



1



Entendiendo el mecanismo de falla del componente para disminuir las fallas catastróficas y daño colateral

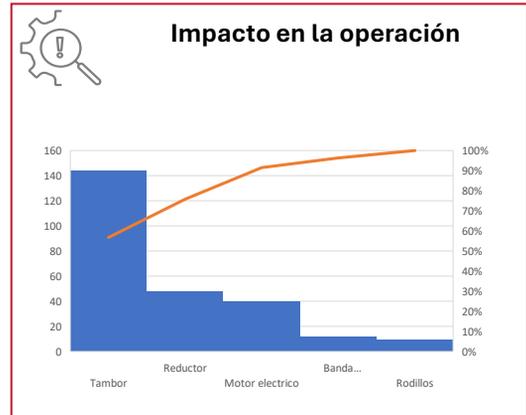
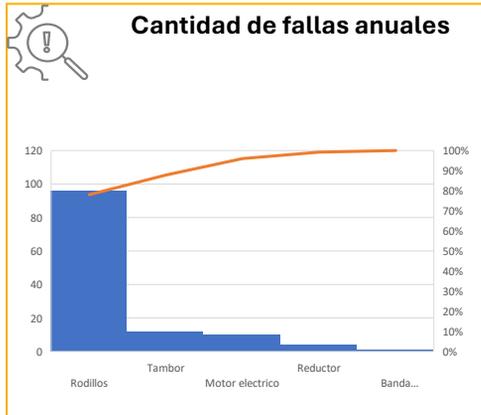
Roberto Saade

Maintenance Superintendent
Drummond Limited



2

Definir el impacto de estas fallas en tiempo, dinero y horas de paro anuales.



#CMCColombia2025


**CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA** 2ª
EDICIÓN

5

Definir el impacto de estas fallas en tiempo, dinero y horas de paro anuales.

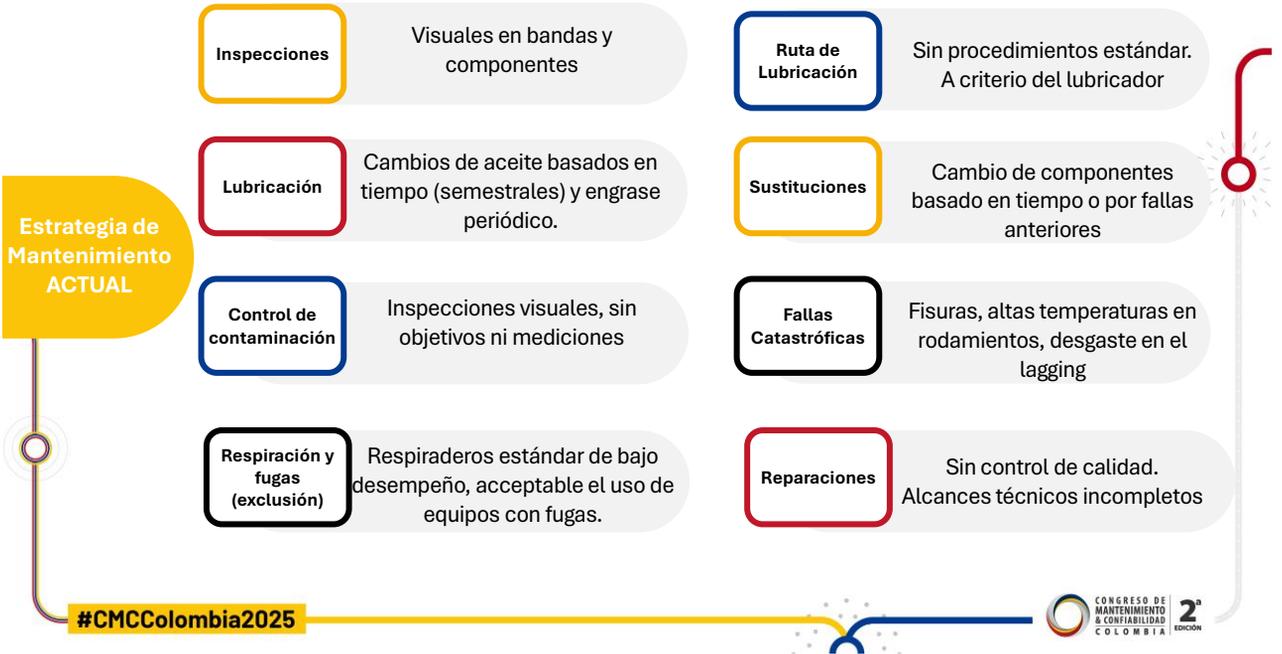
Impacto y costo

- **MOTORES:** Cambios de motor **sin criterio de condición**, cambio estándar por tiempo. **Alto uso de horas hombre. Alto volumen de inventario.** Necesidad de redundancia en todos los sistemas.
- **REDUCTORES:** **Altos costos de reparación y perdida total del componente, componente cambiado a falla.** Necesidad de uso de equipos con fugas. Necesidad de redundancia en todos los sistemas.
- **TAMBORES:** Impacto significativo en la operación, necesidad de cambio en objetivos y programa de producción por cambio de componente no planeado, danos catastróficos a ejes de montaje de rodamientos.
- **RODILLOS:** Fallas repetitivas. Bajo impacto por realizar los cambios manejados **en tiempos muertos** de la operación.
- **BANDA TRANSPORTADORA:** Alto costo de reparaciones en tiempos de parada de Mantenimiento. Alto impacto en operación

#CMCColombia2025


**CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA** 2ª
EDICIÓN

6



7



1. Identificar equipos críticos.
2. Análisis de causa de falla de equipos
 - Mejores prácticas de instalación de componentes y rodamientos
 - Mejores prácticas de reparaciones de tambores en talleres externos
 - Mejores prácticas de lubricación.
 - Evaluación de criterio de reemplazo.
3. Evaluar estado actual de equipos y componentes.
4. Determinar prácticas adicionales para llevar componente a cero horas.
5. Monitoreo de rodamientos
 - Determinar frecuencia de falla de rodamientos para definir frecuencia de monitorización.
 - Establecer nuevos límites de frecuencia y amplitud para evitar daño catastrófico.
 - Establecer límites de amplitudes de frecuencia para ampliar vida del componente.
 - Establecer límite de amplitud para llevar componente de cero horas.

8

1. Identificación de componentes críticos



COMPONENTE	IMPACTO
Motor	Medio
Tambor	Alto
Rodillos	Bajo
Bandas (Correas)	Alto
Reductor	Medio

Sistema de conveyor diseñado con **equipos motrices redundantes.**

Todo **tambor** de una banda es esencial para su funcionamiento, **no tiene redundancia.**

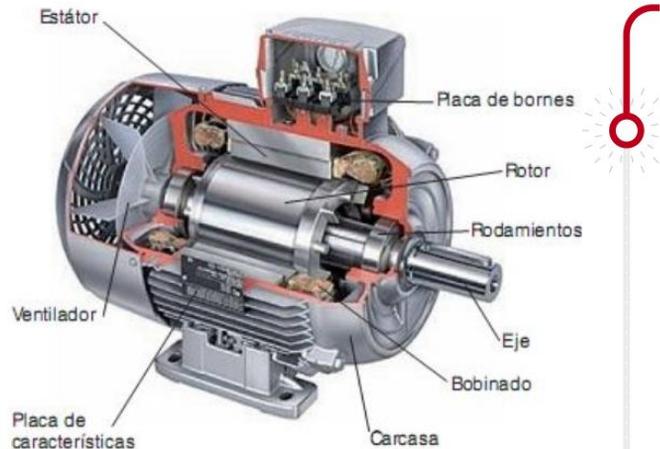
#CMCColombia2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD COLUMBIA 2ª EDICIÓN

Motores

PRINCIPALES MODOS DE FALLA

- Falla en **rodamientos** (falla mecánica)
- **Vibraciones** excesivas (falla mecánica)
- **Desbalance** (falla mecánica)
- **Sobrecargas** y sobre corrientes (falla eléctrica)
- **Sobrecalentamiento** (asociada a las anteriores)



*Fuente imagen: <https://brr.mx/wp-content/uploads/2021/05/Partes-motor.jpg>

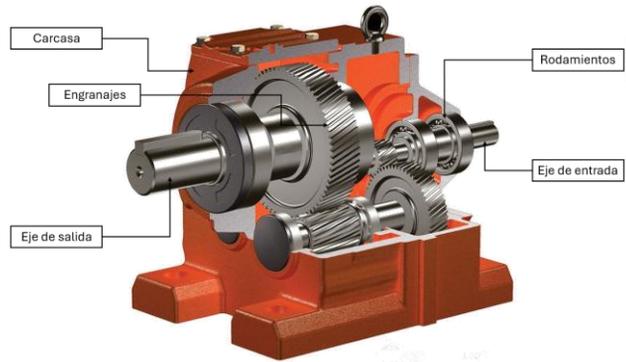
#CMCColombia2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD COLUMBIA 2ª EDICIÓN

Reductores

PRINCIPALES MODOS DE FALLA

- Desgaste y **rotura** de engranajes
- Fallas en los **rodamientos**
- Problemas en **lubricación y contaminación.**
- Vibraciones y **desalineación.**



#CMCColombia2025

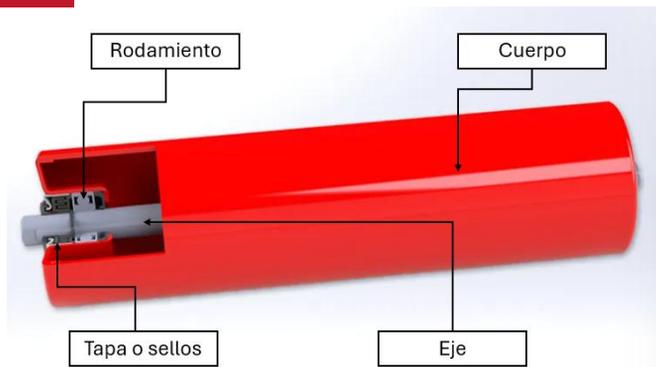
Fuente: <https://hvhindustrial.com/es/blog/diferencias-entre-reductores-de-engranaje-helicoidal-y-de-tornillo-sin-fin>


11

Rodillos

PRINCIPALES MODOS DE FALLA

- Fallas en **rodamientos**
- Ruptura y desprendimientos de **sellos**
- **Desgaste** del cuerpo del rodillo



#CMCColombia2025


https://url.lus.m.mimecastprotect.com/s/e_x8C5yEm7Uz2wgvUzr0Ukax3?domain=joyroll.net

12

Bandas o cintas transportadoras

PRINCIPALES MODOS DE FALLA

- Desgaste por **fricción**
- **Rotura** de empalmes
- **Cortes** y perforaciones
- **Delaminación** (Separación de capas)



Elementos Principales

- Cubierta externa
- Capas de refuerzos interna
- Empalmes o uniones

#CMCColombia2025

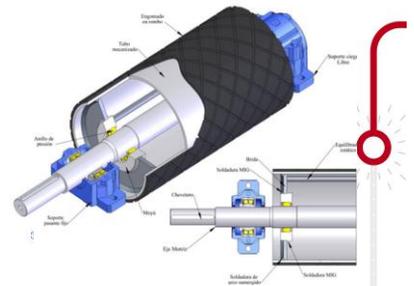
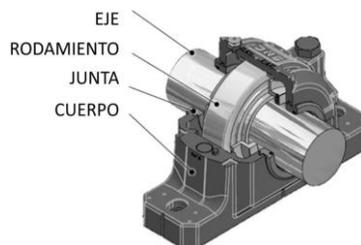
 CONGRESO DE
 MANTENIMIENTO
 & CONFIABILIDAD
 COLOMBIA 2^a
 EDICIÓN

13

Tambores

PRINCIPALES MODOS DE FALLA

- **Desgaste** de recubrimiento
- **Desalineación y desbalanceo** del tambor
- Fisuras, desgastes o roturas en la **estructura y eje**.
- Fallas en **rodamientos**


 Fuente: <https://rotranssa.com/uploads/3049285996.jpg>

Elementos Principales

- Rodamientos
- Soportes
- Eje
- Cuerpo del tambor
- Recubrimiento del tambor

 Fuente: https://www.mdpi.com/sensors/sensors-21-02228/article_deploy/html/images/sensors-21-02228-g002-550.jpg

#CMCColombia2025

 CONGRESO DE
 MANTENIMIENTO
 & CONFIABILIDAD
 COLOMBIA 2^a
 EDICIÓN

14



Modos de falla de TAMBORES que pueden ser monitorizados

- **Desgastes en Lagging**
 - Por falla súbita (ruptura)
 - Por tiempo (pérdida de capa)
 - Por situación externa (contaminación entre lagging y cuerpo de tambor)
- **Daño en rodamientos**
 - Por falla súbita (elementos rodantes)
 - Por tiempo (Desajuste)
 - Por situación externa (Anclajes, vibración de estructura, lubricación)
- **Desgaste de ejes**
 - Por falla súbita (ruptura)
 - Por tiempo (pérdida de dimensiones).



15



Modos de falla de TAMBORES que pueden ser monitorizados

EL DAÑO EN RODAMIENTOS REPRESENTABA EL 99% DE LOS DAÑOS CATASTROFICOS EN TAMBORES.



16

Estrategias Proactivas - Mantenimiento de Precisión

- Instalación
- **F**ijación
- **L**ubricación
- **A**lineación
- **B**alanceo
- Reparación

17

FLAB – Mantenimiento de Precisión

PERSONAL TECNICO

- Entrenamiento del personal en el entendimiento del funcionamiento de los tambores y su aporte como parte de una banda transportadora.
- Entrenamiento en entendimiento de función de cada uno de los componentes del tambor.
- Entrenamiento en modos de falla de cada uno de los componentes del tambor.
- Entrenamiento en correcta inspección de tambores antes de su instalación. Identificación de fallas o ajustes necesarios antes de instalar.
- Entrenamiento en correcta instalación de tambores y parámetros estándar basados en su posición y uso.
- Entrenamiento en elementos de medición. Entrenamiento en porque y para que se mide.
- Entrenamiento en la importancia de los rodamientos como elemento crítico en un tambor y la consecuencia de su daño en una banda transportadora y en la producción.
- Entrenamiento en consecuencias de falla , costos y tiempos de cambio vs. reparación vs. Ajuste de los rodamientos.
- Entrenamiento en instalación y ajuste de rodamientos.
- Practicas constantes en instalación y ajuste de rodamientos.
- Evaluaciones de personal en instalación y ajuste de rodamientos.
- Elaboración y actualización de procedimientos.
- Entrenamiento en mejores practicas de mantenimiento, lubricación y control de contaminación de rodamientos.
- Entrenamiento en elaboración adecuada de procedimientos, ordenes de trabajo y comunicación de acciones realizadas.



18

FLAB – Mantenimiento de Precisión



PERSONAL DE SUPERVISION.

- Participa igualmente en todos los programas de entrenamiento, evaluación y practica que el personal técnico.
- Entrenamiento en metrología. Tolerancias iniciales, tolerancias esperadas después de instalación, y tolerancias a lo largo de la vida del componente.
- Entrenamiento en tolerancias de desgaste de componentes rodamientos de tambor y su importancia al momentos de montaje, ajuste y cambio.
- Análisis de vibraciones, termografías, análisis de grasa y su papel en la toma de decisiones sobre la intervención prematura de rodamientos.



19

FLAB – Mantenimiento de Precisión



PERSONAL DE PLANEACION Y LIDERES.

- Participa igualmente en todos los programas de entrenamiento, evaluación y practica que el personal técnico y supervisión.
- Certificación MLA2.
- Cursos certificados en análisis de vibraciones y termografías.
- Participación activa en campo durante ajustes, cambios, inspecciones y reparaciones.
- Elaboración, actualización y evaluación de procedimientos de componentes en:
 - Estándares de reparación, recibo, almacenamiento, mantenimiento durante su almacenamiento.
 - Instalación, ajuste, tolerancias y puesta en marcha.
 - Lubricación, mantenimiento y control de contaminación.
- Definición de parámetros de monitoreo para toma de decisiones sobre ajuste, reparación o cambios de componentes.



20

EL GRAN SECRETO!

IDENTIFICAR QUE PARTE DEL RODAMIENTOS ESTA EN PRINCIPIO DE FALLA E INTERVENIRLO.



<https://i.ytimg.com/vi/Oh73aCSyVvI/maxresdefault.jpg>



21

Ejemplo de ajuste para extensión de vida útil de un rodamiento con vibraciones en zona de principio de falla

- Medición de vibraciones del equipo por ruta planeada de monitoreo o bajo solicitud por ruido perceptible.
- Interpretación de espectros frecuencias de vibración para determinar sección del mecanismo a intervenir.
- Intervenir según sea el caso: Desbalance, falla en pista externa, interna, elementos rodantes, canastilla, torque de los tornillos de anclaje, etc.

Para el caso de pista externa:

- Revisar intervenciones previas al rodamiento afectado. En caso de tener dos ajustes previos la Orden de trabajo prioriza el cambio. Si tiene uno o ningún ajuste desde su instalación se indica revisión con ajuste y giro de pista.
- Retirar tapa superior de chumacera.
- Izar tambor de modo que quede rodamiento libre.
- Limpiar grasa de rodamiento y revisar:
 - Juego radial interno con galgas midiendo en el punto libre.
 - Revisar estado de elementos rodantes, pistas interna y externa, sellos, chumacera y jaula según parámetros de medidas.
- Revisar que no haya movimiento o giro previo entre adaptador y eje del tambor, pista interna y el adaptador o pista externa y chumacera.
- Se gira la pista 120 grados en dirección al avance de la banda si el rugosímetro registra rugosidad excesiva en el área de carga.
- Se ajusta el adaptador según recomendaciones de fábrica de acuerdo a tabla de montaje y según tipo de rodamiento (nomenclatura de rodamiento). Si el ajuste no llega por lo menos a la tolerancias minina por tabla, cambie el rodamiento.
- Se verifica correcto ingreso de grasa a rodamiento se toman muestras en un ciclo libre se pesa y se registra la cantidad suministrada para evaluar condición de inyectores
- Se entrega equipo operativo
- Se realiza medición post-intervención

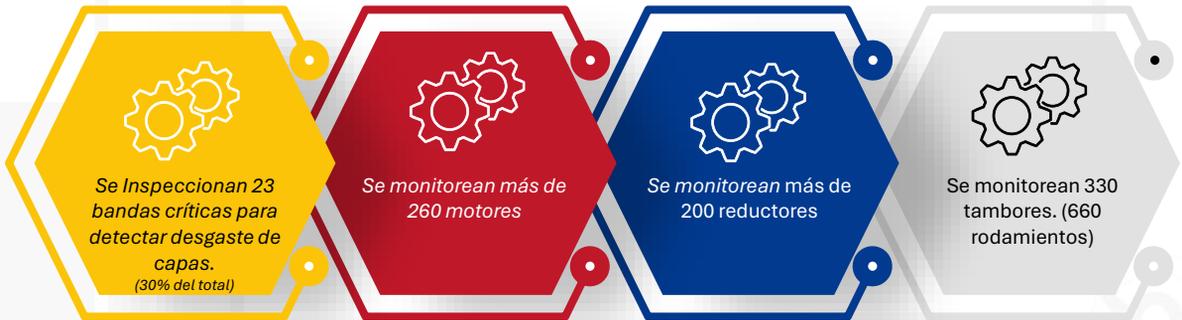
Los tiempos para ajuste rondan de 1 a 2 horas, sin embargo la logística para izaje de contrapesas y tambores y las condiciones adicionales cuando se deben remover piezas acopladas o se tiene restricción de acceso pueden tomar hasta 36 horas en los equipos más críticas

Documentación de todas las medidas y condiciones antes y después de intervención como insumo para una intervención posterior



22

Estrategia de monitoreo de condición mediante Inspecciones y Análisis de vibraciones



Se monitorea diariamente la temperatura, condición perceptible (ruidos) y condición visual (estado físico) de mas de 13.500 rodillos.

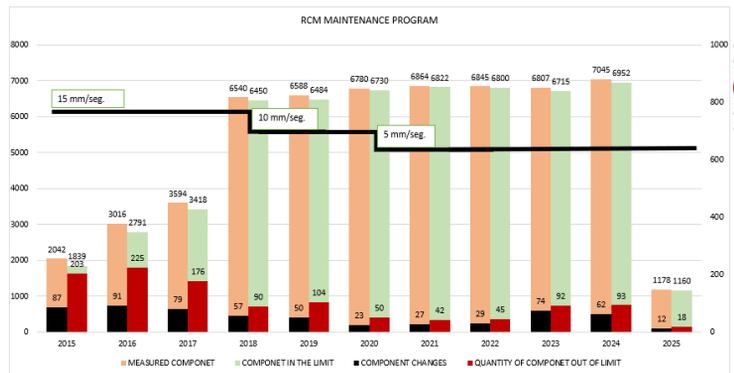
#CMCColombia2025



5. Definición de Parámetros y límites



- Amplitud de falla catastrófica: 25 a 30 mm/s en velocidad pista externa
- Se determina 50% para intervención para evitar falla catastrófica.
- Se hacer revisión anual de componentes fuera de límites y se determina estado de componentes después de reemplazo para ver magnitud del daño.
- Se disminuyen amplitudes de intervención hasta llegar a 5 mm/s donde se puede observar que los elementos mecánicos después de un procedimiento de ajuste pueden volver a sus amplitudes de cero horas.



#CMCColombia2025



Curva reducción Fallas Funcionales

MTTO
PREVENTIVO & REACTIVO

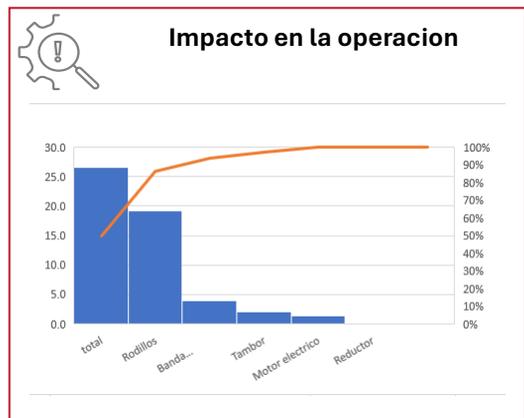
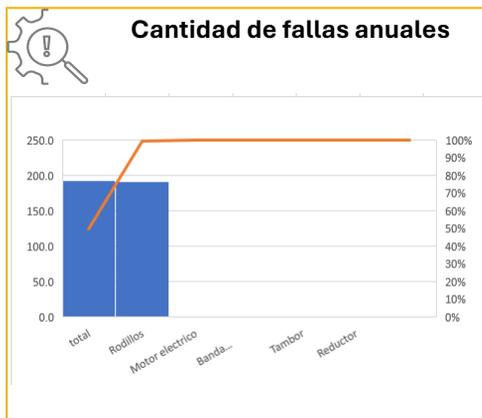
- Cambio componente por temperatura fisuras y/o desgaste (a falla)
- Inspección visual de bandas
- Cambio aceite anual sin monitoreo
- Control contaminación - Visual
- Lubricación sin procedimiento estándar
- Cambio componente por tiempo
- Reparación de tambores - recubrimiento



- Análisis de fallas, Identificación equipos críticos
- Mejores prácticas instalación & reparación
- Evaluación procedimientos instalación & reparación
- Seguimientos Fallas rodamientos Monitoreo
- Evaluación estado Actual Componentes
- Definición de intervención preventiva fallas catastróficas
- Estrategia de extensión vida útil
- Análisis de frecuencia y amplitudes de fallas
- Implementaciones adicionales para extender vida útil

#CMCColombia2025

Definir el impacto de estas fallas en tiempo, dinero y horas de paro anuales.



#CMCColombia2025

Definir el impacto de estas fallas en tiempo, dinero y horas de paro anuales.

Impacto y costo

- MOTORES:** Cambios de según monitoreo de condiciones. **Mejora de practicas de lubricación y evaluación por identificación de causas de falla.** Motores cambiados en ventanas de oportunidad , programados y preparados. **Disminucion de inventario.** Disminucion significativa de necesidad de uso de redundancia para operar.
- REDUCTORES:** **Disminucion significativa en costos de reparación, reparaciones consistentes en cambios de elementos rodantes, estado de engranes optimos para reuso por buenas practicas de lubricación y no contaminación.** Extinción total de fugas en equipos. Disminución significativa de necesidad de uso de redundancia para operar.
- TAMBORES:** **Extensión de vida útil de elementos rodantes, tambores monitoreados y ajustados según parámetros de vibración y temperatura en ventanas de oportunidad. 1 solo fallo en 6 años de implementación de programa.** Extinción total de daños en ejes.
- RODILLOS:** Fallas repetitivas. Cambios manejados en tiempos muertos de la operación.
- BANDA TRANSPORTADORA:** **Alto costo de reparaciones en tiempos de parada de Mantenimiento.** Monitoreo de capas, capacitacion en inspecciones y compra de herramientas de reparacion temporal ha disminuido reparaciones fuera de tiempos Muertos de la operacion.

#CMCColombia2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD COLOMBIA 2º EDICION

27

Resultados de un ajuste (Caso de Éxito)

Punto	Rodamiento	Última	Anterior	Fecha
1H L.D.	SKF-22244	0.141 [g]	0.096 [g]	27/01/2025
1A L.D.	SKF-22244	2.02 [mm/s]	1.97 [mm/s]	27/01/2025
2V L.I.	SKF-22244	0.291 [gE]	0.102 [gE]	27/01/2025
2H L.I.	SKF-22244	0.219 [g]	0.196 [g]	27/01/2025
2A L.I.	SKF-22244	4.46 [mm/s]	4.59 [mm/s]	27/01/2025
		0.307 [gE]	0.305 [gE]	
		0.078 [g]	0.079 [g]	
		1.53 [mm/s]	1.5 [mm/s]	
		0.258 [gE]	0.168 [gE]	
		5.75 [mm/s]	4.23 [mm/s]	
		0.201 [gE]	0.128 [gE]	

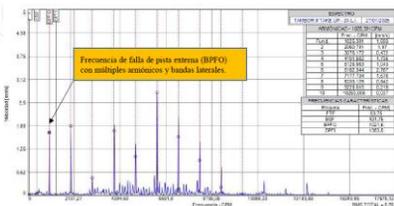
7/31/2016 WO 53735
 Ajuste de ambos lados SIN GIRO DE PISTA
 Antes de intervención:
 A.L.I 5.74 mm/s
 A.L.D 4.47 mm/s
 Después de intervención:
 No registra; sin embargo, en septiembre el A.L.I subió a 7.14 mm/s

3/25/2017 WO 65184
 Ajuste de ambos rodamientos
 Antes de intervención:
 A.L.I 7.67 mm/s
 A.L.D 4.46 mm/s
 Después de intervención:
 A.L.I 1.87 mm/s
 A.L.D NR

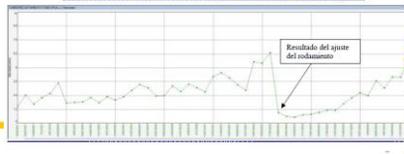
6/23/2022 Wo 184657
 Antes de Intervención:
 A.L.I 6.98 mm/s
 A.L.D 1.52 mm/s
 Después de intervención:
 A.L.I 0.96 mm/s
 A.L.D 1.16 mm/s

Punto	Rodamiento	Última	Anterior	Fecha
2V L.I.	SKF-22244	0.082 [g]	0.219 [g]	4/03/2025
1H L.D.	SKF-22244	1.28 [mm/s]	4.46 [mm/s]	4/03/2025
1A L.D.	SKF-22244	0.067 [g]	0.141 [g]	4/03/2025
2H L.I.	SKF-22244	1.06 [mm/s]	2.48 [mm/s]	4/03/2025
2A L.I.	SKF-22244	0.049 [gE]	0.079 [gE]	4/03/2025
		0.064 [g]	0.066 [g]	
		1.07 [mm/s]	2.02 [mm/s]	
		0.064 [gE]	0.291 [gE]	
		0.062 [g]	0.078 [g]	
		1.07 [mm/s]	1.53 [mm/s]	
		0.084 [gE]	0.258 [gE]	
		0.115 [g]	0.395 [g]	
		1.46 [mm/s]	5.75 [mm/s]	
		0.111 [gE]	0.201 [gE]	

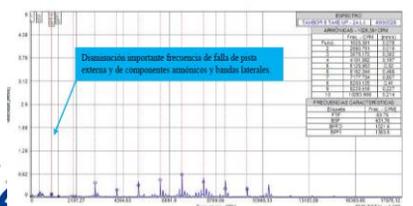
2A LI ANNEX VELOCITY SPECTRUM BEFORE



2A ANNEX VELOCITY TREND (RMS) LEFT SIDE



2A LI ANNEX VELOCITY SPECTRUM CURRENT



28



iGracias!

Roberto Saade Fernández

rsaade@drummondltd.com

