

INCREMENTO DE DISPONIBILIDAD DE BANDAS TRANSPORTADORAS POR
MEDIO DE LA ESTANDARIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SOPORTES
TERMOPLÁSTICOS SKF EN BAVARIA S.A

JIMENA GARZÓN FRANCO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2019

INCREMENTO DE DISPONIBILIDAD DE BANDAS TRANSPORTADORAS POR
MEDIO DE LA ESTANDARIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SOPORTES
TERMOPLÁSTICOS SKF EN BAVARIA S.A

JIMENA GARZON FRANCO

MONOGRAFÍA PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN GERENCIA DE
MANTENIMIENTO

DIRECTOR
MAURICIO BOADA BELTRÁN
INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2019

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. GENERALIDADES.....	17
1.1 BAVARIA S.A.....	17
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3 JUSTIFICACION Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	20
1.4 OBJETIVOS	20
1.4.1 Objetivo General	20
1.4.2 Objetivos Específicos	20
2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	22
2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS.....	22
2.2 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE ENVASE DE BEBIDAS	23
2.2.1 Generalidades	23
2.2.2 Problemas típicos en equipos y líneas de envasado.....	23
2.3 BANDAS TRANSPORTADORAS DE RODILLOS	24
2.3.1 Generalidades	24
2.3.2 Componentes de las bandas transportadoras de rodillos	24
2.4 SOPORTES DE PARED	26
2.4.1 Generalidades	26
2.4.2 Soportes de pared SKF	27
2.4.3 Soportes termoplásticos	28
2.4.4 Principios de selección de soportes	29

2.5 LUBRICACIÓN.....	29
2.5.1 Generalidades	29
2.5.2 Lubricación de soportes de pared	30
2.5.3 Relubricación de soportes de pared	31
2.5.4 Lubricantes de grado alimenticio	31
2.5.5 Lubricación de soportes termoplásticos	33
2.6 MANTENIMIENTO DE BANDAS TRANSPORTADORAS.....	33
2.7 INDICADORES DE DESEMPEÑO EN LÍNEAS DE PROCESO	35
2.7.1 Tiempo de inactividad de un equipo causado por averías	36
2.7.2 Horas-hombre de emergencia.....	36
2.7.3 Costo de reparación de fallas.....	37
2.7.4 Fallas causadas por MP deficiente.....	37
2.7.5 Tiempo de funcionamiento de un equipo.....	37
2.7.6 Disponibilidad	38
2.7.7 Confiabilidad.....	38
2.7.8 Tiempo medio entre fallas	39
2.8 OPTIMIZACIÓN FINANCIERA.....	39
2.9 METODOLOGÍA PMO.....	40
3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL.....	42
3.1 CONTEXTO OPERACIONAL PLANTA TOCANCIPÁ.....	42
3.1.1 Generalidades	42
3.1.2 Capacidad operacional planta	42
3.1.3 Capacidad operacional área de envase	42

3.2 ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA	43
3.2.1 Producción	43
3.2.2 Repuestos	43
3.2.3 Rutinas de lubricación	45
3.2.4 Personal	46
3.2.5 Rutinas de mantenimiento.....	47
3.3 CONDICIONES TÉCNICAS DE OPERACIÓN.....	47
3.3.1 Referencias instaladas	47
3.3.2 Rutinas de mantenimiento.....	51
3.3.3 Frecuencias de falla y operación de soportes	53
3.3.4 Frecuencia de cambio de soportes	55
3.3.5 Cálculo de indicadores de desempeño para la línea de envase	55
3.3.5.1 Tiempo de inactividad de un equipo causado por averías.....	56
3.3.5.2 Horas-hombre de emergencia.....	56
3.3.5.3 Costo de reparación de fallas.....	56
3.3.5.4 Fallas causadas por MP deficiente.....	57
3.3.5.5 Tiempo de funcionamiento de un equipo.....	57
3.3.5.6 Disponibilidad	57
3.3.5.7 Confiabilidad.....	58
3.3.5.8 Tiempo medio entre fallas.	58
4. INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	59
4.1 ESTANDARIZACIÓN DE REFERENCIAS DE SOPORTES DE PARED	59
4.2 SELECCIÓN DE NUEVA REFERENCIA DE SOPORTE TERMOPLÁSTICO	60
5. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO.....	62
5.1. COMPARACIÓN DE CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	62

5.1.1 Frecuencia de cambio de soportes	63
5.1.2 Rutinas de relubricación	66
5.1.3 Mantenimiento planeado	67
5.1.4 Mantenimiento correctivo	68
5.1.5 Reducción de horas hombre en mantenimiento	69
5.2 PROPUESTA DE AJUSTE DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO CON METODOLOGÍA PMO	71
5.2.1 Establecimiento de funciones y tareas de mantenimiento	72
5.2.2 Establecimiento de modos de falla	72
5.2.3 Evaluación de rutinas de mantenimiento	72
5.2.3.1 Tiempo de inactividad de un equipo causado por averías.....	73
5.2.3.2 Horas-hombre de emergencia.....	73
5.2.3.3 Costo de reparación de fallas.....	73
5.2.3.4 Fallas causadas por MP deficiente.....	74
5.2.3.5 Tiempo de funcionamiento de un equipo.....	74
5.2.3.6 Disponibilidad	74
5.2.3.7 Confiabilidad.....	75
5.2.3.8 Tiempo medio entre fallas.	75
5.2.4 Comparación de indicadores de desempeño para el área de mantenimiento	75
5.2.5 Propuesta de nuevas frecuencias de inspección	76
6. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO	77
6.1 OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN DE SOPORTES TERMOPLÁSTICOS	77
6.2 COSTOS DEL PROYECTO	80

6.2.1 Presupuesto	80
6.2.2 Proyección del proyecto	81
6.2.3 Flujo de Caja	82
7. CONCLUSIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	88

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Frecuencia de inspección de soportes de pared	52
Tabla 2. Frecuencia de fallas de soportes de pared (en horas)	54
Tabla 3. Frecuencia de fallas de soportes de pared (en minutos)	54
Tabla 4. Frecuencias de cambio soportes de pared.....	55
Tabla 5. Homologación de soportes de pared.....	59
Tabla 6. Selección de soporte termoplástico.....	60
Tabla 7. Comparación de condiciones de operación.....	62
Tabla 8. Frecuencia de cambio de soportes instalados	64
Tabla 9. Frecuencia de cambio de soportes SKF.....	65
Tabla 10. Cálculo de frecuencias de lubricación y consumo de lubricante actual .	66
Tabla 11. Cálculo de frecuencias de lubricación y consumo de lubricante propuesta	66
Tabla 12. Reducción de frecuencia de mantenimiento planeado	67
Tabla 13. Reducción de averías.....	68
Tabla 14. Cuantificación Horas Hombre invertidas actualmente en actividades de mantenimiento.....	69
Tabla 15. Cuantificación Horas Hombre a invertir en actividades de mantenimiento	70
Tabla 16. Frecuencia de inspección de soportes de pared	72
Tabla 17. Comparación de resultados indicadores de desempeño.....	75
Tabla 18. Frecuencias propuestas para cambio y relubricación de soportes de pared	76
Tabla 19. Comparación de costos asociados a consumo de lubricante	78
Tabla 20. Comparación de costos asociados a consumo de repuestos.....	79
Tabla 21. Resumen de beneficios entregados a Bavaria por implementación de soportes SKF.....	79
Tabla 22. Presupuesto del proyecto.....	80

Tabla 23. Estimados IPC años proyectados.....	81
Tabla 24. Costos de operación del sistema actual	81
Tabla 25. Costos de operación con implementación del proyecto	82
Tabla 26. Flujo de caja de implementación	82
Tabla 27. Flujo de caja diferencial.....	83

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Soportes de pared marca INA.....	44
Figura 2. Instalación de soportes de pared	45
Figura 3. Condiciones anormales de operación de soporte de pared	46
Figura 4. Organigrama departamento de mantenimiento	46
Figura 5. Soporte SEAL MASTER CRFS-PN208.....	48
Figura 6. Soporte INA UCF208	49
Figura 7. Soporte INA UCFL208	50
Figura 8. Soporte MOVEX UCF208	51
Figura 9. Soporte termoplástico SKF FYWK 40 YTH	61

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Ficha técnica Lubricante LGFP2 SKF	89
Anexo B. Ficha técnica soporte de pared SEAL MASTER CRFS-PN208	90
Anexo C. Ficha técnica soporte de pared INA UFC 208	92
Anexo D. Ficha técnica soporte de pared INA UFCL 208	93
Anexo E. Ficha técnica soporte de pared MOVEX UFC 208	94
Anexo F. Cotización soportes de pared SEAL MASTER CRFS-PN208, INA UFC 208, INA UFCL 208, MOVEX UFC 208	96
Anexo G. Ficha técnica soporte de pared SKF FYWK 40 YTH	97
Anexo H. Cotización soporte de pared SKF FYWK 40 YTH - Cotización lubricante grado alimenticio SKF LGFP2	99

RESUMEN

TÍTULO:

INCREMENTO DE DISPONIBILIDAD DE BANDAS TRANSPORTADORAS POR MEDIO DE LA ESTANDARIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SOPORTES TERMOPLÁSTICOS SKF EN BAVARIA S.A.*

AUTOR:

JIMENA GARZÓN FRANCO**

PALABRAS CLAVE:

BANDA TRANSPORTADORA, CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD, PMO, SOPORTE DE PARED TERMOPLÁSTICO, TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS TMEF, TRANSPORTE

CONTENIDO:

Esta monografía presenta la selección y propuesta de implementación de soportes termoplásticos de tipo pared para las bandas transportadoras de la línea de envase 4 de Bavaria S.A, planta Tocancipá, con el propósito de dar solución a la necesidad de incrementar el Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF) de los soportes y aumentar la disponibilidad de las bandas transportadoras, generando menos paradas productivas y cumplimiento de la demanda de producto.

Esta propuesta de implementación de soportes termoplásticos está basada en la información técnica de repuestos utilizados en las bandas transportadoras, así como en las condiciones operacionales y ambientales de la planta; lo que permite realizar un análisis de dichas condiciones y seleccionar el repuesto adecuado que incrementará la disponibilidad de los equipos y a su vez generará ahorros económicos derivados de la eliminación de contaminación y lubricación en los mismos.

La propuesta presentada en este documento tiene un alcance de selección y evaluación técnica y económica, resultante de inspecciones en campo y la homologación de referencias existentes en la línea de envase 4 de la planta; sin embargo, la implementación de la propuesta completa, está a cargo de Bavaria S.A una vez sea aprobada por la gerencia de mantenimiento.

* Monografía de grado

** Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Mauricio Boada Beltrán

ABSTRACT

TITLE:

AVAILABILITY INCREASE FOR CONVEYORS THROUGH SKF
THERMOPLASTIC BEARING HOUSINGS STANDARDIZATION AND
IMPLEMENTATION IN BAVARIA S.A.*

AUTHOR:

JIMENA GARZÓN FRANCO**

KEYWORDS:

AVAILABILITY, BEARING HOUSING, CONVEYOR, MIDDLE TIME BETWEEN
FAILURE MTBF, PMO, RELIABILITY, THERMOPLASTIC, TRANSPORT

CONTENTS:

This paper presents the selection and proposal of implementation of Thermoplastic Bearing Housings for some conveyors in the bottle line 4 in Bavaria S.A, Tocancipá factory, providing a solution for the need of Middle Time Between Failure (MTBF) increase in the bearing housings and the availability increase in the conveyors, the result of this implementation will generate less productive stops and the guarantee of the product demand accomplishment.

The thermoplastic bearing housing implementation proposal is focused on spare parts datasheet and technical information for units used in the conveyors, and also is focused on environmental and operational equipment and factory conditions; allowing to execute an analysis of these conditions and select the suitable spare part, increasing the equipment availability and obtaining financial savings due to the contamination and lubrication removal.

The scope for the proposal presented in this paper, is only the selection of the spare part and the technical and financial evaluation, resulting of field inspections and the installed references standardization in the bottle line 4 on the factory; however, the implementation of the full proposal in entirely on change of Bavaria S.A, once this proposal be approved by the maintenance manager.

* Monograph

** Physical – Mechanical Faculty. Maintenance Management Specialization.
Director Mauricio Boada Beltrán

INTRODUCCIÓN

Este proyecto es el resultado de la evaluación y el análisis de las condiciones de operación de las bandas transportadoras de Bavaria planta Tocancipá, cuyo propósito es la producción de bebidas. Este proyecto tiene como principal objetivo el incremento de disponibilidad de las bandas transportadoras de una de las líneas de producción; lo anterior se realizó mediante trabajo de campo y trabajo teórico.

Cabe anotar que el proyecto se enfoca en un equipo crítico, el cual tiene un impacto del 40% sobre el total del proceso productivo. Los beneficios para la empresa son tanto el incremento de disponibilidad del equipo, como la reducción de costos y tiempos asociados a actividades de mantenimiento; cuyo ahorro se ve reflejado en la disminución de horas hombre, y la disminución en costos de repuestos y consumibles, generando ganancias a la empresa.

Lo anterior se planteó mediante identificación, estandarización y selección de nuevos repuestos, análisis financieros y análisis técnicos, que proporcionaron información necesaria para evaluar la situación de la empresa y dar una alternativa de homologación para desarrollar este proyecto.

La razón principal por la cual este proyecto es importante, es que, mediante el cambio de repuestos, se logrará optimizar tanto los recursos financieros como humanos del departamento de mantenimiento. La motivación para realizar este proyecto consiste en dar soluciones integrales a la empresa colombiana, para que esta sea mucho más competitiva.

1. GENERALIDADES

1.1 BAVARIA S.A

Los hermanos Leo Siegfried y Emil Kopp Koppel, provenientes de Alemania, llegaron en 1876 a Santander, Colombia. Tres años después, se asociaron con los hermanos Santiago y Carlos Arturo Castello y conformaron en Bogotá la sociedad Kopp y Castello, quienes en 1889 adquirieron un lote para la construcción de una fábrica de cerveza. Esta transacción es considerada como el hecho fundacional de Bavaria.

En 1890 se disolvió Kopp y Castello, nació Bavaria Kopp's Deutsche Bierbrauerei y se inauguró la planta de San Diego, en el centro de Bogotá.

En el año 1913 se inauguró la Cervecería de Barranquilla y nació la marca más valiosa del portafolio: Águila.

En 1930, al unirse la Handel y la Cervecería Continental de Medellín, se crea el Consorcio de Cervecerías Bavaria, que incorporaría a la Colombiana de Cervezas de Manizales y su marca Póker, así como a otras plantas cerveceras en Santa Marta, Cali, Pereira y Honda.

Tras la construcción de la Planta de Duitama (1943) y la compra de la Cervecería de Cúcuta (1944), se inicia la edificación de nuevas fábricas en Bucaramanga, Girardot, Buga, Villavicencio, Neiva, Ibagué y Armenia que entrarían en operación entre 1948 y principios de los años 50.

En 1967 a cambio de acciones propias, Julio Mario Santodomingo se hizo dueño de la Cervecería de Barranquilla y Bolívar, creando con esta operación la Cervecería Águila S.A. Este hecho fue fundamental para la consolidación de Bavaria.

El 31 de enero de 1.973 se inaugura en Bogotá una nueva planta, un conjunto denominado Complejo Industrial de Techo, cerrando la antigua fábrica de la calle 28 en el sector de San Diego, donde, años después, se levantaría el conjunto Parque Central Bavaria.

En el 2.001 se adquiere la Cervecería Nacional de Panamá. Al siguiente año inician las operaciones en Perú con UCP Backus & Johnston, y en el 2.004 se finaliza el proceso de adquisición de Cervecería Leona que inició en el 2.000.

El 18 de julio de 2.005 se firmó el acuerdo de fusión entre el Grupo Empresarial Bavaria y SABMiller PLC, segunda productora de cervezas y bebidas del mundo.

Desde octubre de 2.016, Bavaria es parte activa de la familia ABInBev, organización con operaciones en casi todos los mercados de cerveza y un portafolio ampliado que incluye marcas globales, de múltiples países y locales para ofrecer más opciones a los consumidores.

Hoy en día, Bavaria es la principal compañía de bebidas del país y una de las marcas con mayor tradición en Colombia. Con más de 129 años de historia, Bavaria continúa sobresaliendo por la calidad de sus productos y el aporte al deporte, a la preservación del medioambiente, al progreso de las comunidades y al emprendimiento colombiano.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Bavaria S.A cuenta con 10 plantas a nivel nacional, cada una de ellas con un número determinado de equipos de acuerdo a su capacidad instalada y productiva, dos de estas plantas son malterías en las cuales se realiza la primera mezcla de producto para luego ser procesado y envasado en las 6 plantas de producción de bebidas alcohólicas y refrescantes, las dos plantas restantes corresponden a plantas de producción de etiquetas y tapas; en las plantas productivas, se cuenta con entre 2

y 7 líneas de producción de acuerdo a su capacidad operativa, las cuales cuentan a su vez con equipos críticos como las bandas transportadoras, que se encuentran a lo largo de toda la línea productiva.

De acuerdo a las características de fabricación de las bandas transportadoras, estas están diseñadas para tener una vida útil de aproximadamente 5 años al estar sometidas a ambientes de alto desgaste y contaminación, este periodo es válido siempre y cuando se realicen las rutinas de mantenimiento recomendadas por el fabricante, las cuales deben hacerse regularmente con una frecuencia anual de cambio de soportes de pared, y sean utilizadas solamente en condiciones de producción de alimentos y bebidas.

Las bandas transportadoras tienen un impacto de aproximadamente 40% del total del proceso, lo que significa un alto nivel de criticidad de equipo, y un alto impacto en el proceso a presentarse un paro no programado; así mismo, las bandas están compuestas por un alto número de componentes, lo que representa un número importante en el volumen de repuestos disponibles en inventario.

Así mismo, se presenta una variación de referencias y una instalación mixta de soportes de pared, debido a que la disponibilidad de soportes por parte de los proveedores es escasa o no se cuenta con la información suficiente para abastecer con el repuesto adecuado la línea de envase, lo que conlleva a un cambio frecuente de los soportes y poco control sobre las recomendaciones del fabricante del equipo y el cumplimiento de especificaciones técnicas y de operación en la línea.

Lo anterior representa a Bavaria S.A una necesidad inminente de incrementar tanto la disponibilidad de las bandas, como el suministro de repuestos, ya que teniendo en cuenta las condiciones extremas de operación, los soportes de pared de las bandas presentan un TMEF de aproximadamente 4 meses en las áreas más críticas del proceso.

El cambio de soportes se está realizando actualmente cada 4 meses, lo que conlleva a invertir un capital adicional en el departamento de mantenimiento, incrementando así mismo el tiempo total de parada del equipo, y disminuyendo la eficiencia de proceso.

1.3 JUSTIFICACION Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

Con la estandarización e implementación de los soportes termoplásticos SKF, se estima incrementar el TMEF en 30%, logrando una reducción de consumo de repuestos e incrementando la disponibilidad de línea, a través del análisis de la homologación de soportes y el cambio del tipo de lubricante.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha seleccionado la línea 4 de Envase de la planta ubicada en Tocancipá, con capacidad productiva de 120.000 botellas por hora, para el análisis e implementación de los soportes a lo largo de toda la línea, garantizando la disponibilidad establecida por Bavaria S.A.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Incrementar en 30% la disponibilidad de bandas de transporte de bebidas en planta Tocancipá, mediante la estandarización e implementación de soportes termoplásticos de pared SKF.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Establecer las condiciones técnicas de los soportes instalados en la línea 4 de Envase.
- Seleccionar un repuesto adecuado que permita disminuir el TMEF de los soportes de pared instalados en la línea.
- Mejorar la disponibilidad de recurso humano a través de la disminución de horas hombre invertidas en actividades de mantenimiento.

- Reducir los costos asociados a la gestión de mantenimiento y mantenibilidad de producto a través de la estandarización de repuestos.
- Optimizar el capital de trabajo de Bavaria S.A a través del análisis técnico / económico de la implementación de soportes termoplásticos SKF.

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS

El proceso de producción de bebidas, ya sean alcohólicas o refrescantes, consiste en la mezcla, cocción y en algunos casos, fermentación de las materias primas, generando el producto deseado y transportándolo a través de varios equipos industriales que realizan las acciones antes descritas; para lograr el producto final y la conexión entre los diferentes equipos industriales, es necesario contar con sistemas de transporte y equipos auxiliares.

El proceso cervecero es el proceso principal de Bavaria S.A, y del cual se debe conocer su razón de ser para entender el objetivo de este proyecto, a continuación se listan los pasos para la elaboración de la cerveza;

- Recepción de materias primas
- Recepción, almacenamiento y limpieza de cebada
- Remojo de la cebada
- Germinación
- Tostación
- Almacenamiento de malta
- Molienda de la cebada malteada
- Maceración
- Filtración del mosto
- Cocción del mosto
- Fermentación del mosto
- Maduración
- Filtración
- Recibo y lavado de envases
- Llenado y tapado de envase
- Pasteurizado

- Etiquetado, empaquetado y paletizado

2.2 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE ENVASE DE BEBIDAS

2.2.1 Generalidades. El llenado de botellas es una de las principales operaciones de envasado de productos líquidos de la industria del envase y el embalaje.

El esquema del proceso y su complejidad, varían en función del tipo de producto a embotellar, la capacidad productiva de la industria, el tipo de botella y cierre, además de muchos otros factores. Por tanto, la línea está compuesta por máquinas perfectamente sincronizadas entre sí.

Las etapas principales del proceso se listan a continuación:

- Recepción de las botellas
- Lavado de las botellas
- Transporte
- Llenado de las botellas
- Cerrado de las botellas
- Etiquetado
- Túneles de Pasteurización
- Sistemas de control
- Llenado de cajas, paletizado y distribución

2.2.2 Problemas típicos en equipos y líneas de envasado. Las líneas de llenado envasado y paletizado que forman parte de las aplicaciones post-procesamiento de alimentos y bebidas, presentan muchos desafíos que afectan la eficiencia.

En los casos que se aplican lavados a alta presión, el agua y los detergentes causan ingreso de contaminantes, corrosión y lavado de la grasa en los soportes y rodamientos. El re-engrase excesivo, con frecuencia utilizado para purgar el

rodamiento, puede provocar la posible contaminación del producto o envase, e impactar en los costos de tratamiento del agua.

La naturaleza abrasiva de los materiales del proceso y los líquidos cáusticos utilizados en el proceso de limpieza pueden reducir la efectividad de los sellos y causar corrosión en los rodamientos.

Los altos volúmenes de una mezcla de agua y lubricante soluble, pueden provocar accidentes al operador debido a los pisos resbaladizos, o problemas con la calidad de los envases resultante de degradación orgánica y aparición de humedad.

2.3 BANDAS TRANSPORTADORAS DE RODILLOS

2.3.1 Generalidades. Son dispositivos que utilizan rodillos metálicos para facilitar el manejo y traslado de una gran diversidad de objetos, tales como cajas, tarimas, llantas, tambos, palés, paquetes, etc. siempre y cuando cumplan la condición de contar con un fondo regular; es comúnmente utilizado en múltiples procesos industriales como el proceso de fabricación de bebidas y alimentos.

A diferencia de otros sistemas de transporte más antiguos, un transportador de rodillos es un sistema modular que puede combinar segmentos con rodillos de giro libre para los puntos de operación manual de mercancía, segmentos de rodillos accionados por gravedad y segmentos con rodillos motorizados de funcionamiento automatizado.

2.3.2 Componentes de las bandas transportadoras de rodillos. A continuación se describen los principales componentes de las bandas transportadoras:

- Estructura o bastidor: Es el cuerpo de la banda transportadora, generalmente se conforma por vigas sección C, I o T.

- Sistema de transmisión: Esta en dependencia del tipo de transportador, pueden ser de banda siendo este tipo poco utilizado o de cadenas siendo este el más generalizado en la industria. Si se utiliza la transmisión por banda o cadena entonces se cuenta con un sistema de motor y reductor para accionar el transportador.
- Rodillos: Son el elemento principal de este tipo de transportador ya que sobre ellos se transportará la carga, estos pueden ser de varios tipos en dependencia del material a transportar.
- Rodillos de impacto: Estos rodillos son los que reciben la carga en la cinta transportadora; están ubicados debajo de las tolvas por donde ingresa la carga, generalmente son hechos de caucho o metálicos con un recubrimiento de caucho debido a que absorben mejor el impacto.
- Rodillos de carga: Son los que transportan a lo largo de la cinta transportadora la carga de esta, generalmente son de tubo de acero y pueden ser de configuración de carga normal triple (consta de un bastidor y 3 rodillos) que son los más usados, también los hay de un solo rodillo que se denomina de carga simple.
- Poleas: Las poleas se sitúan en cada extremo del bastidor. El eje de la polea gira sobre rodamientos, el cual representa el medio de impulso motriz para la banda.
- Rodamientos: Se usan para evitar que el eje de la polea y el bastidor rocen entre sí, permitiendo disminuir la fricción cuando gira el eje.
- Soportes: Son elementos que permiten el giro de los ejes oponiendo la mínima oposición posible; para facilitar el giro e impedir desplazamientos axiales se emplean los rodamientos, los cuales se posicionan dentro de la estructura del soporte.

2.4 SOPORTES DE PARED

2.4.1 Generalidades. Los soportes de pared son piezas mecánicas con una muesca en que descansa y gira cualquier eje de maquinaria; cuentan con un soporte para eje con un rodamiento interior que generalmente es esférico para que el eje se auto alinee.

Dentro de las características y ventajas de los soportes de pared, se encuentra gran precisión de giro, el cual debe ser exacto, son endurecidos para soportar las elevadas cargas de trabajo, son fáciles de lubricar, soportan grandes velocidades y reducen la vibración.

Por lo general y dependiendo de su aplicación, los soportes se clasifican en dos tipos, a saber:

- Libres de mantenimiento: El soporte libre de mantenimiento contiene una grasa cuya base es litio de alto grado, la cual es apropiada para usos prolongados e ideal para los rodamientos del tipo sellado. También consta de un excelente dispositivo sellante, el cual previene cualquier goteo de grasa, y penetración de polvo o agua del exterior.
- Lubricados: El soporte de tipo relubricable tiene una ventaja sobre los otros soportes similares porque han sido diseñadas de forma tal que permite su relubricación, aún en los casos en que se presente desalineación.

Las fallas más comunes que se presentan en los soportes de pared incluyen el desgaste, la presencia de fisuras, y las quemaduras de sus componentes; cuando se presenta el síntoma de desgaste, el punto de aplicación de las fuerzas cambia elevando el estado de esfuerzos sobre el eje (elemento crítico del sistema); además se genera calor excesivo en las áreas que aún se mantienen en contacto, hasta el punto de generar fisuras y quemaduras.

Una inadecuada lubricación, incluyendo la falta de lubricación y el uso de lubricantes incorrectos, puede ocasionar problemas de vibración en el rodamiento instalado en el soporte. En semejantes casos la lubricación inadecuada causa excesiva fricción entre el rodamiento estacionario y el eje rotante, y dicha fricción induce vibración en el rodamiento y en las demás piezas relacionadas. El rozamiento entre las piezas es muy fuerte y por consiguiente la temperatura aumentará generando que el lubricante se degrade y llevando consigo el desgaste prematuro de la pieza. Otra de las situaciones que se dan en los rodamientos es que muchas veces estos se encuentran expuestos al polvo, generando partículas de lodo que provoca que los soportes dejen de brindar su función correctamente

2.4.2 Soportes de pared SKF. Los soportes de pared que existen en el mercado están concebidos principalmente para rodamientos de bolas a rótula, rodamientos de rodillos a rótula y rodamientos CARB; y a menudo, pueden ser equipados con diversas obturaciones. Existen muchos diseños y variantes de soportes de pared partidos disponibles, lo que hace innecesario el uso de soportes a medida y permite conseguir disposiciones de rodamientos rentables.

La gama de soportes de pared de SKF puede admitir ejes de 20 a 160 mm de diámetro. Estos soportes, que comparten las mismas características de diseño, están disponibles con una variedad de obturaciones. La gama estándar también incluye otras opciones, por ejemplo, orificios roscados para boquillas de lubricación y sensores de monitorización de estado, para crear una combinación de variantes prácticamente ilimitada.

Los soportes de pared están fabricados en fundición gris de alta calidad, con el fin de ofrecer una alta resistencia a la tracción. Para las aplicaciones en las que se requiere una resistencia adicional, se pueden suministrar soportes fabricados en fundición de grafito esferoidal.

Los propósitos de los soportes de pared son:

- Soportar el rodamiento y transmitir las cargas estática y dinámica de operación
- Proteger el rodamiento y el lubricante de contaminación
- Contener el lubricante y alojar los componentes del sistema de lubricación
- Alojar los componentes del sistema de monitoreo
- Maximizar el desempeño y la vida útil de los rodamientos incorporados

2.4.3 Soportes termoplásticos. Al conocer los requerimientos de la industria de alimentos y bebidas y la industria farmacéutica, SKF ha desarrollado una línea especial de unidades de rodamientos Y.

Capaces de resistir ácido cítrico, grasas alimenticias y la mayoría de químicos de procesamiento de alimentos y bebidas, las unidades de rodamientos Y de SKF están hechas de material termoplástico mucho más liviano que los soportes contruidos en hierro fundido. El agujero esférico de estos soportes acomoda el aro exterior esférico de los insertos de rodamientos, permitiendo que la unidad compense la desalineación inicial en el montaje de la unidad.

Las unidades de rodamientos Y de la línea alimentaria SKF eliminan los problemas de corrosión, falla prematura e impacto ambiental relacionados a los lavados en líneas de producción; previstos con un sello de diseño múltiple, estas unidades excluyen el detergente, el agua y otros contaminantes del rodamiento, en tanto retienen el lubricante.

Las ventajas que presentan estas unidades termoplásticas son:

- Mayor prevención contra el ingreso de cuerpos extraños, sin contaminación por purga o goteo de grasa.
- Menores costos de relubricación e impacto ambiental.
- Menor riesgo de falla prematura de rodamientos.

- Sin riesgo de que se omitan puntos de lubricación por error humano.
- Resistentes a la corrosión en prácticamente todas las condiciones de lavado.
- Menor proliferación de bacterias debido al diseño de base sólida o rellena y al acabado uniforme de la superficie.

2.4.4 Principios de selección de soportes. En la selección de soportes deben ser considerados varios factores. El proceso de selección no solo depende del tipo y tamaño del rodamiento, sino también de la habilidad del soporte de alojar de forma segura la magnitud y características de todas las cargas aplicadas. Además de esto, son consideraciones importantes el montaje, el mantenimiento, las opciones de sellado existentes y los requerimientos de lubricación del rodamiento.

Inicialmente se debe identificar si un soporte es adecuado para una combinación de tipo, tamaño y eje de un rodamiento específico; si no existe un soporte adecuado para estas condiciones, se debe considerar el cambio a un rodamiento que se pueda alojar en un soporte estándar. El resultado será una solución más efectiva técnica y económicamente de selección de soporte y rodamiento.

Una vez que ha sido seleccionado un soporte, se debe garantizar que tanto este como las soluciones de sellado disponibles alojarán de manera adecuada las cargas, la combinación eje-rodamiento, el método de lubricación y las condiciones de operación, como por ejemplo, tipo y nivel de contaminantes.

Para la adecuada selección de soportes, se deben considerar todas las variantes descritas, así como todas aquellas con tolerancia de asiento no estándar y sellos especiales.

2.5 LUBRICACIÓN

2.5.1 Generalidades. Los procesos de producción y las materias primas influyen enormemente en las propiedades y el rendimiento del lubricante. Resulta

prácticamente imposible seleccionar o comparar lubricantes con arreglo a su composición únicamente. Por ello, se necesitan pruebas de rendimiento para obtener información fundamental.

Factores como velocidad, temperatura y carga son esenciales en la selección del lubricante, así como la información básica sobre rendimiento y la aplicación a la cual será expuesto el lubricante.

2.5.2 Lubricación de soportes de pared. La selección de la grasa para rodamientos y soportes de pared está típicamente conducida por las condiciones de operación de los mismos. La misma grasa puede ser usada para llenar el soporte y lubricar el sello.

Si son utilizados rodamientos sellados, la grasa usada para llenar el soporte y lubricar los sellos del soporte no necesita ser compatible con la grasa interna del rodamiento. Esta es una buena oportunidad para utilizar grasa amigable con el ambiente, como una grasa biodegradable de baja toxicidad.

Para el engrasado inicial del conjunto, si no existen otros requerimientos, el espacio libre en el rodamiento debe ser llenado completamente con grasa y el espacio libre en el soporte debe ser llenado con grasa entre el 20 al 40% de su volumen. El 40% del volumen llenado con grasa es requerido cuando los rodamientos deben ser relubricados desde el lado, mientras que el 20% del volumen llenado con grasa es usado cuando los rodamientos son lubricados por el aro exterior.

Para ambientes altamente contaminados y bajas velocidades, el soporte debe ser llenado con grasa entre el 70 al 80% de su volumen. Para una mejor protección contra contaminantes, es aconsejable utilizar el método de triple barrera de sellado. Altas velocidad pueden requerir un menor llenado con grasa.

2.5.3 Relubricación de soportes de pared. La disposición de rodamientos en soportes que cuentan con sellos de contacto, como por ejemplo, sellos de doble labio, pueden ser equipados con un agujero de escape de grasa, que permite que el exceso de lubricante sea purgado desde el soporte. El agujero de escape debe ser posicionado en el lado opuesto al ingreso de grasa si aplica, en el mismo lado que la tuerca de seguridad. Para obtener intervalos largos de relubricación, generalmente es suficiente remover la tapa del soporte y remover la grasa vieja.

Los intervalos de lubricación dependen tanto de las características del rodamiento instalado como de las condiciones operacionales a las que se encuentra expuesto, en este caso, se debe calcular el intervalo de relubricación para cada referencia de rodamiento instalado.

2.5.4 Lubricantes de grado alimenticio. Si bien nunca es deseable que un lubricante contamine materias primas, productos en proceso o terminados, las consecuencias de un producto contaminado con aceite casi nunca son tan severas como lo es en la industria alimenticia. Tan es así, que los lubricantes usados en la industria alimenticia tienen requerimientos, protocolos y expectativas de desempeño que van más allá de los aceites industriales típicos.

Los lubricantes grado alimenticio son lubricantes aceptados para su empleo en equipos, aplicaciones y plantas procesadoras de carnes, aves y otros alimentos. Los tipos de lubricantes grado alimenticio se dividen en tres categorías basadas en la probabilidad de entrar en contacto con los alimentos. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States Department of Agriculture – USDA) creó la designación original para grado alimenticio H1, H2 y H3, la cual es la terminología en uso. La aprobación y el registro de un nuevo lubricante en una de esas tres categorías dependerán de los ingredientes empleados en su formulación. Las tres designaciones se describen a continuación:

- Lubricantes H1: Son grado alimenticio y se emplean en ambientes donde se procesan alimentos y donde existe la posibilidad de contacto incidental con los alimentos. Estos lubricantes sólo pueden formularse empleando uno o más de los aditivos, bases lubricantes y espesantes (en el caso de las grasas).

- Lubricantes H2: Son usados en equipos y maquinarias donde no existe la probabilidad de que el lubricante o superficie lubricada entre en contacto con el alimento. Debido a que no hay ningún riesgo de contacto con el alimento, los lubricantes H2 no tienen por qué tener una lista definida de ingredientes aceptables. Sin embargo, no pueden contener intencionalmente metales pesados como antimonio, arsénico, cadmio, plomo, mercurio o selenio. De igual forma, sus ingredientes no deben incluir sustancias carcinógenas, mutágenas, teratógenas o ácidos minerales.⁴

- Lubricantes H3: También conocidos como aceites solubles o comestibles, pueden ser usados para limpiar y prevenir la herrumbre en ganchos, transportadoras y equipos similares.

El lubricante presente en los soportes termoplásticos SKF para grado alimenticio es denominado LGFP2, es una grasa para uso general limpia, no tóxica, a base de aceite médico blanco con jabón complejo de aluminio, sus principales características son:

- Alta resistencia al agua
- Excelente vida útil de la grasa
- Excelente resistencia a la corrosión
- Valor del pH esencialmente neutro

Las principales aplicaciones en las cuales se comporta de manera adecuada el lubricante SKF compatible con alimentos son:

- Rodamientos de cajas multienvase

- Máquinas envolvedoras
- Rodamientos de transportadores
- Máquinas embotelladoras

Las características del lubricante utilizado se encuentran en la ficha técnica presentada en el Anexo A.

2.5.5 Lubricación de soportes termoplásticos. De acuerdo al tipo de soporte como lo son las unidades Y SKF, generalmente estos son soportes libres de mantenimiento, por lo cual no es necesario relubricar periódicamente; las características de estos soportes incluyen:

- No hay necesidad de reabastecimiento de grasa porque durante su fabricación, se le empaca entre los sellos, una cantidad adecuada de grasa de buena calidad.
- Permite un diseño compacto, dado que no se necesitan facilidades para su relubricación, tales como sistemas de tuberías.
- El diseño de sello hermético elimina la posibilidad de goteo de grasa, eliminando cualquier riesgo de manchas.

Sin embargo, para las unidades Y relubricables, estos intervalos se incrementan mucho más debido a las características de sellado del soporte, los materiales de fabricación, las características del rodamiento Y, y la cubierta termoplástica que permite incrementar la confiabilidad del repuesto en cuanto a ingreso de contaminación y fugas de lubricante.

2.6 MANTENIMIENTO DE BANDAS TRANSPORTADORAS

El mantenimiento preventivo es importante en todas las industrias para reducir el riesgo de averías. Las bandas transportadoras no son una excepción; algunos problemas posibles a buscar son las bandas que no están funcionando de forma

recta, bloques rodados, rodamientos rotos, tejido dañado o una banda que es regularmente la captura o deslizamiento.

La inspección básica de bandas transportadoras debe incluir lo siguiente:

- Daños visibles o averías globales en la máquina
- Condiciones anormales en las juntas de la banda
- Revisión del aspecto de las poleas de la banda los rodillos, los husillos, los perfiles y la cama deslizante
- Estado de los rodamientos y los rodillos
- Desalineación de rodillos o banda
- Fugas de lubricante o calentamiento excesivo en soportes y/o rodamientos

Algunas bandas son más críticas para la higiene que otros, por ejemplo las bandas que transportan alimentos. Por lo tanto, es importante limpiar tanto la banda como las piezas con las que está en contacto regular. Superficies irregulares, rasgaduras o grietas son lugares donde las bacterias pueden crecer potencialmente. La suciedad y las sustancias que entran en la banda podrían provocar la contaminación del producto. Por lo tanto, siempre debe inspeccionar y limpiar cuidadosamente la banda.

La frecuencia con la que se debe inspeccionar la banda transportadora depende de una serie de factores: el tipo de aplicación, el entorno en el que funciona la banda, el tamaño de la carga y la frecuencia con que se utiliza. Hay una serie de aplicaciones, bandas y portadores; algunas bandas operan en entornos más exigentes con temperaturas extremas, como hornos, otras transportan productos muy pesados o productos que contienen productos químicos tóxicos, algunos necesitan ser resistentes a detergentes fuertes; cada uno de estos factores tiene un impacto y determinará el foco de la inspección.

2.7 INDICADORES DE DESEMPEÑO EN LÍNEAS DE PROCESO

La efectividad enfatiza qué tan bien logra un departamento o función sus objetivos o satisface las necesidades de la compañía. Desde la perspectiva del cliente, a menudo la efectividad se discute en términos de la calidad del servicio proporcionado. En el caso del mantenimiento, la efectividad puede presentar la satisfacción general de la compañía con la capacidad y condición de sus activos.

Eficiencia es actuar o producir con un mínimo de desperdicio, gasto o esfuerzos innecesarios. La eficiencia compara la cantidad de servicio proporcionado con los recursos consumidos. Las medidas de eficiencia se concentran en qué tan bien se está realizando una tarea, y no en verificar si la tarea en sí es correcta. La efectividad se concentra en lo correcto del proceso y si éste produce el resultado deseado.

Un problema común en la medición del desempeño en cuanto a eficiencia y efectividad es el informe del proceso o de las mediciones que constituyen la información de entrada, en vez de la información de salida

Los indicadores de desempeño deben mostrar la eficiencia y efectividad de las funciones tácticas dentro del mantenimiento. Entonces se puede asegurar que los indicadores de desempeño táctico estén en línea para respaldar los indicadores anuales de desempeño financiero.

Los indicadores de desempeño táctico monitorean los indicadores de función a largo plazo en un tiempo determinado; este rango permite un tiempo para que se desarrollen las tendencias. Monitorear los indicadores tácticos identifica los cambios requeridos ilustrados por los indicadores funcionales (de eficiencia y efectividad).

Los indicadores tácticos se centran en los procesos individuales dentro de la función de mantenimiento. Sin embargo, optimizar ese único proceso puede tener impacto negativo en otros procesos; este efecto potencial muestra la razón de los

indicadores de eficiencia y efectividad. Estos evalúan la función de mantenimiento en general, mientras que los indicadores tácticos evalúan procesos específicos de mantenimiento.

2.7.1 Tiempo de inactividad de un equipo causado por averías. Este indicador se centra en lo que el programa de MP está diseñado para eliminar, averías de equipos.

Este indicador toma la cantidad total de tiempo de inactividad causado por la falla de una pieza de equipo, un departamento, un área o incluso una planta o instalación completa, y la examina en el contexto de todo el tiempo de inactividad.

El tiempo de inactividad total representa toda la pérdida de tiempo, ya sea debido al mantenimiento, operaciones, compra, o proveedores externos.

$$TI = \frac{\text{Tiempo de inactividad causado por averías}}{\text{Tiempo total de inactividad}} \quad ^5 \quad (\text{Ec.1})$$

2.7.2 Horas-hombre de emergencia. Este indicador destaca los recursos asignados a las fallas de planta o instalaciones. Cuando el nivel de consumo de recursos por actividades de emergencia o fallas es elevado, se reduce la tasa de productividad para los recursos de trabajo.

Este indicador toma específicamente el tiempo empleado en un trabajo de emergencia o falla y lo divide por el total de horas-hombre empleadas. El indicador debe examinar los recursos totales y no solo el mantenimiento.

⁵ WIREMAN, Terry. Desarrollo de indicadores de desempeño para administración de mantenimiento. Bogotá: Rojas Eberhard Editores Ltda. 2001. p. 29.

$$\text{HHE} = \frac{\text{Horas-hombre empleadas en emergencia}}{\text{Total horas-hombre trabajadas}} \quad 6 \quad (\text{Ec.2})$$

2.7.3 Costo de reparación de fallas. Este indicador analiza el costo directo de las fallas y las reparaciones de emergencia; esta cifra incluye el costo de la mano de obra, los materiales, el equipo en alquiler, costo de contratistas y cualquier otro costo directo de mantenimiento; sin embargo, el costo de la pérdida en producción no debe incluirse en este cálculo. El valor total descrito anteriormente se divide por el costo total de mantenimiento directo.

$$\text{\$Rep} = \frac{\text{Costo directo de reparación de fallas}}{\text{Costo directo total de mantenimiento}} \quad 7 \quad (\text{Ec.3})$$

2.7.4 Fallas causadas por MP deficiente. Este indicador examina las causas raíz de las fallas y determina si estas causas debieron ser detectadas como parte del programa de MP; este indicador evalúa tanto la efectividad de la tarea de mantenimiento preventivo como la rigurosidad del ejecutor.

Esta medida compara el número total de fallas que se podrían haber evitado o detectado mediante el programa de MP con el número total de fallas.

$$\text{Fallas} = \frac{\text{Número de fallas que deberían haber sido evitadas}}{\text{Número total de fallas}} \quad 8 \quad (\text{Ec.4})$$

2.7.5 Tiempo de funcionamiento de un equipo. Este indicador destaca la cantidad de tiempo de funcionamiento que se requiere para que el equipo satisfaga los

⁶ Ibíd. p. 30.

⁷ Ibíd. p. 31.

⁸ Ibíd. p. 34.

programas de producción. Este indicador puede ayudar a determinar si la organización tiene una expectativa realista del rendimiento del equipo.

Este indicador se mide hallando el tiempo de funcionamiento deseado menos el tiempo de inactividad, y dividiendo este resultado por el funcionamiento deseado.

$$TF = \frac{\text{Tiempo deseado de funcionamiento} - \text{Inactividad del equipo}}{\text{Tiempo deseado de funcionamiento del equipo}} \quad 9 \quad (\text{Ec.5})$$

2.7.6 Disponibilidad. La disponibilidad es un término probabilístico exclusivo de los “equipos reparables” que se define como la probabilidad de que el equipo esté operando (es decir que no esté en reparación) a un tiempo “t”.

Para calcularlo, es necesario obtener el tiempo disponible, como resta entre el tiempo total, el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada. Una vez obtenido se divide el resultado entre el tiempo total del periodo considerado.

$$DISP = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}} \quad 10 \quad (\text{Ec.6})$$

2.7.7 Confiabilidad. Es la probabilidad de un sistema o equipo opere sin fallar durante un periodo de tiempo determinado bajo condiciones operacionales definidas.

⁹ Ibíd. p. 36.

¹⁰ Fórmulas de cálculo de indicadores de disponibilidad. En línea.

Para calcularlo, es necesario obtener el tiempo disponible, como resta entre el tiempo total, y el tiempo por parada no programada. Una vez obtenido se divide el resultado entre el tiempo total del periodo considerado.

$$CONF = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada mantenimiento no programado}}{\text{Horas totales}} \quad ^{11} \quad (\text{Ec.7})$$

2.7.8 Tiempo medio entre fallas. Es el tiempo medio que ha transcurrido entre dos paradas de mantenimiento, y se requiere para su cálculo en el numerador las horas totales del periodo, y en denominador, el número de paradas.

$$TMEF = \frac{\text{Horas totales del periodo}}{\text{Número de paradas}} \quad ^{12} \quad (\text{Ec.8})$$

2.8 OPTIMIZACIÓN FINANCIERA

La optimización financiera es una técnica que combina toda la información relevante sobre un activo, como costo del tiempo de inactividad, costo de mantenimiento, costo de pérdida de eficiencia, y costo de calidad. Esta técnica equilibra financieramente las decisiones basadas en el costo total más bajo, no en el costo necesario, en el costo más bajo para un departamento o un área individual.

La optimización financiera requiere información exacta, ya que tomar este tipo de decisiones de manera incorrecta puede tener un efecto devastador sobre la posición competitiva de la compañía.

¹¹ Ibíd.

¹² Ibíd.

El principal indicador financiero que se debe calcular es la Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual, es la tasa de interés o rentabilidad que genera un proyecto. Y se encarga de medir la rentabilidad de una inversión.

Esto quiere decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá esta, para los montos que no hayan sido retirados del proyecto. Y funciona como una herramienta complementaria del valor Presente Neto.

Es importante aclarar que en muchos casos las decisiones que se toman basándose en el Valor Presente Neto no son congruentes con las que se toman basándose en la Tasa Interna de Retorno, ya que los flujos de dinero son irregulares, y resulta necesario garantizar mediante diferentes mecanismos que el Valor Presente Neto es correcto, para así corroborarlo a través de la Tasa Interna de Retorno.

2.9 METODOLOGÍA PMO

El sistema de Optimización de Mantenimiento Planeado (PMO) es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación.

La PMO facilita el diseño de un marco formal de trabajo racional y rentable, basado en Confiabilidad, cuando un sistema de PM está consolidado y la planta se encuentra bajo control.

Dentro de las ventajas del PMO se encuentran el análisis del programa de mantenimiento anterior y los análisis de funcionalidad del mismo, la generación de una base de datos de los modos de falla y la selección del método más eficaz de mantenimiento, así como la asignación efectiva de los recursos.

Para la implementación de este proyecto, se realizarán las siguientes actividades de PMO para evaluar la efectividad de las rutinas de mantenimiento ejecutadas en Bavaria planta Tocancipá.

- Establecimiento de funciones y tareas de mantenimiento
- Establecimiento de modos de falla
- Evaluación de rutinas de mantenimiento
- Propuesta de nuevas frecuencias de inspección

3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

3.1 CONTEXTO OPERACIONAL PLANTA TOCANCIPÁ

3.1.1 Generalidades. La Cervecería de Tocancipá se caracteriza por ser la más productiva del sistema de Bavaria y una de las más avanzadas en Latinoamérica. Así mismo, se ha hecho acreedora de varios reconocimientos: segundo puesto en el Premio Nacional de Ecología Planeta Azul 2.000-2.001, Premio Nacional de Ingeniería 1.995, Premio Nacional de Arquitectura 1.995.

En la Cervecería de Tocancipá también se encuentra la Fábrica de Tapas, la cual fue inaugurada en 1.969 para la fabricación de las tapas corona necesarias para la producción de cervezas y maltas de Bavaria.

3.1.2 Capacidad operacional planta. La capacidad operacional de la planta Tocancipá es de 11.200.000 de Hectolitros de producción anual, los cuales se distribuyen en 7 líneas de producción y 14 productos entre cervezas y refrescos (Águila, Águila Light, Águila Cero, Club Colombia Dorada, Club Colombia Roja, Club Colombia Negra, Cola & Pola, Cola & Pola Roja, Costeña, Pilsen, Poker, Poker Ligera, Pony Malta y Redd's).

3.1.3 Capacidad operacional área de envase. El área de envase cuenta con 7 líneas productivas y una línea de fabricación de tapas, las líneas de envase están divididas en 4 líneas de envase en botellas de vidrio, 1 línea de envase en lata, 1 línea de envase en botella PET, y 1 línea de envase en barril; el impacto del área de envase sobre la totalidad de la capacidad productiva de la planta equivale al 40%.

La línea 4 del área de envase, es la línea más grande de la planta, con una capacidad de producción de 120.000 botellas por hora, equivalente a 220.000

HLt/mes y 2.700.000 HLt/año, maneja un solo formato de producción de bebidas, el cual es el formato de botellas de vidrio retornable de 330 ml, los productos envasados en esta línea son las bebidas alcohólicas Poker y Águila.

Aun cuando se cuenta con una capacidad de producción de 120.000 botellas por hora, el diseño de fábrica de la línea 4 es de capacidad productiva de 110.000 botellas por hora, sin embargo, Bavaria realizó algunas modificaciones en el trazado de las bandas de transporte, logrando incrementar su capacidad productiva de 110.000 a 120.000 botellas por hora; estas modificaciones, representan tanto el aumento de productividad, como mayores inconvenientes en funcionamiento de los componentes, y por ende, mayor número de averías presentadas en la línea.

La línea cuenta con dos llenadoras de botellas marca KHS, con capacidad de llenado de 60.000 botellas por hora, siendo estas llenadoras las más grandes del complejo, y dando así, un impacto del 25% del total del área de envasado.

3.2 ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA

3.2.1 Producción. Bavaria Tocancipá se encuentra trabajando 24 horas los 7 días de la semana, el área de envase representa el 40% de la capacidad operacional de la planta, y cuenta también con 7 líneas de producción, de las cuales, la línea 4 produce 120.000 botellas por hora.

3.2.2 Repuestos. Las bandas transportadoras cuentan con un total de 600 soportes de pared instalados a lo largo de la línea, de los cuales se cuenta con unidades marca SEAL MASTER, unidades marca INA, y unidades marca MOVEX; de estas referencias se pueden encontrar soportes en materiales como acero fundido y acero inoxidable.

Figura 1. Soportes de pared marca INA



Fuente: Bavaria S.A.

Adicionalmente, a lo largo de la línea se encuentra variedad de soportes en cuanto a marca, material, configuración y tamaño, lo que representa una disminución de la confiabilidad de la línea debido a que no se cuenta con una estandarización de repuestos, teniendo en cuenta lo anterior, se presenta una variación en las especificaciones técnicas de las diferentes marcas de soportes instalados, lo que promueve cambios frecuentes de los repuestos, incrementando el presupuesto del área.

Con la estandarización de los 600 soportes instalados a lo largo de la línea de envase, se pretende no solo contribuir al aumento de confiabilidad de la línea, también a garantizar las condiciones operativas en todos los puntos de instalación, mejorar el abastecimiento al garantizar la compra de repuestos adecuados, y evitar el cambio de componentes críticos de una forma no planeada que no cumpla con las especificaciones técnicas y operativas del proceso; a continuación se presenta la instalación de soportes existentes en planta.

Figura 2. Instalación de soportes de pared



Fuente: Bavaria S.A.

3.2.3 Rutinas de lubricación. La lubricación de soportes a nivel general se realiza 12 veces al año, lo que equivale a una ronda de lubricación mensual de los 600 soportes, realizado por 1 técnico de lubricación por soporte, el servicio de lubricación se encuentra a cargo de una empresa contratista prestadora de servicios de mantenimiento.

Debido a problemas como oxidación o fugas de lubricante, se realizan rutinas de inspección y relubricación descritas anteriormente, y, además, se realiza el cambio de soportes con una frecuencia de 2 veces por año, ejecutada por 1 técnico especialista de mantenimiento y 2 ayudantes mecánicos.

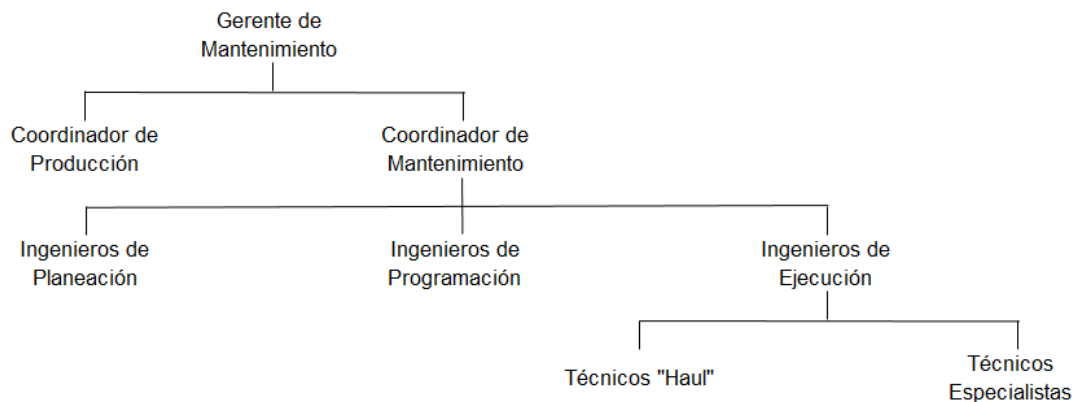
Figura 3. Condiciones anormales de operación de soporte de pared



Fuente: Bavaria S.A

3.2.4 Personal. El departamento de mantenimiento está compuesto de acuerdo al organigrama descrito en la figura 4.

Figura 4. Organigrama departamento de mantenimiento



Fuente: El autor

La cantidad total de técnicos del área de mantenimiento es de 34, divididos en 3 técnicos de lubricación, 15 técnicos “Haul” (mecánicos) y 16 técnicos especialistas.

El salario básico de los técnicos de mantenimiento es en promedio COP 2.300.000 como salario base. Los horarios de trabajo se hacen en turnos rotativos de 8 horas para los técnicos “Haul” y horario administrativo para los técnicos especialistas.

Adicionalmente, el departamento cuenta con personal técnico de soporte mediante una empresa contratista prestadora de servicios de mantenimiento; este servicio de mantenimiento contratado cuenta con alrededor de 40 técnicos de mantenimiento, y tiene un costo mensual de COP 33.000.000 que incluye el soporte técnico a todas las líneas del área de envase, por lo cual, el costo de mantenimiento de la línea 4 equivale a COP 8.250.000 por mes.

3.2.5 Rutinas de mantenimiento. El mantenimiento programado a soportes se realiza en turnos diurnos, comprendidos entre las 6 am y 4 pm de lunes a viernes, y es ejecutado por un técnico especialista y 2 ayudantes de mantenimiento; los eventos correctivos o no programados se ejecutan fuera de este horario de parada programada.

Los mantenimientos planeados se realizan una vez por semana, con duración de 6 horas para ejecución de mantenimiento de toda la línea.

3.3 CONDICIONES TÉCNICAS DE OPERACIÓN

3.3.1 Referencias instaladas. Al realizar la inspección y verificación de referencias instaladas en la línea, se encontraron 4 referencias, las cuales se describen a continuación:

- Soporte de pared cuadrado, marca SEAL MASTER, referencia CRFS-PN208.

Diámetro del agujero (rodamiento): 40 mm

Longitud externa total del soporte: 130,2 mm

Distancia entre agujeros: 101,6 mm

Ancho total del soporte: 76,6 mm

Diámetro de agujeros de fijación: 14 mm

Temperatura de operación: -29 a 104°C

Agujero de lubricación: SI

Material: Acero inoxidable

La ficha técnica de este soporte se encuentra en el Anexo B.

Figura 5. Soporte SEAL MASTER CRFS-PN208



Fuente: El autor

- Soporte de pared cuadrado, marca INA/FAG, referencia UCF208.

Diámetro del agujero (rodamiento): 40 mm

Longitud externa total del soporte: 130 mm

Distancia entre agujeros: 102 mm

Ancho total del soporte: 51,2 mm

Diámetro de agujeros de fijación: 16 mm

Temperatura de operación: 0 a 80°C

Agujero de lubricación: SI

Material: Acero inoxidable

La ficha técnica de este soporte se encuentra en el Anexo C.

Figura 6. Soporte INA UCF208



Fuente: El autor

- Soporte de pared ovalado, marca INA/FAG, referencia UCFL208.

Diámetro del agujero (rodamiento): 40 mm

Longitud externa total del soporte: 175 mm

Distancia entre agujeros: 144 mm

Ancho total del soporte: 51,2 mm

Diámetro de agujeros de fijación: 16 mm

Temperatura de operación: 0 a 80°C

Agujero de lubricación: SI

Material: Acero fundido

La ficha técnica de este soporte se encuentra en el Anexo D.

Figura 7. Soporte INA UCFL208



Fuente: El autor

- Soporte de pared cuadrado, marca MOVEX, referencia UCF208.

Diámetro del agujero (rodamiento): 40 mm

Longitud externa total del soporte: 130 mm

Distancia entre agujeros: 102 mm

Ancho total del soporte: 44 mm

Diámetro de agujeros de fijación: 11 mm

Temperatura de operación: 0 a 80°C

Agujero de lubricación: SI

Material: Acero inoxidable con tapa plástica

La ficha técnica de este soporte se encuentra en el Anexo E.

Figura 8. Soporte MOVEX UCF208



Fuente: El autor

3.3.2 Rutinas de mantenimiento. Las rutinas de mantenimiento ejecutadas por el personal de mantenimiento de Bavaria incluyen 4 tipos de actividades, categorizadas de acuerdo a las condiciones de los soportes y el nivel de desgaste que presenten los soportes; estas actividades se describen a continuación:

- Inspecciones Visuales: Estas inspecciones se realizan una vez al mes, en las cuales un técnico de mantenimiento realiza recorridos a lo largo de la línea para verificar el estado general de la banda y sus componentes, el operador verifica que la banda se encuentre limpia, que no se presenten fugas de lubricante, rastros de óxido o desajuste del rodamiento, que los soportes se encuentren funcionando y cuenten con las tapas protectoras de contaminación; si durante la inspección se encuentran pernos sueltos o tuercas desajustadas, los operadores están en condición de hacer el ajuste.

- Intervenciones de lubricación: durante estas rutinas, un técnico de mantenimiento es el encargado de verificar el nivel de lubricante en el rodamiento y completarlo de ser necesario, estas rutinas tienen una frecuencia mensual, en la cual se agrega entre 3 y 5 gramos de lubricante por soporte.

- Intervenciones planeadas: Estas intervenciones se realizan con una frecuencia de una vez por semana, las cuales son programadas con una duración de 6 horas para toda la línea, en las cuales se realiza una rutina de verificación, limpieza, y ajuste o cambio de los soportes; el número de soportes cambiados por mantenimiento es de aproximadamente 10 a 12 soportes por jornada, con verificación previa de la última fecha de cambio.

- Intervenciones correctivas: Estas intervenciones se presentan esporádicamente, cuando se evidencia (durante las inspecciones visuales) que los soportes presentan un nivel alto de contaminación o pérdida de lubricante, o cuando se presenta una rotura en la banda; de acuerdo al historial de fallas del equipo, durante el último año de operación, se han presentado 41 horas y 37 minutos de intervenciones correctivas, con una duración promedio de parada por soporte de 30 minutos.

A continuación se presenta el detalle de frecuencias de inspección realizada en las bandas transportadoras.

Tabla 1. Frecuencia de inspección de soportes de pared

TIPO DE RUTINA	CANTIDAD	FRECUENCIA	ACTIVIDAD	DURACIÓN (min)
Inspección Visual	600 un	Mensual	Verificación y ajuste	10
Rutas de Lubricación	600 un	Mensual	Relubricación	10
Mantenimiento Planeado	12 un	Semanal	Cambio	30

Fuente: El autor

Para mantenimiento planeado cada soporte es intervenido por un técnico especialista de mantenimiento y dos ayudantes técnicos, las averías son intervenidas por un técnico “Haul” y dos ayudantes técnicos.

3.3.3 Frecuencias de falla y operación de soportes. De acuerdo al histórico de fallas de los transportadores analizado para un periodo de 1 año, se evidencia una duración total de averías de 2.498 minutos, distribuidas en 51 averías; el detalle de estas averías se presenta en las tablas 2 y 3.

La categorización de averías se compone de 6 ítems en los cuales se asocian las averías de acuerdo a su naturaleza, esta asociación permite identificar la falla recurrente de los transportadores para así modificar los planes de acción del área de mantenimiento.

Las categorías de fallas son:

- Fallas por accionamiento (ACC): Describe las fallas asociadas a la puesta en marcha de la máquina, el funcionamiento a lo largo de la línea, y a las condiciones operacionales con carga.
- Fallas eléctricas (ELEC): Estas fallas comprenden todas las anomalías en componentes eléctricos que se presenten durante el correcto funcionamiento del equipo.
- Fallas de lubricación (LUB): Corresponden a la falta de lubricante en los soportes o las fugas existentes en los rodamientos y carcasas.
- Fallas operativas (OPER): Describen la operación del equipo en forma general, como lo son las anomalías presentadas en el funcionamiento del equipo.
- Fallas de seguridad (SEG): Son las anomalías que no cumplen con las especificaciones de seguridad en la planta.
- Fallas de transporte (TRANS): Describe las fallas de transporte de producto asociado a las condiciones de operación del equipo en general.

Tabla 2. Frecuencia de fallas de soportes de pared (en horas)

MES	TIPO INTERVENCIÓN CORRECTIVA						TOTAL (hr)
	ACC	ELEC	LUB	OPER	SEG	TRANSP	
ENE	0,26	0,82	0,03	0,03	0,08	5,18	6,40
FEB	0,30	0,21		0,12		3,59	4,22
MAR	0,27	1,04		0,02		3,74	5,07
ABR	0,28	0,25				1,18	1,71
MAY	0,08	0,08		0,19		0,53	0,88
JUN	0,03	0,30				0,22	0,55
JUL	0,33	0,46	0,21	0,09	0,03	3,26	4,38
AGO	0,97	0,23		0,08	0,03	3,38	4,69
SEP	0,60			0,18		1,52	2,30
OCT	0,35	2,69		0,21		2,02	5,27
NOV	0,48	1,13		0,05	0,05	2,15	3,86
DIC	0,32	0,60		0,12		1,26	2,30
TOTAL	4,27	7,81	0,24	1,09	0,19	28,03	41,63

Fuente: Bavaria S.A

Tabla 3. Frecuencia de fallas de soportes de pared (en minutos)

MES	TIPO INTERVENCIÓN CORRECTIVA						TOTAL (min)
	ACC	ELEC	LUB	OPER	SEG	TRANSP	
ENE	16	49	2	2	5	311	384
FEB	18	13	-	7	-	215	253
MAR	16	62	-	1	-	224	304
ABR	17	15	-	-	-	71	103
MAY	5	5	-	11	-	32	53
JUN	2	18	-	-	-	13	33
JUL	20	28	13	5	2	196	263
AGO	58	14	-	5	2	203	281
SEP	36	-	-	11	-	91	138
OCT	21	161	-	13	-	121	316
NOV	29	68	-	3	3	129	232
DIC	19	36	-	7	-	76	138
TOTAL	256	469	14	65	11	1.682	2.498

Fuente: El autor

De acuerdo a las tablas anteriores, se puede observar todas las categorías de fallas corresponden a fallas mecánicas del equipo (banda transportadora), sin embargo, al tener este proyecto un enfoque en uno de los repuestos del equipo (soportes de pared), se tomarán como categorías directas solamente las averías asociadas a los ítems ELEC, LUB, OPER y SEG; con una duración total de 559 minutos representados en 27 eventos correctivos.

Adicionalmente, se observa que los principales modos de falla encontrados en estos ítems corresponden a:

- Falta de lubricación
- Descalibración y desajuste
- Falta de concentricidad de ejes

Por lo anterior, con la estandarización y cambio de referencias de soportes, se pretende reducir el tiempo total de falla asociado a estas causas.

3.3.4 Frecuencia de cambio de soportes. De acuerdo a la criticidad de ubicación de los soportes, las frecuencias de cambio varían, a continuación se presenta el detalle de cambio para las diferentes áreas de la línea de envase.

Tabla 4. Frecuencias de cambio soportes de pared.

UBICACIÓN	CANTIDAD	FRECUENCIA (meses)
Enfiladores	20 un	3
Curvas	100 un	4
Transportadores	470 un	6
Llenadoras	10 un	12

Fuente: El autor

3.3.5 Cálculo de indicadores de desempeño para la línea de envase. Para calcular los indicadores de mantenimiento se utilizará la información de fallas recolectada en

planta, teniendo en cuenta que las fallas asociadas a mantenimiento son las discriminadas en los ítems ELEC, LUB, OPER y SEG.

3.3.5.1 Tiempo de inactividad de un equipo causado por averías.

$$TI = \frac{\text{Tiempo de inactividad causado por averías}}{\text{Tiempo total de inactividad}} \quad (\text{Ec.1})$$

$$TI = \frac{559 \text{ minutos}}{2.498 \text{ minutos}}$$

$$TI = 0,22 \approx 22\%$$

3.3.5.2 Horas-hombre de emergencia.

$$HHE = \frac{\text{Horas-hombre empleadas en emergencia}}{\text{Total horas-hombre trabajadas}} \quad (\text{Ec.2})$$

$$HHE = \frac{2.498 \text{ min} / 60 \text{ min}}{8 \text{ horas} \times 25 \text{ días/mes}}$$

$$HHE = \frac{41,63 \text{ horas}}{200 \text{ horas/mes}}$$

$$HHE = 0,21 \approx 21\%$$

3.3.5.3 Costo de reparación de fallas. Para calcular el costo de reparación de fallas, es necesario contar con los siguientes datos:

- Costo mensual de mantenimiento: COP 18.516.845
- Salario técnico mantenimiento: COP 3.200.000
- Salario ayudante mecánico: COP 825.000 [COP 33.000.000 / 40 personas]
- Costo repuesto: COP 600.000

La cotización de los repuestos se encuentran en el Anexo F.

$$\text{\$Rep} = \frac{\text{Costo directo de reparación de fallas}}{\text{Costo directo total de mantenimiento}} \quad (\text{Ec.3})$$

$$\text{\$Rep} = \frac{3.200.000 + 825.000 + 600.000}{18.516.845}$$

$$\text{\$Rep} = \frac{4.625.000}{18.516.845}$$

$$\text{\$Rep} = 0,25 \approx 25\%$$

3.3.5.4 Fallas causadas por MP deficiente.

$$\text{Fallas} = \frac{\text{Número de fallas que deberían haber sido evitadas}}{\text{Número total de fallas}} \quad (\text{Ec.4})$$

$$\text{Fallas} = \frac{27 \text{ fallas}}{51 \text{ fallas}}$$

$$\text{Fallas} = 0,53 \approx 53\%$$

3.3.5.5 Tiempo de funcionamiento de un equipo. Para calcular el tiempo de funcionamiento de un equipo, es necesario contar con los siguientes datos:

- Tiempo deseado de funcionamiento: 6.552 horas [(24 hr x 6 días x 52 sem) – (18 hr x 52 sem)]

$$\text{TF} = \frac{\text{Tiempo deseado de funcionamiento} - \text{Inactividad del equipo}}{\text{Tiempo deseado de funcionamiento del equipo}}$$

(Ec.5)

$$\text{TF} = \frac{6.552 \text{ hr} - 41,63 \text{ hr}}{6.552 \text{ hr}}$$

$$\text{TF} = 0,99 \approx 99\%$$

3.5.5.6 Disponibilidad. Para calcular este indicador, se deben tener en cuenta los siguientes tiempos de operación:

- Tiempo de operación real del equipo: 8.472 horas / año.
- Tiempo de paradas por correctivo: 41,63 horas / año.
- Tiempo de paradas por preventivo: 288 horas / año.

$$DISP = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}} \quad (\text{Ec.6})$$

$$DISP = \frac{8.472 - 330}{8.472}$$

$$DISP = 0,96 \approx 96\%$$

3.5.5.7 Confiabilidad. Para calcular este indicador, se deben tener en cuenta los siguientes tiempos de operación:

- Tiempo de operación real del equipo: 8.472 horas / año.
- Tiempo de paradas por correctivo: 41,63 horas / año.

$$CONF = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada mantenimiento no programado}}{\text{Horas totales}} \quad (\text{Ec.7})$$

$$CONF = \frac{8.472 - 42}{8.472}$$

$$CONF = 0,99 \approx 99\%$$

3.5.5.8 Tiempo medio entre fallas.

$$TMEF = \frac{\text{Horas totales del periodo}}{\text{Número de paradas}} \quad (\text{Ec.8})$$

$$TMEF = \frac{41,63 \text{ hr}}{51}$$

$$TMEF = 0,82 \approx 82\%$$

4. INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1 ESTANDARIZACIÓN DE REFERENCIAS DE SOPORTES DE PARED

Durante el recorrido de planta, se tomaron las medidas de los soportes instalados para reemplazarlos por una nueva referencia que asegure la fijación de los soportes en la banda y garantice que el rodillo no presente holguras sobre el rodamiento o tolerancias excesivas que promuevan la fuga de lubricante o el ingreso de contaminación.

Así mismo, se tuvo en cuenta la configuración de los soportes, los materiales de rodamiento, carcasa y tapa, las temperaturas de operación, los intervalos de lubricación del rodamiento y el espacio disponible para ejecución de intervenciones de mantenimiento.

A continuación se presenta la homologación de soportes de acuerdo a sus características.

Tabla 5. Homologación de soportes de pared.

ESPECIFICACIÓN	MARCA			
	SEAL MASTER	INA/FAG	INA/FAG	MOVEX
Referencia	CRFS-PN208	UCFL 208	UCF 208	UCF 208
Diámetro de agujero	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Longitud externa total	130,2 mm	175 mm	130 mm	130 mm
Distancia entre agujeros	101,6 mm	144 mm	102 mm	102 mm
Ancho total	76,6 mm	51,2 mm	51,2 mm	44 mm
Diám. agujeros fijación	14 mm	16 mm	16 mm	11 mm
Temperatura operación	-29 a 104°C	0 a 80°C	0 a 80°C	0 a 80°C
Agujero de lubricación	SI	SI	SI	SI
Material	Acero inoxidable	Acero fundido	Acero inoxidable	Acero inoxidable

Fuente: El autor

Una vez realizada la homologación, se verificó que la variación dimensional entre una referencia y otra no afectara su instalación, teniendo en cuenta que las medidas más importantes como lo son el diámetro de rodamiento y el ancho total del soporte, se encontraran dentro del rango de los soportes instalados, y que el espacio disponible para la instalación de soportes es de 130 mm.

4.2 SELECCIÓN DE NUEVA REFERENCIA DE SOPORTE TERMOPLÁSTICO

La selección de la nueva referencia de soporte de pared se realizó teniendo en cuenta las dimensiones descritas en el numeral anterior, las condiciones de operación y las condiciones ambientales para el correcto funcionamiento de la línea; derivado de esto, la referencia seleccionada en marca SKF es FYWK 40 YTH.

Tabla 6. Selección de soporte termoplástico

ESPECIFICACIÓN	CONDICIONES DE OPERACIÓN	SOPORTE TERMOPLÁSTICO SKF
Referencia		FYWK 40 YTH
Diámetro de agujero	40 mm	40 mm
Longitud externa total	130 mm	130 mm
Distancia entre agujeros	101,6 mm	101,5 mm
Ancho total	44 mm	39 mm
Diám. agujeros de fijación	11 mm	14,8 mm
Temperatura de operación	-29 a 104°C	0 a 120°C
Agujero de lubricación	SI	SI
Material	Acero inoxidable	Acero inoxidable y recubrimiento plástico

Fuente: El autor

Durante la selección de la nueva referencia del soporte, factores como la lubricación, el intervalo de cambio recomendado por el fabricante, la disponibilidad de referencias, y el conjunto de partes incluidas para la compra de la referencia; permitieron seleccionar un soporte de pared que no solamente cumple con las especificaciones técnicas de ajuste e instalación en la estructura de la banda

transportadora, también eliminan la lubricación periódica del rodamiento por tratarse de una referencia libre de mantenimiento, y adicionalmente, la referencia SKF cuenta con el rodamiento, el soporte y la tapa; lo cual reduce el costo de compra.

De esta manera la referencia seleccionada para reemplazar los soportes de pared instalados, es la referencia FYWK 40 YTH de la marca SKF, la cual es un soporte termoplástico con rodamiento tipo YAR incluido, apto para instalación y funcionamiento adecuado en líneas de producción de alimentos y bebidas.

Figura 9. Soporte termoplástico SKF FYWK 40 YTH



Fuente: www.skf.com

La ficha técnica del soporte seleccionado se encuentra en el Anexo G.

Dentro de las ventajas que presenta el soporte FYWK 40 YHT, se encuentran la disminución de intervalos de relubricación del rodamiento, el incremento de vida útil, y la reducción de espacio entre la banda y el operador del equipo.

5. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El análisis técnico realizado se fundamenta en la validación de especificaciones técnicas de los soportes y las condiciones de operación de la línea de producción.

Si la empresa decide implementar la propuesta, los beneficios técnicos que adquiere son el incremento de disponibilidad de la banda transportadora, la reducción de frecuencias de lubricación, la reducción de horas hombre invertidas en cambio y relubricación de soportes, y por ende la disminución de paradas programadas y no programadas de mantenimiento.

La evaluación técnica permite verificar que la propuesta sea viable para la empresa y cumpla con las normativas ambientales, de producción, técnicas y económicas, que permitan la optimización en la asignación de recursos humanos y el mejor desarrollo de las actividades de mantenimiento.

5.1. COMPARACIÓN DE CONDICIONES DE OPERACIÓN

Teniendo en cuenta los objetivos de reducción de costos y tiempos de parada en la intervención de los soportes, a continuación se presenta la comparación de especificaciones técnicas sobre las cuales se calcularán los beneficios técnicos y económicos con la implementación del proyecto.

Tabla 7. Comparación de condiciones de operación

CONDICIÓN DE OPERACIÓN	SOPORTES INSTALADOS	SOPORTE SELECCIONADO
FRECUENCIA DE CAMBIO		
Enfiladoras	3 meses	24 meses
Curvas	4 meses	24 meses
Transportadores	6 meses	24 meses
Llenadoras	12 meses	24 meses

Fuente: El autor

Tabla 7. Continuación

CONDICIÓN DE OPERACIÓN	SOPORTES INSTALADOS	SOPORTE SELECCIONADO
MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
Intervenciones por año	27	14
Horas Hombre Bavaria (año)	23 horas	12 horas
Horas Hombre Contratista (año)	47 horas	12 horas
MANTENIMIENTO PLANEADO		
Intervenciones por año	576	316
Horas Hombre Bavaria (año)	720 horas	395 horas
Horas Hombre Contratista (año)	1440 horas	395 horas
LUBRICACIÓN		
Frecuencia relubricación mensual	1	0,5
Cantidad lubricante al año	28,8 kg	14,4 kg
Horas Hombre Bavaria	1.500 horas	1.500 horas
Horas Hombre Contratista (año)	1.500 horas	0 horas

Fuente: El autor

Con los objetivos establecidos en la tabla anterior, a continuación se presenta el cálculo de beneficios para cada uno de los ítems.

5.1.1 Frecuencia de cambio de soportes. La frecuencia actual de cambio varía entre 4 y 12 meses, dependiendo de la criticidad de ubicación del soporte, al implementar los soportes SKF, la frecuencia de cambio aumentará a 24 meses; el cambio de soportes instalados actualmente se describe en la tabla 8.

Tabla 8. Frecuencia de cambio de soportes instalados

AÑO	MES	FRECUENCIA DE CAMBIO				
		ENFIL	CURVAS	TRANSP	LLENAD	TOTAL
1	0					
	1					
	2					
	3	20				20
	4		100			100
	5					
	6	20		470		490
	7					
	8		100			100
	9	20				20
	10					
	11					
	12	20	100	470	10	600
2	1					
	2					
	3	20				20
	4		100			100
	5					
	6	20		470		490
	7					
	8		100			100
	9	20				20
	10					
	11					
	12	20	100	470	10	600

Fuente: El autor

La cantidad total de soportes reemplazados en un año es de 2.660, invirtiendo alrededor de 9.000 horas de trabajo por mantenimientos planeados; con la implementación de soportes SKF, la cantidad de soportes se reducirá a 600 en los mismos 2 años, ya que los soportes SKF cuentan con un recubrimiento adicional que permite alargar la vida útil del rodamiento y la carcasa, y evita el ingreso de contaminación y humedad.

A continuación se presenta la frecuencia de cambio ajustada, con la implementación de soportes termoplásticos.

Tabla 9. Frecuencia de cambio de soportes SKF

AÑO	MES	FRECUENCIA DE CAMBIO				
		ENFIL	CURVAS	TRANSP	LLENAD	TOTAL
1	0					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
2	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12	20	100	470	10	600

Fuente: El autor

Teniendo en cuenta que la frecuencia de cambio será del doble de la frecuencia de cambio actual, se espera reducir en 70% el tiempo destinado a mantenimiento

programado, así mismo, al lograr un mejor desempeño de los soportes termoplásticos, las intervenciones correctivas también disminuirán en 50% en modos de falla como:

- Descalibración y desajuste
- Falta de concentricidad de ejes
- Fugas de lubricante
- Oxidación y contaminación del rodamiento

5.1.2 Rutinas de relubricación. Las rutinas actuales de relubricación se realizan 1 vez al mes por soporte, al implementar los soportes SKF, la frecuencia de relubricación aumentará a 2 meses por cada soporte; el cálculo de frecuencias de relubricación actual se describe a continuación en la tabla 10, y el cálculo de frecuencias de relubricación con la implementación de soportes termoplásticos se describe en la tabla 11.

Tabla 10. Cálculo de frecuencias de lubricación y consumo de lubricante actual

DESCRIPCIÓN		UNIDAD
1	Frecuencia de lubricación mensual	1 vez
2	Cantidad de lubricante por soporte	4 gr
3	Cantidad de soportes lubricados por mes	600 un
4	Tiempo de lubricación por soporte	10 min
Cantidad de lubricante requerido por año [1 x 2 x 3]		28.800 gr
Tiempo invertido en relubricación (año) [1 x 3 x 4]		3.000 hr

Fuente: El autor

Tabla 11. Cálculo de frecuencias de lubricación y consumo de lubricante propuesta

DESCRIPCIÓN		UNIDAD
1	Frecuencia de lubricación mensual	0,5 vez

Fuente: El autor

Tabla 11. Continuación

DESCRIPCIÓN		UNIDAD
2	Cantidad de lubricante por soporte	4 gr
3	Cantidad de soportes lubricados por mes	600 un
4	Tiempo de lubricación por soporte	10 min
Cantidad de lubricante requerido por año [1 x 2 x 3]		14.400 gr
Tiempo invertido en relubricación (año) [1 x 3 x 4]		1.500 hr

Fuente: El autor

Teniendo en cuenta la reducción de intervenciones de lubricación, Bavaria estará en la capacidad de prescindir del servicio de lubricación contratado, y podrá llevarlo a cabo con sus recursos propios.

La reducción de lubricante se verá reflejada teniendo en cuenta que los soportes SKF requieren de un intervalo mayor de relubricación, pasando de una frecuencia mensual a una frecuencia de 2 meses; así mismo, al aumentar el intervalo de relubricación, se requerirá de menos horas hombre invertidas en estas actividades, por lo cual se obtiene un beneficio económico y técnico al lograr emplear este tiempo ganado en actividades diferentes de lubricación.

5.1.3 Mantenimiento planeado. La reducción de intervenciones planeadas de mantenimiento se verá reflejada gracias al incremento de vida útil de los soportes SKF, duplicando su vida útil como se describe en el numeral 5.1.1, a continuación se presenta el detalle de esta reducción.

Tabla 12. Reducción de frecuencia de mantenimiento planeado

DESCRIPCIÓN		UNIDAD
1	Tiempo mantenimiento planeado por semana	6 hr
2	Tiempo mantenimiento planeado mes	24 hr

Fuente: El autor

Tabla 12. Continuación

DESCRIPCIÓN		UNIDAD
3	Tiempo mantenimiento planeado año	288 hr
4	Tiempo de intervención por soporte	0,5 hr
5	Cantidad de intervenciones por año [3 / 4]	576
6	Reducción de intervenciones [Pasando de reemplazar 2.660 a 600 soportes]	77%
Cantidad de intervenciones por año con implementación soportes SKF [5 x (1 - 6)]		133

Fuente: El autor

5.1.4 Mantenimiento correctivo. La reducción de mantenimiento correctivo se espera reducir en 50% debido a que las especificaciones técnicas de los soportes termoplásticos tienen mejor desempeño en ambientes con alta contaminación y humedad, gracias a su recubrimiento termoplástico; la reducción de estas intervenciones se describe a continuación.

La información de total de averías se encuentra en el numeral 3.3.3.

Tabla 13. Reducción de averías

DESCRIPCIÓN		UNIDAD
1	Cantidad intervenciones correctivas por año	27
2	Duración total de averías	559 min
3	Tiempo promedio por intervención [2 / 1]	21 min
	Cantidad de intervenciones por mes	2
4	Reducción de intervenciones	50%

Fuente: El autor

Tabla 13. Continuación

DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Cantidad de intervenciones por año con implementación soportes SKF [3 x 4]	14
Duración total de intervenciones [3 x 12]	280 min

Fuente: El autor

5.1.5 Reducción de horas hombre en mantenimiento. La reducción de horas hombre está calculada tanto para el tiempo invertido en mantenimiento planeado, como el mantenimiento correctivo y las rutinas de lubricación; al presentarse una reducción en cada uno de estos ítems, se tendrá mayor disponibilidad de personal al incrementarse los intervalos de mantenimiento.

A continuación se presenta el cálculo de reducción de horas hombre en la gestión de mantenimiento; la información sobre tiempos de paradas se encuentra en los numerales anteriores.

Tabla 14. Cuantificación Horas Hombre invertidas actualmente en actividades de mantenimiento

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
MANTENIMIENTO PLANEADO		
1	Tiempo de intervención por soporte	0,5 hr
2	Cantidad de intervenciones por año	576
3	Número de técnicos especialistas requeridos	1
4	Número de ayudantes requeridos	2
	Total Horas Hombre Especialista [1 x 2 x 3]	720 hr/año
	Total Horas Hombre Contratistas [1 x 2 x 4]	1.440 hr/año

Fuente: El autor

Tabla 14. Continuación

DESCRIPCIÓN		UNIDAD
MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
1	Tiempo promedio por intervención	21 min
2	Cantidad de intervenciones por mes	2
3	Número de técnicos HAUL requeridos	1
4	Número de ayudantes requeridos	2
Total Horas Hombre Especialista [1 x 2 x 3]		9 hr/año
Total Horas Hombre Contratistas [1 x 2 x 4]		19 hr/año
LUBRICACIÓN		
1	Cantidad de soportes lubricados por mes	600 un
2	Tiempo de lubricación por soporte	10 min
3	Número de ayudantes requeridos	1
Total Horas Hombre Contratistas [1 x 2 x 3]		3.000 hr/año
TOTAL HORAS HOMBRE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO		
1	Total HH Mantenimiento Planeado	2.160 hr/año
2	Total HH Mantenimiento Correctivo	28 hr/año
3	Total HH Lubricación	3.000 hr/año
TOTAL HH [1 + 2 + 3]		5.188 hr/año

Fuente: El autor

Tabla 15. Cuantificación Horas Hombre a invertir en actividades de mantenimiento

DESCRIPCIÓN		UNIDAD
MANTENIMIENTO PLANEADO		
1	Tiempo de intervención por soporte	0,5 hr
2	Cantidad de intervenciones por año	133
3	Número de técnicos especialistas requeridos	1
4	Número de ayudantes requeridos	1
Total Horas Hombre Especialista [1 x 2 x 3]		67 hr/año

Fuente: El autor

Tabla 15. Continuación

DESCRIPCIÓN		UNIDAD
Total Horas Hombre Contratistas [1 x 2 x 4]		67 hr/año
MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
1	Tiempo promedio por intervención	21 min
2	Cantidad de intervenciones por mes	1
3	Número de técnicos HAUL requeridos	1
4	Número de ayudantes requeridos	1
Total Horas Hombre Especialista [1 x 2 x 3]		5 hr/año
Total Horas Hombre Contratistas [1 x 2 x 4]		5 hr/año
LUBRICACIÓN		
1	Cantidad de soportes lubricados por mes	300 un
2	Tiempo de lubricación por soporte	10 min
3	Número de ayudantes requeridos	1
Total Horas Hombre Contratistas [1 x 2 x 3]		1.500 hr/año
TOTAL HORAS HOMBRE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO		
1	Total HH Mantenimiento Planeado	134 hr/año
2	Total HH Mantenimiento Correctivo	10 hr/año
3	Total HH Lubricación	1.500 hr/año
TOTAL HH [1 + 2 + 3]		1.634 hr/año

Fuente: El autor

De acuerdo con el objetivo propuesto con el cambio de soportes, la reducción de horas hombre con estandarización e implementación de soportes termoplásticos SKF es del 68%.

5.2 PROPUESTA DE AJUSTE DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO CON METODOLOGÍA PMO

De acuerdo a la metodología PMO, y teniendo en cuenta el desarrollo de este proyecto, a continuación se presentan los pasos de implementación para la

evaluación de las rutinas de mantenimiento ejecutadas actualmente en la Bavaria planta Tocancipá.

5.2.1 Establecimiento de funciones y tareas de mantenimiento. Las funciones y tareas de mantenimiento en las actividades tanto correctivas como planeadas, se encuentran descritas en la tabla 1, la cual se referencia nuevamente a continuación.

Tabla 16. Frecuencia de inspección de soportes de pared

TIPO DE RUTINA	CANTIDAD	FRECUENCIA	ACTIVIDAD	DURACIÓN (min)
Inspección Visual	600 un	Mensual	Verificación y ajuste	10
Rutas de Lubricación	600 un	Mensual	Relubricación	10
Mantenimiento Planeado	12 un	Semanal	Cambio	30

Fuente: El autor

5.2.2 Establecimiento de modos de falla. Los modos de falla encontrados son aquellas fallas recurrentes que se encuentran consignadas en el histórico de averías, las cuales están listadas en el numeral 3.3.3, y se citan nuevamente.

- Falta de lubricación
- Descalibración y desajuste
- Falta de concentricidad de ejes

5.2.3 Evaluación de rutinas de mantenimiento. La evaluación de las rutinas de mantenimiento se basa en el cálculo de indicadores de mantenimiento con las frecuencias establecidas a partir de la implementación de soportes termoplásticos SKF, y la comparación con los indicadores calculados anteriormente.

A continuación se presenta el cálculo de estos indicadores.

5.2.3.1 Tiempo de inactividad de un equipo causado por averías.

$$TI = \frac{\text{Tiempo de inactividad causado por averías}}{\text{Tiempo total de inactividad}} \quad (\text{Ec.1})$$

$$TI = \frac{280 \text{ minutos}}{2.218 \text{ minutos}}$$

$$TI = 0,12 \approx 12\%$$

5.2.3.2 Horas-hombre de emergencia.

$$HHE = \frac{\text{Horas-hombre empleadas en emergencia}}{\text{Total horas-hombre trabajadas}} \quad (\text{Ec.2})$$

$$HHE = \frac{2.218 \text{ min} / 60 \text{ min}}{8 \text{ horas} \times 25 \text{ días/mes}}$$

$$HHE = \frac{40 \text{ horas}}{200 \text{ horas/mes}}$$

$$HHE = 0,20 \approx 20\%$$

5.2.3.3 Costo de reparación de fallas. Para calcular el costo de reparación de fallas, es necesario contar con los siguientes datos:

- Costo mensual de mantenimiento: COP 18.516.845
- Salario técnico mantenimiento: COP 3.200.000
- Salario ayudante mecánico: COP 825.000 [COP 33.000.000 / 40 personas]
- Costo promedio repuesto: COP 600.000

$$\text{\$Rep} = \frac{\text{Costo directo de reparación de fallas}}{\text{Costo directo total de mantenimiento}} \quad (\text{Ec.3})$$

$$\text{\$Rep} = \frac{3.200.000 + 600.000}{18.516.845}$$

$$\text{\$Rep} = \frac{3.800.000}{18.516.845}$$

$$\text{\$Rep} = 0,21 \approx 21\%$$

5.2.3.4 Fallas causadas por MP deficiente.

$$\text{Fallas} = \frac{\text{Número de fallas que deberían haber sido evitadas}}{\text{Número total de fallas}} \quad (\text{Ec.4})$$

$$\text{Fallas} = \frac{14 \text{ fallas}}{37 \text{ fallas}}$$

$$\text{Fallas} = 0,38 \approx 38\%$$

5.2.3.5 Tiempo de funcionamiento de un equipo. Para calcular el tiempo de funcionamiento de un equipo, es necesario contar con los siguientes datos:

- Tiempo deseado de funcionamiento: 6.552 horas [(24 hr x 6 días x 52 sem) – (18 hr x 52 sem)]

$$\text{TF} = \frac{\text{Tiempo deseado de funcionamiento} - \text{Inactividad del equipo}}{\text{Tiempo deseado de funcionamiento del equipo}}$$

(Ec.5)

$$\text{TF} = \frac{6.552 \text{ hr} - 40 \text{ hr}}{6.552 \text{ hr}}$$

$$\text{TF} = 0,99 \approx 99\%$$

5.2.3.6 Disponibilidad. Para calcular este indicador, se deben tener en cuenta los tiempos propuestos de operación:

- Tiempo de operación deseada del equipo: 8.688 horas / año.

- Tiempo de paradas por correctivo: 5 horas / año.

- Tiempo de paradas por preventivo: 133 horas / año.

$$\text{DISP} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}} \quad (\text{Ec.6})$$

$$\text{DISP} = \frac{8.688 - 138}{8.688}$$

$$\text{DISP} = 0,98 \approx 98\%$$

5.2.3.7 Confiabilidad. Para calcular este indicador, se deben tener en cuenta los siguientes tiempos de operación:

- Tiempo de operación deseada del equipo: 8.688 horas / año.
- Tiempo de paradas por correctivo: 5 horas / año.

$$CONF = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada mantenimiento no programado}}{\text{Horas totales}} \quad (\text{Ec.7})$$

$$CONF = \frac{8.688 - 5}{8.688}$$

$$CONF = 0,99 \approx 99\%$$

5.2.3.8 Tiempo medio entre fallas.

$$TMEF = \frac{\text{Horas totales del periodo}}{\text{Número de paradas}} \quad (\text{Ec.8})$$

$$TMEF = \frac{5 \text{ hr}}{37}$$

$$TMEF = 0,13 \approx 13\%$$

5.2.4 Comparación de indicadores de desempeño para el área de mantenimiento. Una vez establecidas las condiciones de operación tanto de los soportes instalados como de los soportes propuestos, y realizado el cálculo de indicadores de desempeño, a continuación se presentan los resultados de los mismos, los cuales validan la viabilidad técnica del proyecto, por lo cual se procede a calcular los beneficios económicos para su implementación.

Tabla 17. Comparación de resultados indicadores de desempeño

INDICADOR	SISTEMA ACTUAL	SISTEMA PROPUESTO
Tiempo de inactividad de un equipo causado por averías	0,22	0,12
Horas-hombre de emergencia	0,21	0,20
Costo de reparación de fallas	0,25	0,21

Fuente: El autor

Tabla 17. Continuación

INDICADOR	SISTEMA ACTUAL	SISTEMA PROPUESTO
Fallas causadas por MP deficiente	0,53	0,38
Tiempo de funcionamiento de un equipo	0,99	0,99
HH en actividades de mantenimiento (en horas)	5.188	1.634
Disponibilidad de equipo	0,96	0,98
Confiabilidad de equipo	0,99	0,99
Tiempo medio entre fallas	0,82	0,13

Fuente: El autor

5.2.5 Propuesta de nuevas frecuencias de inspección. La propuesta para las nuevas frecuencias de inspección se basa en el incremento de vida útil de los soportes termoplásticos, de acuerdo a esto, a continuación se presenta la frecuencia ideal para el mantenimiento de los soportes y la reducción de horas hombre en actividades de mantenimiento.

Tabla 18. Frecuencias propuestas para cambio y relubricación de soportes de pared

ACTIVIDAD	CANTIDAD	FRECUENCIA (meses)
Inspección	600 un	0,25
Relubricación	600 un	2
Cambio	600 un	24

Fuente: El autor

La frecuencia de inspecciones debe ser la misma, ya que el equipo tiene un alto nivel de criticidad dentro del proceso, por lo cual se sugiere continuar con el monitoreo semanal.

6. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

El análisis financiero del proyecto se fundamenta en los costos que tiene la empresa debido al cambio constante de soportes en la banda transportadora y en los posibles nuevos costos que podría tener con la implementación del proyecto.

Si la empresa decide implementar la propuesta, los principales beneficios económicos que adquiere son la reducción en los costos de lubricante y mano de obra, la reducción en compra de repuestos, y la reducción en contratos de mantenimiento por horas hombre invertidas en cambio y relubricación de soportes.

El estudio financiero es un aspecto importante en el desarrollo del proyecto, ya que en este análisis se evidencian los resultados de la evaluación de la situación actual de la empresa, mostrando que tan viable es hacer la inversión de este proyecto.

6.1 OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN DE SOPORTES TERMOPLÁSTICOS

La optimización de costos se obtiene a partir de la comparación de costos asociados a las actividades de mantenimiento y el incremento de vida útil de los soportes SKF.

Para la valoración económica se realiza el cálculo de costos en cuanto al costo de lubricante utilizado, el valor de mano de obra y la reducción de repuestos. Estos cálculos se presentan a continuación en las tablas 19 y 20.

Tabla 19. Comparación de costos asociados a consumo de lubricante

SOPORTES INSTALADOS			SOPORTES SKF		
Tipo de Lubricante	Grasa		Tipo de Lubricante	Grasa	
Referencia	XHP 222		Referencia	LGFP2	
Marca / Fabricante	Mobil		Marca / Fabricante	SKF	
Cantidad total caneca / cartucho / lata de lubricante	16.000	gr	Cantidad total caneca / cartucho / lata de lubricante	1.000	gr
Valor unitario caneca / cartucho / lata de lubricante	539.000	COP	Valor unitario caneca / cartucho / lata de lubricante	143.700	COP
Valor gramo de lubricante	33,69	COP	Valor gramo de lubricante	143,70	COP
Total puntos lubricados por año	7.200	punto	Total puntos lubricados por año	3.600	punto
Cantidad de lubricante utilizado por soporte	4,0	gr	Cantidad de lubricante utilizado por soporte	4,0	gr
Cantidad de personas por lubricación de soporte	1	pers	Cantidad de personas por lubricación de soporte	1	perso nas
Tiempo total de lubricación por soporte	10	min	Tiempo total de lubricación por soporte	10	min
Valor hora de trabajo por persona	11.979	COP	Valor hora de trabajo por persona	11.979	COP
Valor total mano de obra por punto de lubricación	1.997	COP	Valor total mano de obra por punto de lubricación	1.997	COP
Valor total de consumo de lubricante anual	970.200	COP	Valor total de consumo de lubricante anual	2.069.280	COP
Valor total de mano de obra por punto de lubricación	14.375.000	COP	Valor total de mano de obra por punto de lubricación	7.187.500	COP
TOTAL AHORRO LUBRICANTE	-1.099.080	COP			
TOTAL AHORRO HORAS HOMBRE LUBRICACIÓN	7.187.500	COP			

Fuente: El autor

Tabla 20. Comparación de costos asociados a consumo de repuestos

SOPORTES INSTALADOS			SOPORTES SKF		
Costo del repuesto	634.348	COP	Costo del repuesto	64.500	COP
Cantidad Total de Soportes al año	1.200	un	Cantidad Total de Soportes	600	un
Tiempo total de cambio por soporte	0,5	hr	Tiempo total de cambio por soporte	0,5	hr
Cantidad de personas por cambio por soporte	3	pers	Cantidad de personas por cambio por soporte	2	pers
Valor hora de trabajo por persona	11.979	COP	Valor hora de trabajo por persona	11.979	COP
Valor Total Consumo de repuestos	761.217.600	COP	Valor Total Consumo de repuestos	338.700.000	COP
Valor total de mano de obra por mant. Planeado	21.562.500	COP	Valor total de mano de obra por mant. Planeado	7.187.500	COP
TOTAL AHORRO REPUESTOS	422.517.600	COP			
TOTAL AHORRO HORA HOMBRE MANTTO	14.375.000	COP			

Fuente: El autor

El resumen de beneficios entregados por la implementación de soportes termoplásticos se presenta a continuación.

Tabla 21. Resumen de beneficios entregados a Bavaria por implementación de soportes SKF

BENEFICIOS ENTREGADOS		
INVERSIÓN	350.700.000	COP
BENEFICIOS		
TOTAL AHORRO REPUESTOS	422.517.600	COP

Fuente: El autor

Tabla 21. Continuación

BENEFICIOS ENTREGADOS		
TOTAL AHORRO HORA HOMBRE MANTTO	14.375.000	COP
TOTAL AHORRO LUBRICANTE	-1.099.080	COP
TOTAL AHORRO HORAS HOMBRE LUBRIC	7.187.500	COP
TOTAL BENEFICIOS ENTREGADOS	442.981.020	COP

Fuente: El autor

6.2 COSTOS DEL PROYECTO

Los costos del proyecto se desarrollan con base en el ahorro debido a la implementación de los soportes termoplásticos marca SKF, garantizando el incremento de vida útil de los soportes. Al estandarizar las referencias de repuestos, se tiene un ahorro económico mensual garantizando el funcionamiento correcto de las bandas transportadoras e invirtiendo menos tiempo de personal técnico en el desarrollo de actividades preventivas y correctivas.

6.2.1 Presupuesto. A continuación se presenta el presupuesto del proyecto para la implementación de los soportes termoplásticos SKF, que incluye la inversión necesaria en soportes y grasa para la lubricación de los mismos para un periodo de 2 años, el cual es el tiempo estimado de vida útil de los soportes.

Tabla 22. Presupuesto del proyecto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	VR. UNIT	VR. TOTAL
1	Soporte SKF ref. FYWK 40 YTH marca SKF	un	600	564.500	338.700.000
2	Grasa LGFP2 marca SKF (Cartucho x 1.000 gr)	un	30	400.000	12.000.000
VALOR TOTAL DE LA PROPUESTA					350.700.000

Fuente: El autor

La cotización de los materiales descritos en el presupuesto se encuentra en el Anexo H.

6.2.2 Proyección del proyecto. Las proyecciones se hacen para el año donde se realiza la inversión y los dos años siguientes al diseño, es decir los años 2.019, 2.020 y 2.021 con el fin de mostrar los beneficios financieros y dar así una herramienta de decisión a la empresa, frente a la implementación del diseño.

Las cuentas que figuran en los costos de mantenimiento, fueron proyectadas teniendo en cuenta los datos de inflación estimados por el Banco de la República para los correspondientes años en razón a que se trabajó en pesos corrientes para obtener un mayor acercamiento a la realidad, estos valores estimados se observan a continuación en las tablas 23 a 25.

Tabla 23. Estimados IPC años proyectados

BANCO DE LA REPÚBLICA ESTIMADOS MACROECONÓMICOS IPC - (Inflación)		
AÑO	%	OBSERVACIÓN
2019	3%	Meta puntual establecida.
2020	4%	Punto medio del rango meta.
2021	5%	Rango meta a largo plazo.

Fuente: Banco de la República

Tabla 24. Costos de operación del sistema actual

COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL			
	2.019	2.020	2.021
Compra de repuestos	\$761.217.600	\$791.666.304	\$831.249.619
Compra de lubricante	\$970.200	\$1.009.008	\$1.059.458
Mano de obra	\$35.937.500	\$37.375.000	\$39.243.750
TOTAL	\$798.125.300	\$830.050.312	\$871.552.828

Fuente: El autor

Tabla 25. Costos de operación con implementación del proyecto

COSTOS DE MANTENIMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO			
	2.019	2.020	2.021
Compra de repuestos	\$338.700.000	\$352.248.000	\$369.860.400
Compra de lubricante	\$2.069.280	\$2.152.051	\$2.259.654
Mano de obra	\$14.375.000	\$14.950.000	\$15.697.500
TOTAL	\$355.144.280	\$369.350.051	\$387.817.554

Fuente: El autor

6.2.3 Flujo de Caja. El flujo de caja es uno de los elementos más importantes del estudio financiero, puesto que determina los resultados del proyecto. Para la realización del flujo de caja del diseño se toman los costos de mantenimiento proyectados sin la implementación del diseño y los costos de mantenimiento con la implementación de soportes termoplásticos SKF.

El análisis de flujo de caja con recursos propios, supone la capacidad de la empresa de cubrir la inversión con recursos propios, es decir con capital directo de la empresa, lo cual no genera gastos adicionales como es el caso de los gastos financieros, este análisis se hace de esta manera ya que es decisión de la empresa la forma de cubrimiento financiero del diseño

Tabla 26. Flujo de caja de implementación

FLUJO DE CAJA			
	2.019	2.020	2.021
Costos de mantenimiento del sistema actual		830.050.312	871.552.828
Costos de mantenimiento con implementación del proyecto		369.350.051	387.817.554
Valor de inversión del proyecto	- 350.700.000		
FLUJO LIBRE DE CAJA	- 350.700.000	460.700.261	483.735.274

Fuente: El autor

El flujo de caja de implementación, dará como resultado el flujo real del proyecto y en base a él, se realizará la evaluación económica determinando la tasa interna de retorno TIR, Para el cálculo financiero tasa de interés de oportunidad TIO, de 30% E.A. como rentabilidad mínima del diseño esperada por la empresa. El análisis financiero, que incluye la TIR (tasa interna de retorno) se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 27. Flujo de caja diferencial

TIR	100%
TIO	30%

Fuente: El autor

Después de realizar y analizar el flujo de caja, la TIR, se obtienen los siguientes resultados. Se obtuvo una TIR de 100%, valor por encima de la TIO que es 30% lo cual indica que el proyecto es viable puesto que supera las expectativas de la empresa, por lo tanto, en pesos de hoy los ingresos son mayores que los egresos, esto indica que el proyecto es bueno y que es muy factible su aprobación.

Por otra parte, se puede observar que la inversión del proyecto se recupera en el primer año de funcionamiento del diseño lo que argumenta perfectamente el valor tan elevado de tasa interna de retorno.

7. CONCLUSIONES

Con la estandarización e implementación de una nueva referencia de soportes de pared en un equipo crítico como lo son las bandas transportadoras, Bavaria estará en la capacidad de optimizar sus recursos, ya sean financieros, tangibles o humanos, ya que al contar con un producto de alta calidad como lo es la marca SKF, el personal técnico y operativo puede estar seguro de contar con la confiabilidad deseada de los equipos, logrando enfocar sus recursos en el seguimiento a otros equipos críticos y por ende, mejorando los indicadores de desempeño del área.

De acuerdo al análisis realizado en la reducción de Horas Hombre invertidas en actividades de mantenimiento, la implementación de una nueva referencia permite lograr una reducción del 60%, equivalente a COP 21.562.000 y 3.554 horas de trabajo; lo que permitirá reasignar tareas y recurso humano, optimizando los costos y capital de trabajo del área.

Con los resultados obtenidos en la evaluación de indicadores de desempeño, se evidencia que la estandarización de referencias permite incrementar la disponibilidad de equipos del 96 al 99%, y reducir el tiempo medio entre fallas (de 0,82 a 0,13) gracias a que los repuestos garantizan las condiciones operacionales óptimas del proceso, y el cumplimiento de indicadores de desempeño.

Al implementar la referencia propuesta en este proyecto, Bavaria Tocancipá tendrá unos beneficios económicos de COP 104.281.020, recaudados a través de la reducción de consumo de repuestos y consumo de consumibles como lo es el lubricante, incrementando también la vida útil de sus repuestos, y garantizando la disponibilidad de un equipo de gran importancia dentro del proceso productivo.

BIBLIOGRAFÍA

BAVARIA. [En línea] [Fecha de consulta: 22 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.bavaria.co/la-cerveza>

BAVARIA. [En línea] [Fecha de consulta: 03 diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.bavaria.co/acerca-de-nosotros>

BAVARIA. [En línea] [Fecha de consulta: 19 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.bavaria.co/acerca-de-nosotros/cerveceria-bavaria-tocancipa>

BAVARIA S.A. Guía Conozco el contexto general del negocio. 2015. p. 23-31.

CONSEJOS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BANDAS TRANSPORTADORAS. [En línea] [Fecha de consulta: 11 diciembre 2018]. Disponible en: <http://rocu.com.mx/blog/4-consejos-para-el-mantenimiento-preventivo-de-sus-bandas-transportadoras/>

DEFINICIÓN Y TIPOS DE CHUMACERAS. [En línea] [Fecha de consulta: 12 diciembre 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/presentation/74220595/DEFINICION-Y-TIPOS-DE-CHUMACERAS-GJ>

FUNDAMENTOS DE LOS LUBRICANTES GRADO ALIMENTICIO. [En línea] [Fecha de consulta: 11 diciembre 2018]. Disponible en: <http://noria.mx/lublearn/fundamentos-de-los-lubricantes-grado-alimenticio-2/>

FÓRMULAS DE CÁLCULO DE INDICADORES DE DISPONIBILIDAD. [En línea] [Fecha de consulta: 06 mayo 2019]. Disponible en:

<http://www.reporteroindustrial.com/blogs/Formulas-de-calculo-de-indicadores-de-disponibilidad+115450>

GARCÍA PALENCIA, Oliverio. El sistema PMO: optimización real del mantenimiento planeado. Santiago de Chile: UPTC. 2007

GUÍA DE ENVASE. [En línea] [Fecha de consulta: 29 noviembre 2018]. Disponible en:

<http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wp/55C1539B41E9E38BC1256F250063FA82?Opendocument>

SKF. Capacidades SKF para la industria de alimentos y bebidas, PUB 65/52 12754 ES. 2014. p. 59, 61.

SKF. Productos de mantenimiento y lubricación SKF, PUB MP/P1 03000 ES. 2015. p. 120,121,140.

SKF. SKF Bearing housings and roller bearing units, PUB BU/P1 13186 EN. 2012. p. 22, 35, 46.

SKF. SKF Y-bearings and Y-bearing units, PUB BU/P1 13728 EN. 2013. p. 252.

SKF. Soportes de Pie SNL, PUB 6112 ES. 2009. p. 3-4.

TIR. [En línea] [Fecha de consulta: 05 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.rankia.co/blog/mejores-cdts/3718561-que-tir-para-sirve>

TRANSPORTADOR DE RODILLOS. [En línea] [Fecha de consulta: 29 noviembre 2018]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Transportador_de_rodillos

TRANSPORTADOR DE RODILLOS. [En línea] [Fecha de consulta: 05 diciembre 2018]. Disponible en: [http https://www.ecured.cu/Transportador_de_rodillos](http://www.ecured.cu/Transportador_de_rodillos)

TRANSPORTADORES DE RODILLOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO. [En línea] [Fecha de consulta: 29 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/transportadores-de-rodillos>

WIREMAN, Terry. Desarrollo de indicadores de desempeño para administración de mantenimiento. Bogotá: Rojas Eberhard Editores Ltda. 2001.

ANEXOS

ANEXO A

Ficha técnica Lubricante LGFP2 SKF

Lubricantes SKF compatibles con alimentos

LGFP 2

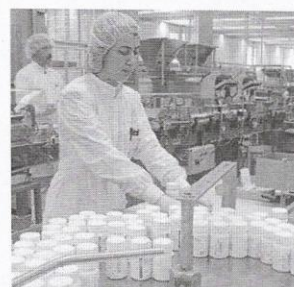
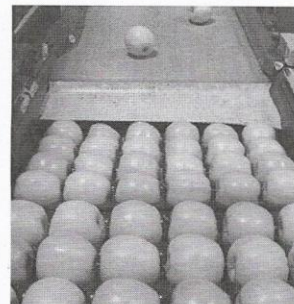
Grasa compatible con alimentos para uso general

SKF LGFP 2 es una grasa limpia, no tóxica, a base de aceite blanco médico con jabón complejo de aluminio.

- Alta resistencia al agua.
- Excelente vida útil de la grasa.
- Excelente resistencia a la corrosión.
- Valor de pH esencialmente neutro.
- Registrados como NSF H1, con certificación Halal y Kosher.

Aplicaciones típicas

- Rodamientos de cajas multienvase.
- Máquinas de envolver.
- Rodamientos de cintas transportadoras.
- Máquinas embotelladoras.



Detalles de pedido

Tamaño envase	LGFP 2	Tamaño envase	LGFP 2
Cartucho de 420 ml	LGFP 2/0.4	SKF SYSTEM 24/LAGD 125 ml	LAGD 125/FP2
Lata de 1 kg	LGFP 2/1	SKF SYSTEM 24/TLSO 125 ml	TLSO 125/FP2
Lata de 18 kg	LGFP 2/18	SKF SYSTEM 24/TLSO 250 ml	TLSO 250/FP2
Lata de 180 kg	LGFP 2/180	TLMR 120 ml	LGFP 2/MR120
SKF SYSTEM 24/LAGD 60 ml	LAGD 60/FP2	TLMR 380 ml	LGFP 2/MR380

Datos técnicos

Referencia	LGFP 2/(tamaño envase)		
Clase de consistencia NLGI	2	Protección frente a la corrosión	
Código DIN 51825	K2G-20	Emcor: - norma ISO 11007	0-0 ¹⁾
Color	Transparente	Resistencia al agua	
Tipo de jabón	Complejo de aluminio	DIN 51 807/1.3 h a 90 °C	1 máx.
Tipo de aceite base	Aceite blanco médico	Separación del aceite	
Rango de temperaturas de funcionamiento	De -20 a +110 °C (de -5 a +230 °F)	DIN 51 817, 7 días a 40 °C, estática, %	1-5
Punto de goteo DIN ISO 2176	>250 °C (>480 °F)	Vida útil de la grasa para rodamientos	
Viscosidad del aceite base		Prueba ROF	
40 °C, mm ² /s	150	Vida útil L ₅₀ a 10 000 r. p. m., h	1 000 a 110 °C (230 °F) ¹⁾
100 °C, mm ² /s	15.3	Rendimiento EP	
Penetración DIN ISO 2137		Prueba de 4 bolas,	
60 recorridos, 10-3 mm	265-295	carga de soldadura DIN 51350/4, N	1 100 mín.
100 000 recorridos, 10-3 mm	+30 máx.	Vida útil en almacenamiento	2 años
		N.º de reg. de NSF	128004

¹⁾ Valor típico

SKF

147

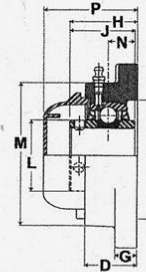
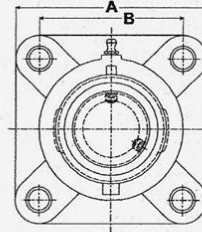
ANEXO B

Ficha técnica soporte de pared SEAL MASTER CRFS-PN208

SEALMASTER® PN Gold Mounted Ball Bearings



Duty: Standard
Housing: 316 Passivated Stainless Steel
 Four Bolt Flange
Self-Alignment: +/- 2 Degrees
Lock: Setscrew
Seal: HPS
Temperature: -20° to 220°F
Grease: Sealmaster GoldPlex-FG



CRFS-PN Series 4 Bolt Flange Setscrew Locking

Bore Diameter		Part No.	Bearing Insert No.	Basic Dynamic Rating lb/N	Dimensions inch/mm												Bolt Size	Unit Wt. lb/kg	Open Cap	Closed Cap	Backside Shield
inch	mm				A	B	D	G	H	J	L	M	N	P	T						
3/4	-	CRFS-PN12	PN-12	2611	3 3/8	2 1/2	31/32	7/16	1 9/32	1 7/32	1 3/16	2 1/2	1/2	2 19/64	2	3/8	1.50	ECO-12	ECC-12	4BSS-12	
-	20	CRFS-PN204	PN-204	11614	85.7	63.5	24.6	11.1	32.5	31.0	30.2	63.5	12.7	58.3	50.8		1.50				.68
1	-	CRFS-PN16	PN-16	2801	3 3/4	2 3/4	1 5/64	17/32	1 7/16	1 3/8	1 3/8	2 23/32	9/16	2 7/16	2 3/8	7/16	2.10	ECO-16	ECC-16	4BSS-16	
-	25	CRFS-PN205	PN-205	12459	95.3	69.9	27.4	13.5	36.5	34.9	34.9	69.1	14.3	61.9	60.3		2.10				.95
1 3/16	-	CRFS-PN19	PN-19	4381 19488	4 1/4	3 1/4	1 7/32	17/32	1 9/16	1 1/2	1 19/32	3 7/32	5/8	2 37/64	2 7/8	7/16	3.05	ECO-19	ECC-19	4BSS-19	
1 1/4	-	CRFS-PN20R	PN-20R															ECO-20R		4BSS-20R	
-	30	CRFS-PN206	PN-206															ECO-19		4BSS-19	
1 1/4	-	CRFS-PN20	PN-20															ECO-20		4BSS-20	
1 3/8	-	CRFS-PN22	PN-22	5782 25720	4 5/8	3 5/8	1 11/32	9/16	1 3/4	1 11/16	1 55/64	3 3/4	11/16	2 3/4	3 5/16	1/2	4.10	ECO-23	ECC-23	4BSS-22	
1 7/16	-	CRFS-PN23	PN-23																	4BSS-23	
-	35	CRFS-PN207	PN-207																	4BSS-22	
1 1/2	-	CRFS-PN24	PN-24																	7340	5 1/8
-	40	CRFS-PN208	PN-208	32650	130.2	101.6	38.1	14.3	51.2	49.2	52.4	103.6	19.1	76.6	88.9	1/2	5.50	2.49		N/A	
1 11/16	-	CRFS-PN27	PN-27	7901 35145	5 3/8	4 1/8	1 9/16	9/16	2 3/64	1 15/16	2 19/64	4 21/64	3/4	3 3/64	3 7/8	9/16	5.70	ECO-27	ECC-27	4BSS-27	
1 3/4	-	CRFS-PN28	PN-28															N/A		N/A	
-	45	CRFS-PN209	PN-209															N/A		N/A	
1 15/16	-	CRFS-PN31	PN-31	7889 35092	5 5/8	4 3/8	1 9/16	9/16	2 5/32	2 1/32	2 15/32	4 35/64	3/4	3 3/64	4	9/16	6.70	ECO-31	ECC-31	4BSS-31	
2	-	CRFS-PN32R	PN-32R																	N/A	
-	50	CRFS-PN210	PN-210																	4BSS-31	
2	-	CRFS-PN32	PN-32																	4BSS-32	
2 3/16	-	CRFS-PN35	PN-35	9752	6 3/8	5 1/8	1 3/4	13/16	2 5/16	2 3/16	2 23/32	5 3/16	7/8	3 13/32	4 1/4	5/8	10.50	ECO-35	ECC-35	4BSS-35	
-	55	CRFS-PN211	PN-211	43379	161.9	130.2	44.5	20.6	58.7	55.6	69.1	131.8	22.2	86.5	108.0					4.76	
2 3/8	-	CRFS-PN38	PN-38	11789 52440	6 7/8	5 5/8	1 15/16	13/16	2 11/16	2 9/16	2 63/64	5 7/16	1	3 51/64	5	5/8	12.00	ECO-39	ECC-39	4BSS-38	
2 7/16	-	CRFS-PN39	PN-39																	4BSS-39	
-	60	CRFS-PN212	PN-212																	4BSS-38	

Metric dimensions for reference only.

Not all parts are available from stock. Please contact customer service for availability (800) 626-2120.

For more information on bearing capabilities outside of our standard offering, please contact Application Engineering (800) 626-2093.

K-37

Bearing Selection
Page K-3

Nomenclature Aid
Page K-30

Features & Benefits
Page K-31

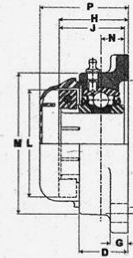
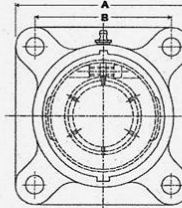
Technical Engineering
Page K-75

PN Gold Mounted Ball Bearings

SEALMASTER®



Duty: Standard
Housing: 316 Passivated Stainless Steel
 Four Bolt Flange
Self-Alignment: +/- 2 Degrees
Lock: Skwezloc Locking Collar
Seal: HPS
Temperature: -20° to 220°F
Grease: Sealmaster GoldPlex-FG



CRFS-PN-T Series 4 Bolt Flange Skwezloc Locking Collar

Bore Diameter		Part No.	Bearing Insert No.	Basic Dynamic Rating lb/N	Dimensions inch/mm													Bolt Size	Unit Wt. lb/kg	Open Cap	Closed Cap	Backside Shield
inch	mm				A	B	D	G	H	J	L	M	N	P	T							
3/4	-	CRFS-PN12T	PN-12T	2611	3 3/8	2 1/2	31/32	7/16	1 9/32	1 7/32	1 3/4	2 1/2	1/2	2 9/32	2	3/8	1.50	ECO-12	ECC-12	4BSS-12		
-	20	CRFS-PN204T	PN-204T	11614	85.7	63.5	24.6	11.1	32.5	31.0	44.5	63.5	12.7	57.9	50.8		.68					
1	-	CRFS-PN16T	PN-16T	2801	3 3/4	2 3/4	1 5/64	17/32	1 7/16	1 3/8	1 15/16	2 45/64	9/16	2 7/16	2 21/64	7/16	2.10	ECO-16	ECC-16	4BSS-16		
-	25	CRFS-PN205T	PN-205T	12459	95.3	69.9	27.4	13.5	36.5	34.9	49.2	68.7	14.3	61.9	59.1		.95					
1 3/16	-	CRFS-PN19T	PN-19T	4381	4 1/4	3 1/4	1 7/32	17/32	1 9/16	1 1/2	2 3/16	3 13/64	5/8	2 9/16	2 7/8	7/16	3.05	ECO-19	ECC-19	4BSS-19		
1 1/4	-	CRFS-PN20RT	PN-20RT	19488	108.0	82.6	31.0	13.5	39.7	38.1	55.6	81.4	15.9	65.1	73.0		1.38	ECO-20R	ECC-19	4BSS-20R		
-	30	CRFS-PN206T	PN-206T															ECO-19		4BSS-19		
1 1/4	-	CRFS-PN20T	PN-20T	5782	4 5/8	3 5/8	1 11/32	9/16	1 3/4	1 11/16	2 7/16	3 3/4	11/16	2 3/4	3 5/16	1/2	4.10	ECO-20	ECC-23	4BSS-20		
-				25720	117.5	92.1	34.1	14.3	44.5	42.9	61.9	95.3	17.5	69.9	84.1		1.86					
1 3/8	-	CRFS-PN22T	PN-22T	5782	4 5/8	3 5/8	1 11/32	9/16	1 3/4	1 11/16	2 9/16	3 3/4	11/16	2 1/4	3 5/16	1/2	4.00	ECO-23	ECC-23	4BSS-22		
1 7/16	-	CRFS-PN23T	PN-23T	25720	117.5	92.1	34.1	14.3	44.5	42.9	65.1	95.3	17.5	57.2	84.1		1.81			4BSS-23		
-	35	CRFS-PN207T	PN-207T																	4BSS-22		
1 1/2	-	CRFS-PN24T	PN-24T	7340	5 1/8	4	1 1/2	9/16	2 1/64	1 15/16	2 11/16	4 5/64	3/4	3 1/64	3 1/2	1/2	5.50	ECO-24	ECC-24	4BSS-24		
-	40	CRFS-PN208T	PN-208T	32650	130.2	101.6	38.1	14.3	51.2	49.2	68.3	103.6	19.1	76.6	88.9		2.49			N/A		
1 11/16	-	CRFS-PN27T	PN-27T	7901	5 3/8	4 1/8	1 9/16	9/16	2 3/64	1 15/16	2 15/16	4 21/64	3/4	3 3/64	3 7/8	9/16	5.70	ECO-27	ECC-27	4BSS-27		
1 3/4	-	CRFS-PN28T	PN-28T	35145	136.5	104.8	39.7	14.3	52.0	49.2	74.6	109.9	19.1	77.4	98.4		2.59	N/A		N/A		
-	45	CRFS-PN209T	PN-209T																			
1 15/16	-	CRFS-PN31T	PN-31T	7889	5 5/8	4 3/8	1 9/16	9/16	2 5/32	2 1/32	3 3/8	4 35/64	3/4	3 3/64	4	9/16	6.70	ECO-31	ECC-31	4BSS-31		
2	-	CRFS-PN32RT	PN-32RT	35092	142.9	111.1	39.7	14.3	54.8	51.6	85.7	115.5	19.1	77.4	101.6		3.04			N/A		
-	50	CRFS-PN210T	PN-210T																	4BSS-31		
2	-	CRFS-PN32T	PN-32T	9752	6 3/8	5 1/8	1 3/4	13/16	2 5/16	2 3/16	3 1/2	5 3/16	7/8	3 13/32	4 1/4	5/8	10.50	ECO-32	ECC-35	4BSS-32		
-				43379	161.9	130.2	44.5	20.6	58.7	55.6	88.9	131.8	22.2	86.5	108.0		4.76					
2 3/16	-	CRFS-PN35T	PN-35T	9752	6 3/8	5 1/8	1 3/4	13/16	2 5/16	2 3/16	3 5/8	5 3/16	7/8	3 13/32	4 1/4	5/8	10.50	ECO-35	ECC-35	4BSS-35		
-	55	CRFS-PN211T	PN-211T	43379	161.9	130.2	44.5	20.6	58.7	55.6	92.1	131.8	22.2	86.5	108.0		4.76					
2 3/8	-	CRFS-PN38T	PN-38T	11789	6 7/8	5 5/8	1 15/16	13/16	2 11/16	2 9/16	4 1/8	5 7/16	1	3 51/64	5	5/8	11.80	ECO-38	ECC-38	4BSS-38		
2 7/16	-	CRFS-PN39T	PN-39T	52440	174.6	142.9	49.2	20.6	68.3	65.1	104.8	138.1	25.4	96.4	127.0		5.35	ECO-39	ECC-39	4BSS-39		
-	60	CRFS-PN212T	PN-212T															ECO-38	ECC-38	4BSS-38		

Metric dimensions for reference only.
 Not all parts are available from stock. Please contact customer service for availability (800) 626-2120.
 For more information on bearing capabilities outside of our standard offering, please contact Application Engineering (800) 626-2093.

Bearing Selection
Page K-3

Nomenclature Aid
Page K-30

Features & Benefits
Page K-31

Technical Engineering
Page K-75

K-38

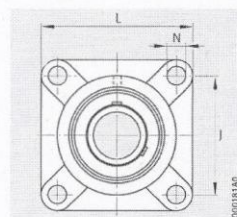
ANEXO C

Ficha técnica soporte de pared INA UFC 208

Four-bolt flanged housing units

Square version

With grub screws in inner ring



UCF

Dimension table - Dimensions in mm and inch

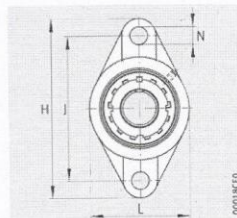
Designation			Mass m = kg	Dimensions				
Unit	Housing	Radial insert ball bearing		d		J	L	A
				mm	inch			
UCF201	F204	UC201	0,62	12	—	64	86	25,5
UCF201-08	F204	UC201-08	0,62	12,7	1/2	64	86	25,5
UCF202-09	F204	UC202-09	0,61	14,288	9/16	64	86	25,5
UCF202	F204	UC202	0,6	15	—	64	86	25,5
UCF202-10	F204	UC202-10	0,6	15,875	5/8	64	86	25,5
UCF203	F204	UC203	0,59	17	—	64	86	25,5
UCF203-11	F204	UC203-11	0,59	17,463	11/16	64	86	25,5
UCF204-12	F204	UC204-12	0,58	19,05	3/4	64	86	25,5
UCF204	F204	UC204	0,57	20	—	64	86	25,5
UCF205-13	F205	UC205-13	0,89	20,638	13/16	70	95	27
UCF205-14	F205	UC205-14	0,87	22,225	7/8	70	95	27
UCF205-15	F205	UC205-15	0,86	23,813	15/16	70	95	27
UCF205	F205	UC205	0,85	25	—	70	95	27
UCF205-16	F205	UC205-16	0,84	25,4	1	70	95	27
UCF206-17	F206	UC206-17	1,15	26,988	11/16	83	108	31
UCF206-18	F206	UC206-18	1,13	28,575	11/8	83	108	31
UCF206	F206	UC206	1,11	30	—	83	108	31
UCF206-19	F206	UC206-19	1,11	30,163	13/16	83	108	31
UCF206-20	F206	UC206-20	1,09	31,75	1 1/4	83	108	31
UCF207-20	F207	UC207-20	1,55	31,75	1 1/4	92	117	34
UCF207-21	F207	UC207-21	1,53	33,338	15/16	92	117	34
UCF207-22	F207	UC207-22	1,5	34,925	13/8	92	117	34
UCF207	F207	UC207	1,5	35	—	92	117	34
UCF207-23	F207	UC207-23	1,47	36,513	17/16	92	117	34
UCF208-24	F208	UC208-24	1,95	38,1	1 1/2	102	130	36
UCF208-25	F208	UC208-25	1,92	39,688	19/16	102	130	36
UCF208	F208	UC208	1,91	40	—	102	130	36

ANEXO D

Ficha técnica soporte de pared INA UFCL 208

Two-bolt flanged housing units

Oval version
With adapter sleeve



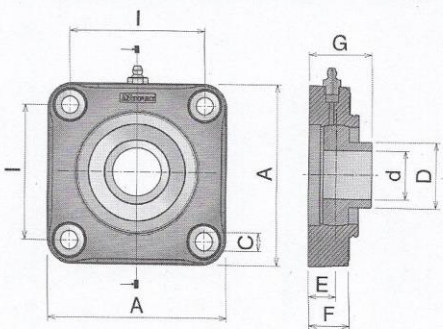
UKFL

Dimension table - Dimensions in mm							
Designation			Mass	Dimensions			
Unit	Housing	Radial insert ball bearing		d	H	J	L
			m ≈ kg				
UKFL205	FL205	UK205	0,69	20	130	99	68
UKFL206	FL206	UK206	0,94	25	148	117	80
UKFL207	FL207	UK207	1,29	30	161	130	90
UKFL208	FL208	UK208	1,56	35	175	144	100
UKFL209	FL209	UK209	2,08	40	188	148	108
UKFL210	FL210	UK210	2,4	45	197	157	115
UKFL211	FL211	UK211	3,04	50	224	184	130
UKFL212	FL212	UK212	4,05	55	250	202	140
UKFL213	FL213	UK213	4,84	60	258	210	155
UKFL215	FL215	UK215	6,14	65	275	225	165
UKFL216	FL216	UK216	7,74	70	290	233	180
UKFL217	FL217	UK217	9,02	75	305	248	190
UKFL218	FL218	UK218	10,91	80	320	265	205

ANEXO E

Ficha técnica soporte de pared MOVEX UFC 208

UCF
 Cuscinetti / Bearing supports / Flanschlager



Inserto standard / Standard insert / Standard-Flanschlager

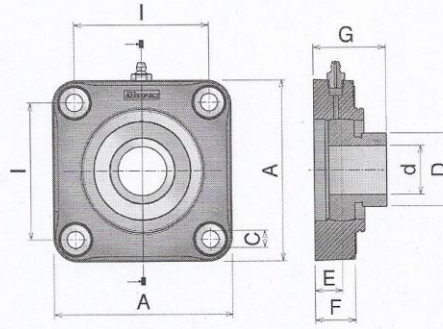
Part	Article-Nr.	Series	d	I	A	C	D	E	F	G
Chrome Steel	807 80701	UCF 205	25	70	98	11	34	16	22	35,5
	807 80702	UCF 206	30	83	110	11	40,3	17	25	39
	807 80703	UCF 207/83	35	83	110	11	48	20	25	43,5
	807 80713	UCF 207	35	92	118	11	48	20	25	43,5
	807 80704	UCF 208/83	40	83	110	11	53	19,5	25	44,5
	807 80714	UCF 208	40	102	130	11	53	19	25	44

Inserto standard / Standard insert / Standard-Flanschlager

Part	Article-Nr.	Series	d	I	A	C	D	E	F	G
Stainless Steel	807 80701SS	UCF 205	25	70	98	11	34	16	22	35,5
	807 80702SS	UCF 206	30	83	110	11	40,3	17	25	39
	807 80703SS	UCF 207/83	35	83	110	11	48	20	25	43,5
	807 80713SS	UCF 207	35	92	118	11	48	20	25	43,5
	807 80704SS	UCF 208/83	40	83	110	11	53	19,5	25	44,5
	807 80714SS	UCF 208	40	102	130	11	53	19	25	44


Safety Cap

Article-Nr.
89001
89002
89003
89003
89003
89003



Inserto con ghiera eccentrica / Insert with locking collar / Flanschlager mit Exzenter-Klemmring

Part	Article-Nr.	Series	d	I	A	C	D	E	F	G
Chrome Steel	808 80801	UCF 205	25	70	98	11	38,1	16	22	39,4
	808 80802	UCF 206	30	83	110	11	44,5	17	25	44,7
	808 80803	UCF 207/83	35	83	110	11	55,6	20	25	50,4
	808 80813	UCF 207	35	92	118	11	55,6	20	25	50,4
	808 80804	UCF 208/83	40	83	110	11	60,3	19,5	25	54,2
	808 80814	UCF 208	40	102	130	11	60,3	19	25	53,7


Safety Cap

Article-Nr.
89001
89002
89003
89003
89003
89003

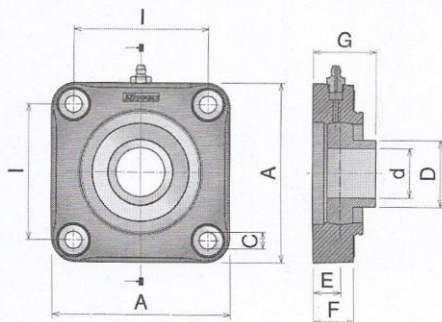


405

Cuscinetti / Bearing supports / Flanschlager

UCF

Cuscinetti / Bearing supports / Flanschlager

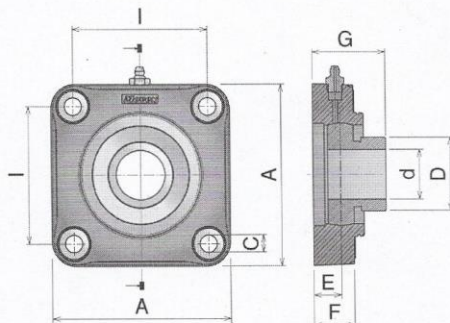


Inserto standard / Standard insert / Standard-Flanschlager

Chrome Steel	Part	Article-Nr.	Series	d	I	A	C	D	E	F	G	Article-Nr.
	828	82801	UCF 205	25	70	98	11	34	16	22	35,5	89001
	828	82802	UCF 206	30	83	110	11	40,3	17	25	39	89002
	828	82813	UCF 207	35	92	118	11	48	20	25	43,5	89003
	828	82804	UCF 208/83	40	83	110	11	53	19,5	25	44,5	89003

Inserto standard / Standard insert / Standard-Flanschlager

Stainless Steel	Part	Article-Nr.	Series	d	I	A	C	D	E	F	G	Article-Nr.
	828	82801SS	UCF 205	25	70	98	11	34	16	22	35,5	89001
	828	82802SS	UCF 206	30	83	110	11	40,3	17	25	39	89002
	828	82813SS	UCF 207	35	92	118	11	48	20	25	43,5	89003
	828	82804SS	UCF 208/83	40	83	110	11	53	19,5	25	44,5	89003



Inserto con ghiera eccentrica / Insert with locking collar / Flanschlager mit Exzenter-Klemmring

Chrome Steel	Part	Article-Nr.	Series	d	I	A	C	D	E	F	G	Article-Nr.
	829	82901	UCF 205	25	70	98	11	38,1	16	22	39,4	89001
	829	82902	UCF 206	30	83	110	11	44,5	17	25	44,7	89002
	829	82913	UCF 207	35	92	118	11	55,6	20	25	50,4	89003
	829	82904	UCF 208/83	40	83	110	11	60,3	19,5	25	54,2	89003



ANEXO F
Cotización soportes de pared
SEAL MASTER CRFS-PN208
INA UFC 208
INA UFCL 208
MOVEX UFC 208

NIT: 800.178.801-1



Carrera 67 No. 10 A - 08
Bogotá D.C. PBX: 8051566
ventas@aservirod.com.co

Cliente:
Contacto:
Teléfono:

COTIZACIÓN No.
DR 0158

Con relación a su solicitud, presentamos la oferta de los elementos solicitados:

Vigencia de la cotización: 3 días

Item	Descripción	Referencia ó Código	Marca	Entrega	Cant	V.Unitario	TOTAL
1	CHUMACERA	UCF 208	INA	INMEDIATA	1	674.300	674.300
1	CHUMACERA	UCFL 208	FAG	INMEDIATA	1	623.167	623.167
1	CHUMACERA	UCF 208	MOVEX	INMEDIATA	1	495.924	495.924
1	CHUMACERA	CRFS-PN 208	DODGE	IMPORTACION	1	744.000	744.000
						MAS IVA 19%	

Se entiende la Entrega, después de recibir su Orden de Compra; Salvo Venta Previa.

Consignar en la cuenta corriente No. 17121200239 de BANCOLOMBIA a nombre de: ASERVIROD DE COLOMBIA S.A.S.

o a la Cuenta corriente No. 221010267 del BANCO DE OCCIDENTE

Elementos puestos en su Almacén ó Planta según sea su necesidad

Forma de Pago: de Contado.



David Leonardo Ramos
T: (571) 8051566 - 3187850921
ventas@aservirod.com.co
Cra. 67 # 10 A - 08, Bogotá
www.aservirod.com.co

Documento CONFIDENCIAL - Uso exclusivo del destinatario



Aservirod de Colombia S.A.
Distribuidor Autorizado

ANEXO G

Ficha técnica soporte de pared SKF FYWK 40 YTH

SKF

FYWK 40 YTH

This bearing unit will be discontinued at the end of 2019, and new unit series F4BC is already available as its replacement.

Compliance with standard

ISO

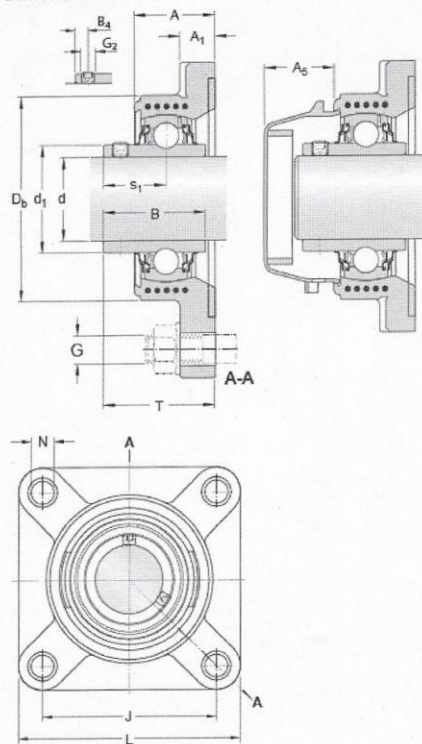
Material del soporte

Material compuesto para alimentos y bebidas

Sealing solution

Multiple seals

Dimensiones



d	40	mm
d ₁	≈ 51.8	mm
A	39	mm
A ₁	17	mm
A ₅	33	mm
B	49.2	mm
B ₄	10	mm
D _b	98	mm
J	101.5	mm
L	130	mm
N	14.8	mm
S ₁	30.2	mm
B	54.2	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	24.7	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	19	kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.8	kN
Velocidad límite		2800	r/min
(con tolerancia de eje h6)			

Masa

Unidad de rodamientos de masa	0.97	kg
-------------------------------	------	----

Información de montaje

Rosca del prisionero	G ₂	M8x1	
Tamaño de llave hexagonal para prisionero	N	4	mm
Par de apriete recomendado para el prisionero		6.5	N·m
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	12	mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.5	in

Productos correspondientes

Soporte	FYWK 508 Y
Rodamiento	YAR 208-2RF/HV

Associated products

End cover	ECW 208
-----------	---------

ANEXO H

Cotización soporte de pared SKF FYWK 40 YTH Cotización lubricante grado alimenticio SKF LGFP2

NIT: 800.178.801-1



Carrera 67 No. 10 A - 08
Bogotá D.C. PBX: 8051566
ventas@aservirod.com.co

Cliente:
Contacto:
Teléfono:

COTIZACIÓN No.
DR 0151

Con relación a su solicitud, presentamos la oferta de los elementos solicitados:
Vigencia de la cotización: 3 días

Item	Descripción	Referencia ó Código	Marca	Entrega	Cant	V.Unitario	TOTAL
1	CHUMACERA	FYWK 40 YTH	SKF	6 SEMANAS	1	564.500	564.500
1	GRASA	LGFP 2/1	SKF	INMEDIATA	1	143.700	143.700
						MAS IVA 19%	

Se entiende la Entrega, después de recibir su Orden de Compra; Salvo Venta Previa.

Consignar en la cuenta corriente No. 17121200239 de BANCOLOMBIA a nombre de: ASERVIROD DE COLOMBIA S.A.S.

ó a la Cuenta corriente No. 221010267 del BANCO DE OCCIDENTE

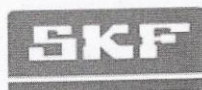
Elementos puestos en su Almacén ó Planta según sea su necesidad

Forma de Pago: de Contado.



David Leonardo Ramos
T: (571) 8051566 - 3187850921
ventas@aservirod.com.co
Cra. 67 # 10 A - 08, Bogotá
www.aservirod.com.co

Documento CONFIDENCIAL - Uso exclusivo del destinatario



Aservirod de Colombia S.A.
Distribuidor Autorizado