	Frecuencia	Encargado
Inspección visual del reductor	Verificación del estado general del reductor	Trapos y EPP	Cada 6 meses	(persona encargada)
Limpieza externa del reductor	Eliminar polvo y grasa incrustada en el reductor	Desengrasante, Trapos, brocha y EPP	Cada 6 meses	(persona encargada)
Ajuste de pernos	Ajustar pernos en la base del reductor y en componentes asociados	EPP, Llave (22)	Cada 6 meses	(persona encargada)
Cambio de aceite	Cambio de aceite. Cant. 4,5L.	Aceite ISO VG 220	Cada 6 a 8 meses	(persona encargada)

3.3 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo busca prevenir fallas al monitorear el estado de los equipos mientras están en funcionamiento. Se utilizan herramientas como ultrasonido, lo que permite detectar problemas antes de que causen daños mayores. Esto ayuda a programar reparaciones de manera eficiente y a evitar paradas inesperadas.

Tabla 7

Mantenimiento predictivo, detalle de la tarea a realizar.

Actividad	Descripción	Materiales	Frecuencia	Encargado
Mantenimiento mediante Análisis por ultrasonido	Detectar anomalías internas, desgaste, fisuras o fallas en los rodamientos, sellos, etc. Mediante ondas ultrasónicas.	EPP, equipo de ultrasonido y programa de análisis de datos.	Cada 6 meses	(responsable)

3.4 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en reparar un equipo o sistema después de que ha fallado o dejado de funcionar correctamente. Puede ser planificado, si se detecta un problema antes de que cause una avería total, o no planificado, cuando se actúa tras una falla inesperada. Su objetivo es devolver el equipo a su estado normal de funcionamiento.

Tabla 8

Plan de mantenimiento correctivo, tareas a realizar.

Actividad	Descripción	Materiales	Frecuencia	Encargado
Reemplazo de elementos o componentes dañados	Reemplazar los componentes del reductor cicloidal que estén en malas condiciones y afecten de manera directa o indirecta en su operatividad.	EPP, trapos absorbentes, desarmador plano.	Cada 6 meses	(persona encargada)

3.5 Resultados de los mantenimientos realizados

Aquí registramos los hallazgos completos obtenidos durante las inspecciones, junto con comentarios importantes y las medidas necesarias para resolver cualquier problema identificado.

Tabla 8

Registro de medidas para resolver los problemas identificados.

Actividad	Fecha de Inspección	Resultado	Observaciones
Inspección visual detallada del reductor	Ejemplo: 10-10-25	(Aquí se determina si el equipo está o no en óptimas condiciones)	(Observaciones)
Limpieza externa del reductor	Ejemplo: 10-10-25	(Aquí se determina si el equipo está o no en óptimas condiciones)	(Observaciones)
Ajuste del reductor y componentes asociados	Ejemplo: 10-10-25	(Aquí se determina si el equipo está o no en óptimas condiciones)	(Observaciones)
Lijado y pintado de toda su estructura	Ejemplo: 10-10-25	(Aquí se determina si el equipo está o no en óptimas condiciones)	(Observaciones)
Cambio de manguera indicadora de nivel de aceite	Ejemplo: 10-10-25	(Aquí se determina si el equipo está o no en óptimas condiciones)	(Observaciones)
Análisis de ultrasonido al reductor	Ejemplo: 10-10-25	(Aquí se determina si el equipo está o no en óptimas condiciones)	(Observaciones)

Capítulo 4

4 Conclusiones y recomendaciones

El mantenimiento aplicado a los reductores cicloidales de la carreta enrolladora de cable optimiza su rendimiento y seguridad mediante estrategias preventivas, predictivas y correctivas. Este enfoque minimiza fallos inesperados, prolonga la vida útil del equipo y garantiza la continuidad operativa en los procesos portuarios. La implementación de tecnologías de diagnóstico predictivo permite un monitoreo preciso del estado de los componentes, anticipando fallas antes de que ocurran. Además, la correcta capacitación del personal es esencial para asegurar intervenciones eficientes, evitando errores que podrían comprometer la operatividad del equipo.

4.1 Conclusiones

Luego de realizar las intervenciones correspondientes según el plan de mantenimiento integral para los reductores cicloidales de la carreta enrolladora de cable, se presentan las siguientes conclusiones:

- **Identificar y evaluar las principales causas de fallas y desgastes en el reductor:** Esta acción permitió comprender los factores que afectan el rendimiento del reductor, como la corrosión, la contaminación, las vibraciones y desajustes. Al identificar estos problemas, priorizamos áreas críticas y tomamos medidas preventivas que eviten fallas catastróficas, reduciendo tiempos de inactividad no planificados y mejorando la eficiencia del sistema.
- **Establecer procedimientos de inspección, ajuste y lubricación del reductor:** Contar con procedimientos claros para estas tareas permitió un monitoreo constante del estado del equipo, facilitando la detección temprana de problemas como desalineaciones, pérdida de lubricantes o desgaste en componentes, lo que mejora el rendimiento mecánico y prolonga la vida útil de los componentes internos.

- **Desarrollar un plan de mantenimiento que contemple las características técnicas y operativas:** Diseñamos un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo adaptado a las condiciones reales del reductor, esto garantiza una gestión estructurada de las actividades necesarias. Este plan considera aspectos como la frecuencia de uso y el entorno de trabajo, incluyendo ambientes exigentes como los salinos o polvorientos. Además, permite planificar tareas de inspección, lubricación y reemplazo de piezas con tiempos y frecuencias específicas. Esto optimiza la disponibilidad del equipo y refuerza la seguridad operativa, contribuyendo a la confiabilidad y sostenibilidad del sistema a largo plazo.

4.1.2 Recomendaciones

La ejecución de mantenimiento integral para el reductor cicloidal de la carreta enrolladora de cable ha proporcionado resultados notorios que aseguran su operatividad y extienden su vida útil. Sin embargo, se han identificado áreas que podrían ser objetos de estudios futuros para optimizar aún más los procesos de mantenimiento y adaptarlos a necesidades cambiantes. A continuación, se detallan las recomendaciones principales que deben considerarse para futuras mejoras:

- **Inspecciones periódicas:** Se recomienda realizar revisiones visuales y auditivas semestrales para detectar fugas de aceite, signos de corrosión o ruidos inusuales que puedan indicar problemas internos. Estas inspecciones permiten identificar y abordar proactivamente posibles fallas antes de que se conviertan en averías costosas.
- **Capacitación del personal:** Se recomienda que el personal de mantenimiento esté debidamente capacitado en las prácticas recomendadas para el cuidado de los reductores cicloidales, incluyendo procedimientos de montaje, alineación y técnicas de lubricación. Una formación adecuada contribuye a la eficiencia y seguridad en las operaciones de mantenimiento.

- **Actualización de procedimientos:** Asegurarse de revisar y actualizar periódicamente los procedimientos de mantenimiento para incorporar nuevas tecnologías y practicas recomendadas que surjan en la industria portuaria. Esto garantiza que el plan de mantenimiento se actualizado y efectivo frente a las necesidades operativas cambiantes.

Al implementar estas recomendaciones, se espera mejorar la eficiencia operativa del reductor y reducir la probabilidad de fallas inesperadas, asegurando así una operación más confiable y duradera.

Referencias

Garcia Santiago, J. L. (2020). *Mantenimiento de reductores cicloidales y de engranajes*.

Guamao. (2022). *Cycloidal Reducer Manual V.3.5*.

STAGNOLI. (2024). *Que son y como funcionan los reductores cicloidales*.

TRACTIAN. (2025). *Mantenimiento Correctivo, Preventivo y Predictivo*.