

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Plan de Mantenimiento Preventivo a la Fábrica Chocolates Best de
Guatemala S.A.

Trabajo de graduación presentado por

Roberto Stéfano Rossino Solórzano

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala

2018

**Plan de Mantenimiento Preventivo a la Fábrica Chocolates
Best de Guatemala S.A.**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Plan de Mantenimiento Preventivo a la Fábrica Chocolates Best de
Guatemala S.A.

Trabajo de graduación presentado por

Roberto Stéfano Rossino Solórzano

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica


Guatemala

2018

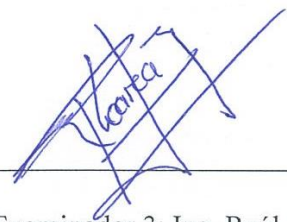
Visto Bueno:

f) 
Ing. Rony José Herrarte Estévez

Tribunal Examinador:

f) 
Examinador 1: Ing. Rony José Herrarte Estévez

f) 
Examinador 2: Ing. Víctor Hugo Ayerdi Bardales

f) 
Examinador 3: Ing. Raúl Loarca

Fecha de Aprobación: Guatemala, 18 de junio de 2018

PREFACIO

Agradecimiento y dedicatoria:

Primeramente, a Dios por permitirme culminar esta etapa de estudios en la Universidad del Valle de Guatemala. Él me guió por el camino correcto y nunca desamparó.

A mis padres, Rodolfo y Rosa Isabel, por su amor incondicional y proveer de todo el apoyo para alcanzar y culminar mis metas de vida.

A la empresa Chocolates Best de Guatemala, S.A., por permitirme realizar las prácticas profesionales, proveyéndome de todo el apoyo, información, y enseñanzas en mis primeros pasos del ejercicio profesional y la realización de este trabajo. Así mismo, a todo el equipo de Mantenimiento por su apoyo y enseñanza diaria. Específicamente Rony Gámez, José Hernández, Marvin Sic e Ing. Luis Soto. Conjuntamente, con el Ing. Mario Moscoso y técnicos, por su apoyo y enseñanza.

Al Ing. Carlos Moreno Plaza, gracias por su amistad y por darme la oportunidad de trabajar juntos en *pos* del desarrollo de la organización e implementación de las buenas prácticas en la ingeniería mecánica. Cada día aprendí cómo ser un profesional.

A la Universidad del Valle de Guatemala por permitirme llevar a cabo mi educación profesional en una casa de estudios de prestigio y proveerme de todas las oportunidades para ser un profesional.

ÍNDICE

	Página
PREFACIO	V
ÍNDICE	VI
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMEN.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
A. DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO	4
B. FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO.....	4
C. AUTORIDAD DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....	6
D. SEGURIDAD INDUSTRIAL EN MANTENIMIENTO	6
E. RESPONSABILIDAD DE SEGURIDAD.....	8
F. TIPOS DE MANTENIMIENTO	8
G. NORMA ISO 9001:2015	13
H. DESGASTE Y FALLAS EN COMPONENTES MECÁNICOS	14
I. LUBRICACIÓN	34
J. GESTIÓN DE ACTIVOS.....	37
V. ANTECEDENTES	41
VI. METODOLOGÍA	44
VII. RESULTADOS.....	66
VIII. CONCLUSIONES	72
IX. RECOMENDACIONES	73

X.	BIBLIOGRAFÍA	74
XI.	ANEXO A	76
XII.	ANEXO B: MANUAL DE ACTIVIDADES PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LÍNEA 3 DE GALLETAS BEST	88
XIII.	ANEXO C: GANTT DE PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	125
XIV.	GLOSARIO.....	133

LISTA DE CUADROS

	Página
CUADRO 1. CÓDIGO DE LIMPIEZA ISO 4406:1999.	36
CUADRO 2. LUBRICANTES EMPLEADOS EN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	37
CUADRO 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN DE LÍNEA NO. 3 DE GALLETA BEST.	60
CUADRO 4. COSTOS DE COMPONENTES EMPLEADOS EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	62
CUADRO 5. COSTOS DE LUBRICANTES EMPLEADOS EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	62
CUADRO 6. COSTO ANUAL DE HORAS HOMBRE REQUERIDAS POR EQUIPO CRÍTICO.	64
CUADRO 7. TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO DURANTE LOS MESES DE JUNIO DE 2017 HASTA ENERO DE 2018.	64
CUADRO 8. COMPONENTES PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	70
CUADRO 9. LUBRICANTES PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	70

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. DESGASTE NORMAL EN ENGRANAJES.....	14
FIGURA 2. DESGASTE ABRASIVO.	15
FIGURA 3. FLUJO PLÁSTICO.	15
FIGURA 4. ESCORIADO.	16
FIGURA 5. PICADO INICIAL.	17
FIGURA 6. PICADO DESTRUCTIVO.....	17
FIGURA 7. CORROSIÓN.	18
FIGURA 8. QUEMADO EN EL DIENTE DEL ENGRANAJE SE IDENTIFICA EN EL ADENDUM.	19
FIGURA 9. RUPTURA POR FATIGA.	19
FIGURA 10. RUPTURA POR DESGASTE PESADO.	20
FIGURA 11. RUPTURA POR SOBRECARGA.	20
FIGURA 12. AGRIETAMIENTO EN ENGRANAJE.	21
FIGURA 13. IMPRESIONES DE CUERPOS EXTRAÑOS EN SUPERFICIE DE RODADURA.	22
FIGURA 14. DAÑOS CAUSADOS POR FATIGA SUPERFICIAL, MICRO PICADO (MICROPITTING).....	22
FIGURA 15. DAÑOS CAUSADOS POR FATIGA SUPERFICIAL, PICADO AVANZADO O SEVERO EN ARO INTERIOR DE RODAMIENTO.	23
FIGURA 16. DAÑOS CAUSADOS POR FATIGA SUPERFICIAL, PICADO AVANZADO O SEVERO EN BOLAS DE RODAMIENTO.	23
FIGURA 17. CRÁTERES EN SUPERFICIE DE RODADURA.	24
FIGURA 18. ESTRÍAS POR PASO DE CORRIENTE ELÉCTRICA EN ARO EXTERIOR DE RODAMIENTO.	24
FIGURA 19. DAÑOS POR DESLIZAMIENTO EN RODILLOS.....	25
FIGURA 20. IMPRESIONES PRODUCIDAS POR CUERPOS RODANTES. ESTRÍAS LONGITUDINALES.	25
FIGURA 21. GRIPADO EN SUPERFICIE DE RODADURA DE ARO EXTERIOR DE RODAMIENTO.	26
FIGURA 22. DAÑOS POR DESGASTE EN CAMINO DE RODADURA.	26

FIGURA 23. DAÑOS POR CORROSIÓN EN ARO EXTERIOR DE RODAMIENTO DE BOLAS.	27
FIGURA 24. DAÑOS POR CALENTAMIENTO.....	28
FIGURA 24. ROTURAS DE ARO EXTERIOR DE RODAMIENTO.	28
FIGURA 25. OXIDACIÓN DE CONTACTO, FALSO BRINELLING EN ARO INTERIOR EN RODAMIENTO DE BOLAS.....	29
FIGURA 26. DIAGRAMA DE IDENTIFICACIÓN DE FALSO BRINELLING EN RODAMIENTO.	29
FIGURA 27. VERDADERO BRINELLING EN EL ARO INTERIOR DEL RODAMIENTO.	30
FIGURA 28. DIAGRAMA DE IDENTIFICACIÓN DE VERDADERO BRINELLING EN RODAMIENTO.	30
FIGURA 29. COSTADOS DESGASTADOS EN BANDA EN V.....	31
FIGURA 30. AGRIETAMIENTO EN BANDA.....	31
FIGURA 31. QUEMADURA EN LOS COSTADO Y PARTE INFERIOR.....	32
FIGURA 32. SEPARACIÓN DE LOS COMPUESTOS.....	32
FIGURA 33. SEPARACIÓN DE BANDA.....	33
FIGURA 34. GRÁFICA DE LOS COSTOS EN RELACIÓN CON EL CICLO DE VIDA DEL ACTIVO.....	38
FIGURA 35. GRÁFICA DE FALLOS DURANTE CICLO DE VIDA DE ACTIVOS, CURVA DE LA BAÑERA.....	39
FIGURA 36. DIAGRAMA DE ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	42
FIGURA 37. PLANO DE LÍNEA 3 DE PRODUCCIÓN DE GALLETAS BEST.....	45
FIGURA 38. FORMATO DE RECABACIÓN DE INFORMACIÓN PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	50
FIGURA 39. MUESTRA DE FORMATO DE RECABACIÓN DE INFORMACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	52
FIGURA 40. FORMATO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PROCEDIMIENTO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	53
FIGURA 41. FORMATO PARA ORDEN DE TRABAJO EMPLEADA EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	55
FIGURA 42. FORMATO DE CONTROL DE FALLAS DE EQUIPO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	57

RESUMEN

Este proyecto consiste en la creación de un plan de mantenimiento preventivo para la fábrica Chocolates Best. Este plan de mantenimiento contempla los equipos críticos de la línea no. 3 de galleta Best que posee la fábrica dentro del proceso de producción de sus productos. Estos equipos comprenden maquinaria como horno, compresores, calderas, equipo de refrigeración, bombas entre otros.

Para llevar a cabo el proyecto, se recabó información de los equipos para realizar un inventario, analizar los procedimientos más frecuentes para el mantenimiento de los equipos, describir el proceso de mantenimiento paso a paso, definir el tiempo requerido por el técnico para llevar a cabo la actividad de mantenimiento, especificar las herramientas necesarias, definir los repuestos que se deben revisar, cambiar o reparar en cada mantenimiento para asegurar que estos encuentren disponibles.

Por último, se analizó financieramente si el proyecto efectivamente mejora la eficiencia en el uso de recursos humanos y componentes en bodega. Se analizó el tiempo de pérdida por acciones de mantenimiento correctivas antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo a los equipos que era de 6%. Luego se comparó con el tiempo que tarda un operador en realizar el mismo mantenimiento al disponer de una guía para el procedimiento y los repuestos disponibles. Se obtuvo un 3.5% de tiempo muerto por mantenimiento con el plan de mantenimiento preventivo, significando en una reducción de 2.5% en el tiempo muerto por mantenimiento y un aumento posible de producción de 38% al operar a una velocidad de producción de 35 obleas por minuto en comparación con 27 obleas por minuto previa al mantenimiento preventivo.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas están en constante búsqueda de mejorar sus procesos productivos para aumentar el beneficio económico y minimizar los gastos. Muchas de estas empresas en el sector industrial poseen equipo y maquinaria para el proceso de producción. Estas máquinas y equipos requieren de mantenimiento para asegurar la producción requerida de estos y posean una amplia vida útil de operación.

Durante la realización de las prácticas profesionales en la empresa Chocolates Best de Guatemala, S.A, el Gerente de Ingeniería Carlos Moreno me mencionó la necesidad de innovar en el departamento de mantenimiento. Anteriormente, se llevaba a cabo el mantenimiento de los equipos y maquinaria de la empresa por medio del mantenimiento correctivo y de falla. Esta forma de llevar a cabo el mantenimiento es considerada ineficiente económicamente para la empresa y deteriora la vida útil que los equipos de producción puedan llegar a alcanzar. Entonces, el Ing. Moreno me planteó la iniciativa de proponer un plan de actividades de mantenimiento preventivo a la línea 3 de producción de galleta Best. La línea 3 de galleta Best fue la adquisición más reciente por la empresa en la producción de su producto insignia y a la cual deben ir dirigidos los esfuerzos para asegurar un ciclo de vida del activo que retorne la inversión y sea de beneficio económico.

Este trabajo fue llevado a cabo por medio de investigación de información en el campo del mantenimiento con enfoque hacia la rama del mantenimiento preventivo y la manera más eficiente de llevarlo a cabo. Se llevó a cabo la determinación de los equipos críticos, a los cuales se dirigirían los recursos y planeación. Estos equipos son aquellos que el proceso de producción no puede continuar sin estos puedan operar dentro de sus capacidades. Entre estos equipos críticos están el horno wafer, arco de enfriamiento, encremadora, torre de enfriamiento, cortadora, enrober (achocolatador) y túnel de enfriamiento.

Luego, se subdividieron cada uno de estos equipos críticos en sistemas y subsistemas según se considerara necesario. A cada uno de estos sistemas se redactaron las actividades de mantenimiento que deben llevarse a cabo teniendo en consideración el procedimiento detallado de esta actividad, las medidas de seguridad que el técnico mecánico debe presentar previo a la actividad de mantenimiento, el tiempo que requiere llevar a cabo esta actividad, a frecuencia con la que debe planificarse, las herramientas requeridas para ejecutar estas actividades y los componentes y/o repuestos necesarios.

Por último, se analizó el beneficio que la implementación del plan de mantenimiento preventivo pueda representar a la empresa. Para esto, se determinaron los costos de componentes, repuestos, lubricantes y mano de obra que requiere este plan de mantenimiento para ser aplicado y poder destinar los recursos financieros hacia el plan de mantenimiento preventivo.

II. OBJETIVOS

- Generales:
 - Diseñar un plan de mantenimiento preventivo que mejore la eficiencia de producción anual para la línea de galleta en la empresa Chocolates Best de Guatemala S.A.

- Específicos:
 - Realizar un inventario de los equipos de la línea de producción que posee la fábrica (horno, compresores, calderas, equipo de refrigeración, bombas, entre otros equipos) y catalogarlos en una hoja electrónica.
 - Confeccionar un plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la línea de producción de galleta Best.
 - Determinar el tiempo que requieren los procedimientos rutinarios de mantenimiento preventivo de los equipos.
 - Realizar un análisis de máximos y mínimos para determinar los componentes que deben estar disponibles en bodega para realizar el mantenimiento preventivo en el tiempo adecuado.
 - Realizar un análisis financiero en el cual se estime el beneficio en la aplicación de la herramienta del plan de mantenimiento preventivo.

III. JUSTIFICACIÓN

Chocolates Best se encuentra comprometido a la mejora de sus procesos de producción y mantenimiento. Para incrementar su eficiencia, se planean llevar a cabo proyectos de mejora continua. Se ha hecho énfasis en el costo y tiempo invertido para las actividades productivas en la fábrica y se planea llegar a soluciones prácticas y asequibles para los problemas con los que se enfrentan diariamente. La realización de un plan de mantenimiento preventivo proveería a la fábrica Chocolates Best de una herramienta en la cual se avanzaría hacia un proceso de mantenimiento más eficiente. Esta herramienta sería implementada ahora y en los procesos de mantenimiento futuros.

En una línea de producción, se hace hincapié en que el proceso no puede detenerse. La detención en producción es equivalente a pérdidas de miles de dólares y la reiniciación de operación de los equipos detenidos puede llevar más tiempo hasta que la línea vuelva a estar en completa capacidad productiva. Por esta razón, los equipos de la línea de producción deben estar siendo monitoreados por medio de inspecciones y mantenimientos de rutina según las horas de operación. Así mismo, los mantenimientos rutinarios requieren de tiempo en llevarse a cabo. La previa planeación de las tareas de mantenimiento permitirá tener disponibles los repuestos en bodega para realizar la intervención y reactivar el equipo a operación en un tiempo óptimo.

Actualmente, no está organizado el mantenimiento preventivo, se carecen de lineamientos y guías para realizar los mismos. Por esta razón, se presenta la oportunidad de contribuir a la mejora de eficiencia en producción de la fábrica de Chocolates Best de Guatemala, S.A. La realización de una herramienta como un plan de mantenimiento preventivo será vital para la mejora en eficiencia, costos y recursos empelados en la línea de producción. Se reduciría el tiempo en que el equipo está fuera de operación y se mejoraría la confiabilidad de que el equipo no falle dentro del rango de horas determinadas de servicio.

Las prácticas correctivas y de falla son consideradas ineficientes. Las empresas de producción modernas han migrado hacia un modelo de planeación de mantenimiento en el cual se contempla el mantenimiento preventivo y predictivo. La planeación de mantenimiento busca fomentar la organización de las actividades anticipándose a ellas, para el aumento eficiente del tiempo invertido por los gerentes, supervisores y técnicos mecánicos. Actualmente, se busca llevar las buenas prácticas de mantenimiento a un nivel moderno el cual se busque la planificación, el control de actividades, la minimización de costos de actividades de mantenimiento, así como la maximización de producción de la planta. (Moreno, 2017)

IV. MARCO TEÓRICO

A. Definición del mantenimiento

El mantenimiento se define como: «...un conjunto de actividades preventivas y correctivas, desarrolladas con el fin de asegurar que cualquier activo continúe desempeñando las funciones deseadas o de diseño.» (DELTA, 2018)

Según la fuerza marítima de los Estados Unidos, el mantenimiento es «la ejecución de todas las actividades inherentes de mantenimiento que contribuyen al funcionamiento continuo de los sistemas productivos, de los equipos de proceso, dentro de las características originales de diseño, conservándolos en un estado óptimo corporal para la utilización más racional, mediante un uso efectivo y eficiente del presupuesto y del personal de ingeniería de conservación.» (Mora, 1999)

Las cuatro actividades básicas del mantenimiento son:

1. Limpieza
2. Inspección
3. Lubricación
4. Ajuste

B. Funciones del mantenimiento

1. Funciones primarias del mantenimiento

a. Mantenimiento del equipo y maquinaria existente en planta. Esta actividad representa la razón física por la que se aplica el mantenimiento. La responsabilidad del mantenimiento es realizar las reparaciones necesarias de la maquinaria de producción de manera rápida y económicamente efectiva, así mismo, anticipar reparaciones por medio de actividades de mantenimiento preventivo. Para alcanzar esto, se debe conjugar un equipo de personal capacitado capaz de llevar a cabo las actividades. Este personal debe estar siendo constantemente capacitado, motivado y retenido para mantener el conocimiento de las actividades de mantenimiento dentro de la planta.

b. Mantenimiento de edificio de planta y alrededores. La reparación de edificios y de la propiedad externa a la planta como caminos, carreteras, vías de tren, sistema de drenaje y abastecimiento de agua a las facilidades son las tareas asignada generalmente al departamento de mantenimiento. Reparaciones y alternaciones menores al edificio de la planta como cuidado de

techos, pintura, reemplazo de vidrio, servicio eléctrico y sistemas de tuberías son actividades regularmente llevadas a cabo por personal de mantenimiento.

c. Inspección de equipos y lubricación. Tradicionalmente, toda inspección y lubricación son asignadas a la organización de mantenimiento. Mientras que las inspecciones que requieren herramientas especializadas o desensamblajes parciales del equipo deben ser llevadas a cabo por personal del equipo de mantenimiento, el uso de operadores capacitados y personal de producción en estas tareas es crítico para el uso eficiente del tiempo y de recursos de personal en la planta.

d. Alteraciones y nuevas instalaciones. Las plantas de producción pueden encontrarse realizando cambios constantes a sus instalaciones, colocación de equipos nuevos. Estos cambios son dados por una motivación a mejorar la operación, condiciones laborales del personal e incremento de capacidad de producción al adquirir nueva maquinaria. Estas operaciones pueden llevarse a cabo por medio del departamento de mantenimiento e ingeniería. Es importante que el grupo de mantenimiento este presente en la instalación de nuevos equipos y máquinas, ya sea esta instalación y puesta en marcha sea llevada a cabo por medio de técnicos provistos por el proveedor del equipo o por el mismo equipo de mantenimiento interno. Esto con la finalidad de la familiarización del equipo, identificación de sistemas y funcionamiento interno para el mantenimiento posterior durante la vida de operación del equipo. (Higgins, 2007)

2. Funciones secundarias del mantenimiento

a. Almacenamiento de bodega. Generalmente, las plantas manejan un sitio de almacenamiento de equipo mecánico y de repuestos el cual es administrado y supervisado por el grupo de mantenimiento. La mayor cantidad de capital invertido en el mantenimiento se encuentra en la bodega de repuestos. El balance y manejo de los activos representan una gran porción en el nivel de desempeño del departamento de mantenimiento.

b. Manejo de desechos. En plantas de producción, la organización enfocada a mantenimiento tiene como tarea el manejo de las operaciones que conllevan el manejo, traslado y eliminación de desechos producidos dentro de la planta.

c. Salvamento de materiales. En plantas de producción, regularmente poseen un sitio destinado al almacenaje de equipo mecánico, chatarra, contenedores, materiales de construcción y otros. El manejo y organización de estos materiales es monitoreado por el departamento de mantenimiento. Mucho del material es almacenado para la reutilización de partes y componentes en proyectos, actividades de mantenimiento o mejoras a equipos. Los materiales también son almacenados por su valor en el mercado como lo pueden ser partes o componentes de acero inoxidable, cobre, bronce entre otros. (Higgins, 2007)

C. Autoridad del departamento de mantenimiento

La autoridad del departamento de mantenimiento para dictaminar la detención de producción de un equipo por necesidad de mantenimiento es un tema controversial, el cual ha contribuido con la fricción que puede llegar a presentarse entre los departamentos de mantenimiento y producción. El departamento de mantenimiento debe poseer autoridad reconocida por parte de los departamentos para poder llevar a cabo las actividades que deben realizarse a un equipo. Sin embargo, en muchas de las empresas de producción, el departamento que tiene la última decisión para detener el proceso es el departamento de producción. Preferiblemente, ambos departamentos, de mantenimiento y producción, deben llegar a un acuerdo mutuo para la decisión de detener un equipo para una intervención necesaria.

Para llegar a un acuerdo, ambos departamentos deben estar en constante comunicación acerca de sus operaciones, planes y metas que deben alcanzar para la organización a la que pertenecen; recordando que no son entidades individuales si no que forman parte de un equipo que debe encontrar la manera de llevar a cabo sus actividades de la manera más eficiente posible en pos de la producción y generación de ingresos. Luego, deben establecer una metodología en la cual se facilite la trasmisión y flujo de información entre departamentos. Cuando se alcance esto, ambos departamentos pueden planear un manejo de tiempo de operación según se necesite en la línea de producción.

D. Seguridad industrial en mantenimiento

Dentro de las actividades comunes de mantenimiento, todos los ingenieros, técnicos y colaboradores están expuestos a riesgos. Algunas de las patologías o daños que pueden presentarse en actividades de mantenimiento son:

1. **Trastornos musculoesqueléticos.** Estos se presentan al realizar tareas que demandan la adopción de posturas que fuerzan estos elementos corporales. Así mismo, se encuentra expuestos a caídas y golpes por elementos externos como herramientas o equipos.
2. **Problemas respiratorios.** Se presentan cuando se expone al colaborador a ambientes con una concentración de partículas mayor a su concentración normal por falta de ventilación. Los problemas respiratorios son comunes en actividades de mantenimientos en edificios viejos y otros ambientes industriales con deficiente ventilación y partículas suspendidas.
3. **Enfermedades dermatológicas y respiratorias.** Se presentan por exposición y/o contacto directo a sustancias peligrosas como aceites, disolventes, corrosivos y polvos.
4. **Asfixia.** Se presenta cuando se realizan las actividades de mantenimiento en sitios confinados, acumulándose gases como CO, CO₂, entre otros.
5. **Enfermedades derivadas a exposición de agentes biológicos.** Los colaboradores, operadores u otros individuos involucrados en actividades de la planta pueden ser portadores de enfermedades o infecciones. Al consultar con el Dr. Rodolfo Rossino, entre estas pueden presentarse VIH,

Hepatitis C, Tétanos, Septicemia (infección generalizada de la sangre) o infectarse la herida con *Estafilococo Aureus* o *Epidermidis*. Es recomendado hacer de conocimiento del supervisor de área si se presenta un corte o lesión que contamine de sangre (u otros fluidos corporales) elementos y componentes del equipo. Estos deben ser limpiados y desinfectados (*asepsia* y *antisepsia*) cuidadosamente antes de reiniciar operaciones de la máquina.

Reglas básicas del mantenimiento seguro:

1. **Planificación del mantenimiento.** Juntamente con la programación del plan de mantenimiento a los equipos, los gerentes y supervisores deben efectuar una evaluación de los posibles riesgos que pueden presentarse en la realización de la actividad de mantenimiento. Es necesario definir tanto el alcance de la actividad a realizarse como los riesgos hacia los colaboradores, identificando riesgos que puedan presentarse como contacto con electricidad, exposición a sustancias nocivas, espacios confinados, piezas móviles, caídas de la máquina, desplazamiento de componentes pesados o piezas de difícil acceso y especificar el equipo de seguridad individual que debe poseer el colaborador según los riesgos determinados. Esta información debe ser transmitida hacia los colaboradores exhortando su aplicación en el campo.

2. **Trabajar en un entorno saludable.** Los gerentes y supervisores deben desarrollar un sistema de procedimientos en los cuales se minimice el riesgo de los colaboradores en sus actividades de mantenimiento. Por ejemplo: interrumpir el suministro eléctrico hacia la máquina, colocar cartel de seguridad de “Equipo en Mantenimiento” o “Equipo Fuera de Servicio” para impedir que la máquina sea puesta en marcha accidentalmente.

3. **Utilización de equipo y herramientas adecuadas.** Los colaboradores deben ser dotados de las herramientas y equipos apropiados según la actividad de mantenimiento planificada. Dentro de este equipo se encuentran los Equipos de Protección Individual (EPI) que deben ser proporcionados. La indumentaria adecuada mínima para llevar a cabo estas tareas es:

- a. Camisa de uniforme manga corta.
- b. Pantalón de lona con largo hasta los tobillos, sin agujeros, rupturas o desgarros.
- c. Zapato industrial tipo bota con punta de acero, con suela antideslizante.

4. **Cumplimiento del mantenimiento conforme al plan establecido.** El plan de mantenimiento debe cumplirse dentro del marco de tiempo establecido. Se puede incurrir en actos inseguros en el mantenimiento cuando se empelan atajos e improvisaciones dentro del procedimiento por la presión del tiempo limitado. Estas prácticas inseguras incurren en fallas en los equipos, accidentes o lesiones a los colaboradores. De encontrarse con problemas inesperados, avocarse con el supervisor inmediato más cercano para informar del mejor curso de acción a tomar.

5. **Revisión del trabajo.** Esta etapa garantiza que se cumplió la actividad panificada. Se debe asegurar que todos los componentes y equipos sean regresados a un estado seguro de operación y limpiado la zona de trabajo de residuos. Luego, se procede a retirar las seguridades del equipo como bloqueos, carteles de seguridad y se energiza de nuevo la máquina para la operación. El colaborador debe informar de su

actividad por medio de un reporte identificando dificultades encontrada y recomendaciones para ser tomadas en cuenta en los siguientes procesos de mantenimiento. (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2010)

E. Responsabilidad de seguridad

La seguridad debe ser altamente estimada para todo proceso dentro de la planta de producción y en las operaciones. El departamento de mantenimiento desempeña un rol importante en la facilitación de prácticas de seguridad dentro de la planta para que esta sea un ambiente seguro para el desempeño de las labores diarias. Así como puede haber un grupo asignado a la gestión de la seguridad dentro de la planta, el departamento de mantenimiento es el responsable de mantener la seguridad de su propio personal, proveer seguridades mecánicas y mantener al equipo de producción en condiciones seguras de operación.

La seguridad del departamento de mantenimiento depende, en una gran proporción, de las prácticas de seguridad individuales de cada uno de los colaboradores. Para los integrantes del departamento de mantenimiento, se debe realizar una concientización para que todas las actividades regulares de mantenimiento sean llevadas a cabo de manera conscientemente segura. De esta manera, se preserva la seguridad del técnico y del operador del equipo.

Para esto, es necesario la motivación constante la cual debe ser transmitida por los superiores dentro del departamento de mantenimiento. La capacitación constante y repetitiva de las buenas prácticas de seguridad a los colaboradores debe ser mantenida. Así mismo, el monitoreo de las actividades que conllevan requisitos de seguridad debe ser satisfechos antes de llevar a cabo el procedimiento de mantenimiento.

«... cuando realiza trabajos de mantenimiento, su salud y seguridad, así como la de sus compañeros, dependen de la calidad de su trabajo.» (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2010)

F. Tipos de mantenimiento

1. **Mantenimiento de falla.** Es la actividad que conlleva el trabajo de reparaciones cuando estas se presenten en un equipo. Este es un enfoque primario al mantenimiento. Dependiendo la capacidad de producción de la empresa, se aplica esta rama del mantenimiento solamente a elementos como pueden ser equipos “no críticos” dentro de un proceso para la concentración de esfuerzos y recursos hacia equipos “críticos” los cuales son vitales para alcanzar la meta de producción. Este mantenimiento presenta mayor eficiencia económica que la planificación de un mantenimiento preventivo a este equipo. (Higgins, 2007)

2. **Mantenimiento correctivo.** Esta rama del mantenimiento incluye las mejoras o cambios menores al diseño de equipos y la sustitución de componentes con mejores capacidades o mejora en materiales de construcción para eliminar la probabilidad de falla en estos. La cualidad que distingue el mantenimiento correctivo al mantenimiento preventivo es que un problema debe existir previo a las acciones

correctivas. Las acciones preventivas están destinadas a la prevención de la ocurrencia del problema mismo. Las actividades correctivas enmiendan el problema existente.

El mantenimiento correctivo, a diferencia del mantenimiento de falla, se enfoca en actividades planeadas con una breve anticipación que mantienen a los equipos y sistemas críticos en condiciones de operación capaces de cumplir con las actividades productivas por las que fue diseñada. El mantenimiento correctivo se aplica luego de haber identificado la falla en el equipo durante la operación.

Este se considera un enfoque proactivo a la gestión del mantenimiento, la implementación de tareas de mantenimiento correctivas. Como objetivo fundamental de este enfoque es la eliminación de interrupciones en equipos, desviaciones de óptima condición de operación y reparaciones innecesarias para maximizar la efectividad de los sistemas de la planta.

El principal concepto del mantenimiento correctivo es que las reparaciones a los problemas identificados son llevadas a cabo solamente cuando son requeridos. Las reparaciones a los equipos y sistemas deben ser planeadas con anticipación, llevadas a cabo por personal capacitado y, finalmente, verificado antes de ser retornado a operación normal. (Higgins, 2007)

3. Mantenimiento preventivo. Este es el mantenimiento que minimiza la posibilidad de que un acontecimiento no anticipado interrumpa la producción y puedan presentarse fallas mayores que signifiquen daños a la capacidad de operación del equipo. Esta es la rama del mantenimiento que se enfoca en la eliminación o prevención de actividades correctivas y de falla a realizarse en los equipos de producción. El plan de mantenimiento preventivo empela la evaluación de equipos, máquinas y sistemas críticos para la identificación de potenciales problemas y su previa planificación para minimizar la degradación de la capacidad de operación del equipo.

«Consiste en realizar ciertas revisiones, reparaciones, o cambios de componentes o piezas, según intervalos de tiempo, o según determinados criterios, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de un ítem». (González, 2000)

En plantas, el mantenimiento preventivo puede ser limitado a periódicas tareas de lubricación, ajustes y otras tareas dependientes de tiempo de operación para aplicarse. La planeación del mantenimiento preventivo incluye parte de mantenimiento predictivo, tareas dependientes de tiempo de operación y actividades de mantenimiento correctivo para proveer del soporte a la línea de producción de la planta. (Higgins, 2007)

a. **Componentes de un mantenimiento preventivo eficiente.** Para incrementar la posibilidad de éxito y la efectividad de una planeación de mantenimiento preventivo, es necesario definir requerimientos que deben ser satisfechos. Estos requerimientos permiten la facilidad de planeación de las actividades que deben ser llevadas a cabo y, por ende, establecen procedimientos apropiados para aplicarse en los puntos de interés en la línea de producción. Luego, se definen equipos críticos y no críticos para priorizar esfuerzos, actividades y recursos para mantener el desempeño en la producción.

Al iniciar una planeación de mantenimiento preventivo, es necesario determinar los equipos que deben ser mantenidos y cuáles son los procedimientos adecuados para las actividades de mantenimiento. La planeación del mantenimiento preventivo y su documentación debe ser realizada empleando una fluida redacción y de manera pragmática. Es recomendado que el lenguaje utilizado en la redacción de actividades de mantenimiento sea claro y conciso. La descripción de tareas debe ser en forma de oraciones cortas para facilitar la retentiva inmediata al realizar la intervención paso por paso.

Puntos que se recomiendan deben estar incluidos en la planeación de actividades de mantenimiento preventivo son:

- 1) Todo procedimiento posee un título y código que lo definen.
- 2) Se establece el propósito del procedimiento.
- 3) Las herramientas y partes necesarias para la intervención son documentadas y enlistadas.
- 4) Los requisitos de seguridad necesarios están claramente definidos.

El procedimiento de mantenimiento puede ser impreso en un documento de fácil acceso para todos los colaboradores pertenecientes al equipo de mantenimiento. También puede ser impreso cada procedimiento por separado y el documento se provee al colaborador antes de comenzar la intervención para luego ser devuelto al asistente de actividades de mantenimiento. Este acceso a la información necesaria para ejecutar su trabajo provee de la eliminación de desperdicio de tiempo en movimientos ineficientes como el constante viaje a bodega por repuestos y/o herramientas.

En las actividades de mantenimiento preventivo planificadas y procedimentadas pueden presentarse acciones no planificadas que son requeridas para la reparación de defectos identificados durante la inspección y el mantenimiento preventivo del equipo. Para estas pueden emplearse dos filosofías de acción de mantenimiento. La primera filosofía, define que, al encontrar un defecto en un equipo o sistema, este debe ser reparado inmediatamente. Esta filosofía tiene en alta importancia el estado de operación de la máquina y permite que los daños al equipo o sistema sean mínimos; prolongando el ciclo de vida del activo. Sin embargo, se limita cuando el procedimiento es restringido en el tiempo. Este tiempo que se requiere para el procedimiento de reparación a la falla encontrada, además del procedimiento de mantenimiento preventivo planificado, pueden representar una pérdida en la producción que no puede ser tolerada para la meta organizacional. La segunda filosofía identifica el problema o falla en el equipo e informa la necesidad de la programación de un mantenimiento correctivo planificado. Para emplear ambas filosofías, se requiere determinar si la falla en el equipo representa una deficiencia en el desempeño que impida la producción. De ser así, se aplica la primera filosofía, de lo contrario, se recomienda planificar un futuro mantenimiento al equipo que elimine la falla.

Una práctica comúnmente aplicada en la gestión de actividades de mantenimiento preventivo se refiere a que toda reparación que pueda ser efectuada en 10 minutos o menos adicional a la actividad planificada, debe realizarse. De lo contrario, se debe solicitar otra orden de trabajo. Esta sugerencia recae en el criterio del

técnico mecánico. Este debe ser responsable de mantener su trabajo conforme a los límites de tiempo establecidos. (Higgins, 2007)

b. **Estimación de tiempo en actividades de mantenimiento preventivo.** Al finalizar las actividades de mantenimiento preventivo a un equipo, estas deben ser inspeccionadas por un encargado de sitio o supervisor. Debido a esto, se recomienda planificar el uso del tiempo que requieren estas tareas para ser cumplidas y el supervisor pueda determinar la calidad del trabajo realizado al equipo. Métodos que contribuyen a la planificación del tiempo de estas actividades son:

- 1) Recomendaciones del fabricante del equipo.
- 2) Estándares internacionales.
- 3) Estudios de tiempos de movimiento en planta.
- 4) Experiencia previa en comportamiento de equipos.

c. **Planeación.** La planeación representa la mayor ventaja que posee la implementación del mantenimiento preventivo debido a que se prevé las acciones para que el equipo no pierda su capacidad de desempeño y se debe recurrir a mantenimiento de falla que eleva los costos y pérdida de producción. La planeación anticipada permite asegurar que sean realizadas en el tiempo más oportuno para la mínima interrupción de producción, que las partes y materiales necesarios estén disponibles y la carga de trabajo sea uniforme para los colaboradores.

La identificación de prioridades de equipos son un paso que influye directamente en la aplicación del mantenimiento preventivo. Estas prioridades deben ser presentadas y discutidas en una reunión entre los gerentes de producción y mantenimiento. Para esto, se evalúa la criticidad que se le asigna a un equipo según su función dentro del proceso. Al asignar la criticidad del equipo, se determina la prioridad de este para el enfoque de la planeación del mantenimiento preventivo a realizarse durante el periodo de tiempo establecido. (Duffuaa, 2000)

d. **Actividades de mantenimiento preventivo de oportunidad.** Una herramienta importante en la aplicación del mantenimiento es llevar a cabo actividades de mantenimiento preventivo cuando el equipo inesperadamente se encuentra disponible o se presenta un paro de la planta. La disponibilidad del equipo puede ser causada por factores externos a las responsabilidades de mantenimiento. Algunas de estas causas que pueden presentarse son:

- 1) Paro programado de la línea de producción.
- 2) Disminución en demanda de producto.
- 3) Pruebas de desempeño en otros equipos de la línea de producción.
- 4) Falta de materia prima para el proceso.

El paro de operación de los equipos permite llevar cabo tareas de mantenimiento como limpieza, inspecciones, reparaciones, reemplazos y modificaciones; las cuales pueden cumplirse solamente cuando el equipo se coloca fuera de operación. El mantenimiento preventivo de oportunidad presenta la posibilidad de realizar actividades de mantenimiento que requieren una inversión larga de tiempo y mayor número de técnicos. (Duffuaa, 2000)

Dependiendo del origen del paro de operación del equipo o línea de producción, este tipo de mantenimiento puede presentar un alcance en su efectividad. Cuando el paro de los equipos se presenta por factores externos a las responsabilidades de mantenimiento, se posee la capacidad de decidir entre las actividades que mejor convengan para el mantenimiento del equipo. En este caso, es posible llevar a cabo las actividades de manera adelantada a la que se tenía planeada cuando la actividad está próxima según la calendarización del plan de mantenimiento. Esta práctica aumenta la efectividad del mantenimiento total de la planta cuando es empelada de una manera organizada. Sin embargo, se pueden encontrar limitaciones como la falta de repuestos por no haber planificado el curso de acción por la oportunidad de mantenimiento presentada.

4. Mantenimiento predictivo. «El mantenimiento predictivo basado en el conocimiento del estado de un ítem por medición periódica o continua de algún parámetro o variable significativa de su estado. La intervención de mantenimiento se condiciona a la detección precoz de los síntomas de la avería.» (González, 2000)

Este es el mantenimiento que emplea el uso de sensores, y monitores de componentes para determinar cambios significativos. Esta técnica posee una cualidad que resulta ventajosa como la es la minimización de la necesidad de desensamblaje para inspecciones de los elementos internos. Con mediciones y monitoreos periódicos es posible la identificación de condiciones que requieren corrección anticipándose así a una falla mayor en el futuro. El mantenimiento predictivo emplea equipo comercialmente disponible para realizar las mediciones. Algunos ejemplos de estos equipos son:

- a. Análisis de vibraciones.
- b. Análisis de aceites.
- c. Análisis de ultrasonido.
- d. Análisis de temperaturas (cámara termográfica, termómetro laser).
- e. Medición de corrosión.
- f. Ensayos no destructivos (líquidos penetrantes, partículas magnéticas). (González, 2000)

Con estos dispositivos, es posible la recabación de datos de condición y estos pueden ser archivados periódicamente en una hoja electrónica o base de datos. El constante monitoreo de las condiciones de operación del equipo puede llegar a traducirse en la seguridad de una máxima vida de servicio sin incrementar el riesgo de falla del mismo, así como la minimización de frecuencia de parada para actividades de mantenimiento planificado. (Higgins, 2007)

G. Norma ISO 9001:2015

Este es un estándar en el cual se especifican los requerimientos de calidad de un sistema de gestión de calidad. La implementación de esta norma contribuye al aumento de la eficiencia de las organizaciones y la satisfacción del cliente.

La norma ISO 9001 se fundamenta en el mejoramiento continuo de las operaciones. Esta norma fomenta que la organización defina los objetivos de calidad y necesidades del cliente las cuales mejoren sus procesos productivos para alcanzar estos objetivos. Al presentar al consumidor como una prioridad para la organización, satisfaciendo sus necesidades y mejorado su satisfacción con el producto, se adquieren nuevos clientes y un crecimiento en el mercado. (ISO, 2018)

Comprendiendo que la calidad del producto y la satisfacción del cliente depende del desempeño de los equipos e instalaciones, se recomienda seguir los lineamientos planteados para facilitar la redacción de requerimientos para el sistema de gestión de calidad.

1. **Identificación de equipos e infraestructuras.** La organización debe identificar todo equipo e infraestructura que influyan en la calidad del proceso de producción. Estos son:
 - a. Edificios, espacios de trabajo y servicios relacionados.
 - b. Equipos de procesos.
 - c. Equipos que permiten servicios de apoyo. (Ej: transporte, comunicación, sistemas informáticos)
2. **Definición de operaciones de mantenimiento.** La infraestructura y equipo identificados dentro del proceso requiere establecer las operaciones de mantenimiento a realizarse y la frecuencia de las mismas.
3. **Plan de mantenimiento.** Se debe idear un plan de mantenimiento, de preferencia anual, en el cual se describen las actividades y operaciones a realizarse juntamente con fecha del procedimiento. Esto permite el control de las operaciones y el cumplimiento de estas.
4. **Registro de operaciones ejecutadas.** Al llevarse a cabo el mantenimiento a equipos e infraestructura, se requiere un registro de las actividades por medio de documentos para constancia de estas. Se recomienda la organización de esta documentación que defina el tipo de mantenimiento como pueden ser correctivo, preventivos, de falla y otros.
5. **Revisión y actualización de los planes.** Luego de implementar el plan de mantenimiento, se requiere analizar el cumplimiento de este, el porcentaje de actividades de mantenimiento correctivas, preventivas, entre otros. Así mismo, el plan es sujeto a cambios que contribuyan a la mejora de efectividad para implementarse en próximos períodos. (Escuela Europea de Excelencia, 2018)

Para la certificación de la norma ISO 9001, la misma metodología debe ser implementada en los demás departamentos productivos de la empresa. De esta manera, puede llegarse a proveer de una ventaja competitiva en el mercado local e internacional.

H. Desgaste y fallas en componentes mecánicos

Dentro de las principales tareas del mantenimiento, la inspección se considera una de estas. Mediante la inspección apropiada, pueden determinarse problemas que causen reparaciones o cambios constantes por desgaste o fallas de componentes y se incurra en que estos no alcancen su ciclo de vida según fueron diseñados. Esto resulta en un aumento en los costos de mantenimiento debido a que se destinan recursos financieros y humanos para el cambio de estos componentes y el uso de horas hombre que pudieron ser asignadas en otras tareas o mejoras en la planta de producción.

Al conocer las causas que puedan identificarse en los componentes mecánicos, se logra llegar a la causa raíz del problema. De esta manera, se alcanza una solución para el problema que no es simplemente momentánea, si no que se elimina la causa misma del problema.

1. Desgaste y fallas en engranajes. Según la referencia *Maintenance Engineering Handbook* de Higgins, la mayoría de desgastes y fallas en engranajes pueden ser categorizados en dos clasificaciones. La clasificación A se refiere al deterioro superficial que puede presentarse en el engranaje y contempla subclasificaciones como el desgaste, flujo plástico, rayado, fatiga superficial y deterioro misceláneo de superficie del diente. La clasificación B se refiere a la ruptura del diente del engranaje y contempla subclasificaciones como ruptura por fatiga, desgaste pesado, sobrecarga y agrietamiento.

a. Clasificación A: Deterioro superficial

1) Desgaste. Se refiere al proceso en cual el elemento pierde material en consecuencia por el contacto con dientes de los engranajes. El desgaste normal es la pérdida lenta y progresiva de material al operar en contacto con otro engranaje. El desgaste normal no afecta el desempeño dentro de la vida de operación esperada.

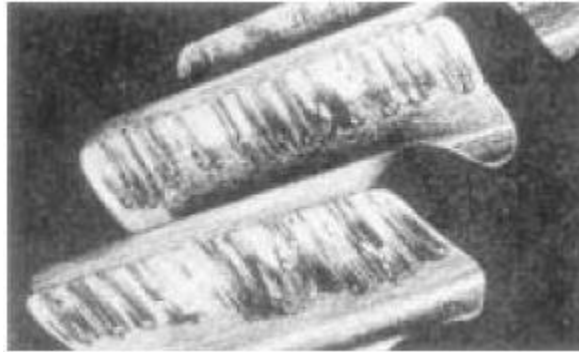
Figura 1. Desgaste normal en engranajes.



Fuente: Maintenance Engineering Handbook

Desgaste abrasivo sucede cuando partículas finas pasan a través de los dientes del engranaje. Las partículas presentes pueden ser suciedad, arena, impurezas del aceite lubricante o partículas metálicas desprendidas por los mismos engranes u otro componente mecánico dentro de la atmósfera de operación de los engranes.

Figura 2. Desgaste abrasivo.

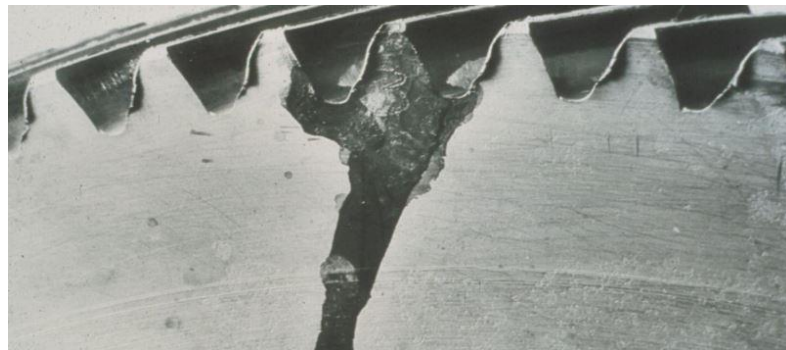


Fuente: Maintenance Engineering Handbook

Si es identificado el desgaste abrasivo en la inspección del sistema de engranajes, es necesario detener la operación del sistema, drenar el aceite lubricante dentro del contenedor. Limpiar el interior del contenedor, los engranajes y los conductos del aceite; prestando atención a la aparición de partículas extrañas dentro de estos. Luego, llenar de nuevo de lubricante el contenedor hasta el nivel recomendado por el fabricante.

2) Flujo plástico. Es el deterioro superficial del engranaje que se presentan como resultado cuando el material sobrepasa el límite elástico y cede; causando una deformación permanente en el diente del engranaje. Este desgaste sucede cuando las cargas externas son pesadas en comparación con las que el sistema fue diseñado para operar.

Figura 3. Flujo plástico.



Fuente: Sachs 2014

En la Figura 3 se visualiza la deformación del material en la superficie del diente generando rebaba, viruta o puntas extendidas hacia afuera del engranaje.

3) Desgaste adhesivo (escoriado). Se refiere a la rápida remoción de metal de la superficie del diente a consecuencia del desprendimiento de partículas en contacto soldadas por el contacto metal con metal. La causa de este desgaste generalmente se asigna a la ruptura o detención de la capa de aceite lubricante entre las superficies en contacto en áreas localizadas. Este desgaste puede ser iniciado en un segmento del diente para luego transmitirse al resto del sistema si no se llega a identificar y controlar. Este tipo de desgaste

superficial puede identificarse según la dirección en la que el diente es rayado. Las líneas de ralladura se visualizan en dirección del movimiento hacia afuera de la superficie en contacto del diente.

Figura 4. Escoriado.



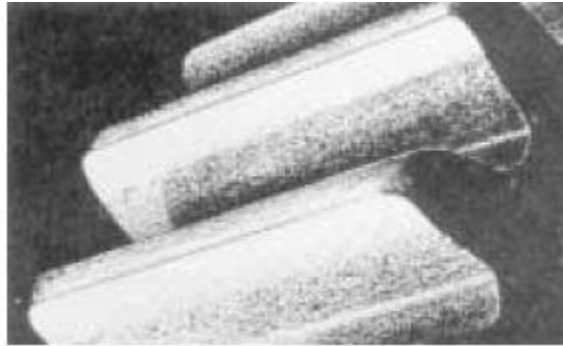
Fuente: Maintenance Engineering Handbook

Al identificar la causa del desgaste del diente como escoriado, se deben tomar acciones para el mantenimiento del sistema de engranajes. En muchos casos, podría emplearse un lubricante para alta presión al sistema. Si el problema persiste, se debe determinar el punto donde sucede el escoriado y pulirlo ligeramente, así como la implementación del lubricante para alta presión.

4) Fatiga superficial. Este desgaste sucede cuando el material del engranaje es sometido a repetido estrés superficial que sobrepasan la resistencia límite del material. Se presenta en forma de remoción de material y la aparición de cavidades.

Picado inicial. Es también conocido como “pitting” y es el desgaste superficial que sucede al comienzo de la operación y continua hasta que las áreas localizadas sean reducidas, obteniendo un área de contacto suficiente para la transmisión de carga a través de los engranes. Usualmente se puede encontrar localizado justo debajo de la línea de paso del diente, en el dedendum. Este tipo de desgaste no se considera serio debido a que puede ser corregido y no es progresivo.

Figura 5. Picado inicial.

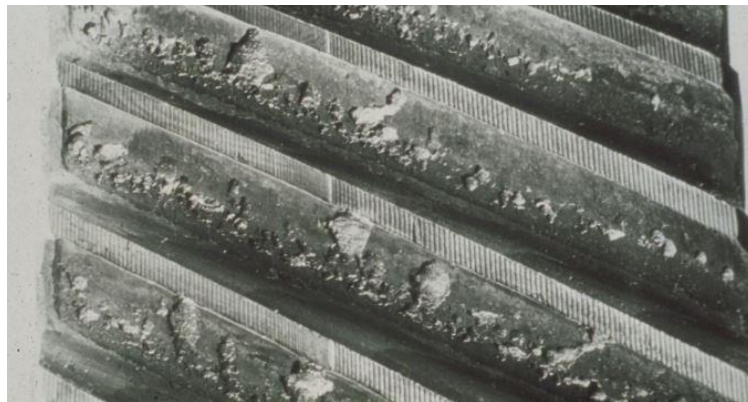


Fuente: Maintenance Engineering Handbook

Picado destructivo. Este tipo de pitting puede localizarse debajo de la línea de paso del engranaje. El avance del deterioro en el diente es progresivo, aumentando el tamaño de las cavidades hasta que la operación normal del sistema se dificulta. Este desgaste destruye la geometría del diente hasta que este no posee las características necesarias para la transmisión de potencia para la cual fue diseñado. Esto conlleva a una ruptura por fatiga del diente.

El picado destructivo también puede llegar al desprendimiento de partículas o trozos de material. Se identifica el desprendimiento por los bordes afilados del trozo desprendido o del sitio del diente donde se desprendió. Estas partículas o trozos son de un tamaño considerablemente mayor que las que afectan en el desgaste. La diferencia entre este desprendimiento de partículas con el desgaste es que este desprendimiento sucede inmediatamente y destruye la geometría del diente en ese instante; contrastando con la deformación geométrica del desgaste que afecta progresivamente en el tiempo.

Figura 6. Picado destructivo.



Fuente: Sachs 2014

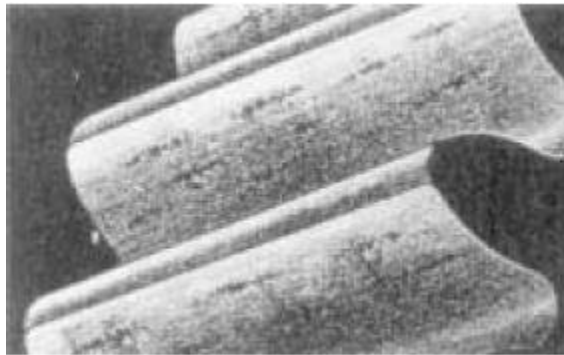
Para combatir este desgaste en los dientes, se deben tomar acciones de mantenimiento. Es recomendado utilizar aceite para altas presiones. Esto retarda el avance del pitting destructivo y desprendimiento de partículas en áreas localizadas en el engranaje. Si el problema persiste, se recomienda pulir los dientes del

engranaje para conseguir una superficie mayor para la transmisión de potencia, disminuyendo así los puntos de mayor estrés que causan el pitting destructivo.

5) Deterioro misceláneo de superficie del diente. En esta subclasificación de desgaste y daños en engranajes se considera que su causa es atribuida a la combinación de varios factores que dañan el elemento analizado.

El desgaste corrosivo en la superficie del diente del engranaje se debe a la acción química de elementos ácidos, humedad o contaminación en lubricante. Este deterioro puede ser causado por varios factores. Uno de estos puede ser cuando el lubricante es contaminado con un ácido, la superficie del diente puede comenzar a presentar picado. La oxidación es el resultado de la contaminación con agua en el ambiente de operación del sistema de engranajes. Las causas de la oxidación pueden atribuirse a humedad excesiva, condensación, errores de mantenimiento, entre otros. Para la determinación de corrosión u oxidación en el sistema, los mismos efectos pueden ser observados en toda la superficie de los engranajes además de los dientes del engranaje.

Figura 7. Corrosión.

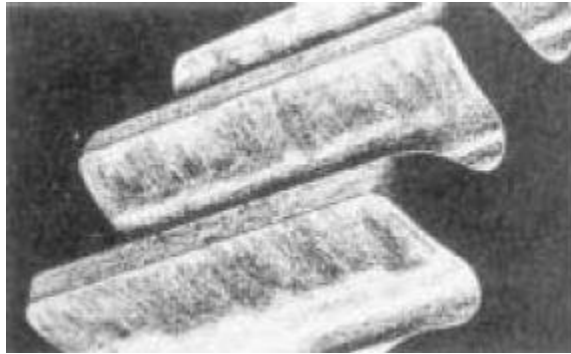


Fuente: Maintenance Engineering Handbook

Para la prevención de este proceso de desgaste corrosivo o de oxidación pueden efectuarse distintas tareas. Se recomienda drenar y enjuagar el sistema de engranajes para eliminar la fuente de contaminación del sistema. Luego, verter nuevo lubricante al sistema tendiendo en consideración la limpieza del procedimiento e impedir la introducción de partículas extrañas al mismo.

El quemado en los dientes de engranaje se presenta en la superficie de contacto de estos. Se considera como una fuente severa de desgaste y deterioro en el diente. El resultado del quemado es la pérdida de dureza superficial debida a la operación a temperaturas excesivamente altas en la operación del sistema. La temperatura elevada de operación puede ser atribuida a fuentes externas, fricción excesiva entre las superficies en contacto por sobrecarga, elevada velocidad de operación fuera de los rangos del fabricante o lubricación inadecuada y deficiente.

Figura 8. Quemado en el diente del engranaje se identifica en el adendum.



Fuente: Maintenance Engineering Handbook

El procedimiento de mantenimiento para mitigar este tipo de falla es revisar si el sistema se encuentra operando en un rango de velocidades superior al que fue diseñado. Si se comprueba que efectivamente el sistema opera a velocidades superiores a la del diseño, se puede mitigar esta falla por medio de la correcta selección del lubricante. Si este problema persiste, se recomienda la utilización de lubricante para altas presiones. (Higgins, 2007)

b. Clasificación B: Ruptura del diente. En esta clasificación, se describen las condiciones en las cuales los dientes del engranaje presentan ruptura por distintas causas. Estas fallas pueden identificarse por simple observación del colaborador o técnico. Sin embargo, cuando se presentan estas, las acciones de mantenimiento están fuera del alcance para prevenirlas y se recurre a un procedimiento de corrección o recambio del sistema de engranajes.

1) **Fatiga.** Es considerado el tipo de falla más común por ruptura del diente. Este es causado por el repetido esfuerzo flexionante que sobrepasa el límite de resistencia del material. Este puede ser atribuido a un diseño deficiente, sobrecarga, desalineamiento u otros factores que acrecientan el estrés en el diente como imperfecciones superficiales entre superficies de contacto. Esta falla comienza como una grieta en el dedendum que soporta la carga del diente. Progresivamente, esta grieta se ensancha y avanza hasta la ruptura del fragmento de diente en el engranaje.

Figura 9. Ruptura por fatiga.



Fuente: Maintenance Engineering Handbook

2) Desgaste pesado. En esta clasificación de falla del diente, se consideran la conjugación de distintos elementos que atacan la integridad del diente. Entre estos se encuentran el picado severo, desprendimiento de partículas o el desgaste abrasivo severo los cuales tienen la característica de remover la mayor cantidad de material de la superficie del diente. Esto reduce la capacidad del diente de resistir la carga aplicada y resulta en ruptura.

Figura 10. Ruptura por desgaste pesado.



Fuente: Elaboración propia 2017

En la Figura 10, se observó el engranaje desgastado severamente por desgaste pesado y deficiente inspección del sistema de tracción en una maquina empacadora. Este engranaje se determinó próximo a fracturarse y generar una pérdida de función al equipo.

3) Sobrecarga. Este método de ruptura puede considerarse común cuando la operación del sistema de engranajes de choque continuo. Esta ruptura puede presentarse cuando el sistema de engranajes no se encuentra alineados correctamente y los dientes que transmiten la potencia son sometidos a sobrecargas en un área menor que la cara total del diente. Así también puede presentarse esta ruptura cuando los ejes del sistema se encuentran curvados.

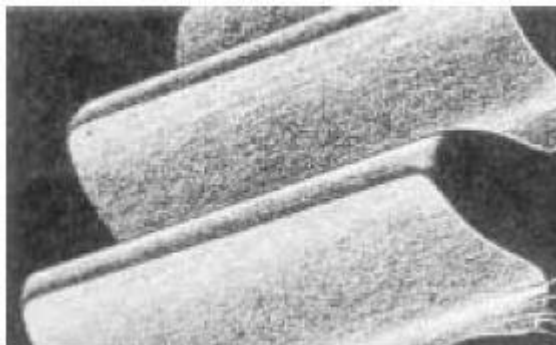
Figura 11. Ruptura por sobrecarga.



Fuente: Maintenance Engineering Handbook

4) Agrietamiento. Esta ruptura es causada por esfuerzos internos excesivos que se mantuvieron cuando el componente fue tratado térmicamente. Estos puntos donde fueron acumulados los esfuerzos internos son los cuales presentarán la mayor probabilidad de grietas causando puntos de falla. Regularmente se identifica el agrietamiento en la parte cóncava junto al dedendum del engranaje.

Figura 12. Agrietamiento en engranaje.



Fuente: Maintenance Engineering Handbook

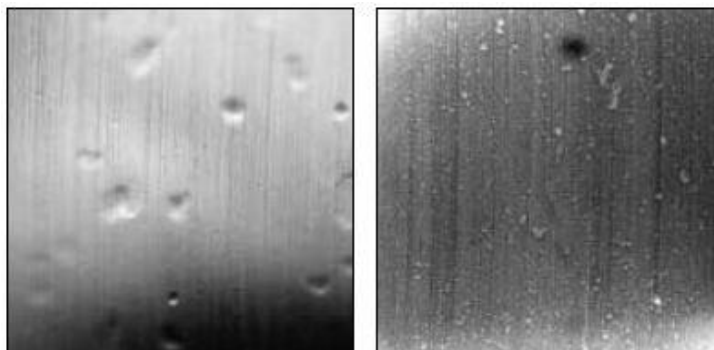
2. Desgaste y fallas en rodamientos. En actividades de mantenimiento, los rodamientos son una parte importante para la reducción de costos y aumento de la confiabilidad de los equipos. Los rodamientos deben estar protegidos de temperaturas extremas, humedad y otros contaminantes externos (partículas metálicas, arena, suciedad, entre otros). Se debe monitorear la condición de los rodamientos en operación de los equipos para asegurar la vida útil de estos. El conocimiento de los diferentes desgaste y fallas que pueden presentar los rodamientos permiten examinarlos y determinar las correcciones o mejoras al equipo o sistema para la prevención de futuros contratiempos en los equipos y la necesidad de acciones correctivas no planificadas.

En los Anexos 1 y 2 *Datos indicativos de daños en rodamientos y sus causas*, se muestra el cuadro según el daño o falla del rodamiento, se describen las zonas en las que el rodamiento demuestra el daño y las causas típicas de fallas en estos elementos. Entre las causas se encuentran el montaje, solicitaciones durante el servicio, influencias del entorno y la lubricación. Este cuadro fue extraído del documento *Averías de los rodamientos* (FAG Sales Europe GmbH, 2002).

Daños presentados en rodamientos

a. Impresiones de cuerpos extraños. Este tipo de daño se presenta cuando el rodamiento es contaminado en el interior por cuerpos extraños. A medida que la superficie del rodamiento es expuesta a las partículas extrañas, el material superficial de los componentes se fatiga. En consecuencia, se desprenden partículas que generan aún más contaminación y los daños se agravan. Este daño se visualiza cuando se imprimen las marcas de las partículas en el material y la deformación es permanente. Los rodamientos de bolas son más susceptibles a este daño, así como los rodamientos de tamaño pequeños.

Figura 13. Impresiones de cuerpos extraños en superficie de rodadura.

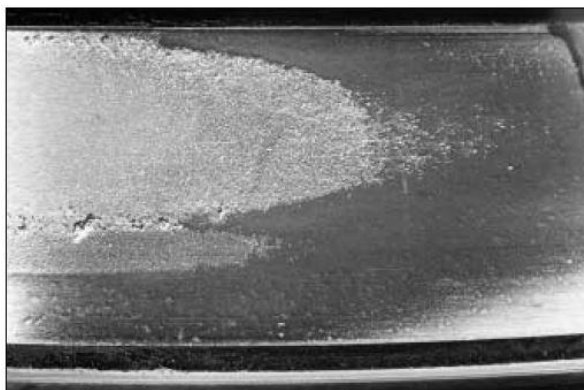


Fuente: FAG Sales Europe GmbH, 2002

Para cada caso, los factores que están involucrados en este tipo específico de daño son la dureza del material, el tamaño del rodamiento y la cantidad de partículas o cuerpos extraños. Este daño puede prevenirse por medio de acciones como limpieza y esmero en montaje, mejora de la obturación, utilizar rodamientos especializados con protección de partículas extrañas, nivel de limpieza del lubricante y la filtración en el lavado.

b. Daños causados por fatiga. Este daño superficial se define de la misma manera que el picado en los engranajes. Ambos desgastes son causados por fatiga del material y se presenta en elementos que tienen contacto de rodadura. Cuando la lubricación es deficiente, se generan roturas superficiales minúsculas. El micropitting se visualiza como manchas grises y se localizan en el camino de la rodadura.

Figura 14. Daños causados por fatiga superficial, micro picado (micropitting).



Fuente: FAG Sales Europe GmbH, 2002

En desgaste por fatiga superficial de micro picado se puede notar el inicio de los cráteres en los la jaula interior, exterior y las bolas.

Figura 15. Daños causados por fatiga superficial, picado avanzado o severo en aro interior de rodamiento.



Fuente: FAG Sales Europe GmbH, 2002

Figura 16. Daños causados por fatiga superficial, picado avanzado o severo en bolas de rodamiento.



Fuente: UpWind Solutions

El desgaste superficial avanzado se refiere al picado destructivo. En las partes del rodamiento afectadas se notan la unión de los cráteres formados inicialmente y los cráteres presentan una profundidad mayor.

Este daño puede prevenirse mediante una lubricación adecuada. La causa de la pobre lubricación puede atribuirse a la insuficiente aportación de lubricante, elevada temperatura de servicio, presencia de agua. Para corregir este problema se recomienda aumentar la cantidad de lubricante, lubricante con mayor viscosidad (con aditivos EP) y revisión de posibles puntos de entrada de agua.

c. Cráteres de fusión y estrías. Los cráteres de fusión se representan en las zonas de contacto de elementos rodantes en el camino de la rodadura. Estos poseen la característica que pueden verse similar a un cordón de soldadura debido a que los cráteres se forman consecutivamente. Este daño es causado por el paso de corriente a través del rodamiento.

Las estrías son marcas paralelas al eje, en el camino de rodadura del elemento. Estas marcas pueden ser de color marrón. Son causadas por paso de corriente alterno o continua.

Figura 17. Cráteres en superficie de rodadura.



Fuente: FAG Sales Europe GmbH, 2002

Se mitiga el daño de los cráteres al tener en consideración la conducción de corriente no pase a través de los rodamientos. Por esto, se deben tener tomas a tierra.

Figura 18. Estrías por paso de corriente eléctrica en aro exterior de rodamiento.



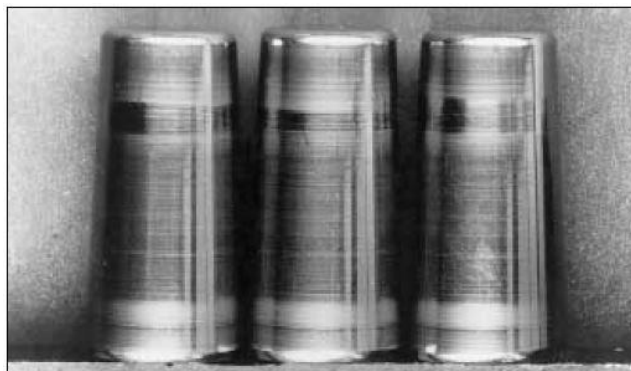
Fuente: FAG Sales Europe GmbH, 2002

Se reduce el riesgo de este daño al no permitir la circulación de corriente eléctrica a través de rodamiento. Cuando esta solución no sea posible, este daño puede prevenirse al utilizar cojinetes calificados por el fabricante para operación en un ambiente con interferencia y paso de corriente eléctrica. En marca SKF, los rodamientos pueden ser solicitados empelando el sufijo para la resistencia a ambientes de paso de corriente eléctrica en el código del rodamiento VA3091 (rodamientos para motores de tracción con la superficie externa del aro exterior recubierta con oxido de aluminio para una resistencia a la electricidad de hasta 1000V CC). Ejemplo: 6205-VA3091.

d. Daños por deslizamiento. Los daños por deslizamiento se presentan usualmente en los caminos de rodadura o en la superficie de los elementos rodantes. El fenómeno de deslizamiento en el rodamiento genera un desgaste en la superficie de contacto. La severidad de este daño varía según la intensidad del movimiento y carga al que es sometido y el nivel de limpieza en el lubricante empelado. Las causas a este daño son la

ruptura de la capa de lubricante entre componentes en contacto, contaminación de elementos extraños en el lubricante como polvo o agua.

Figura 19. Daños por deslizamiento en rodillos.



Fuente: FAG Sales Europe GmbH, 2002

Este daño puede prevenirse empujando una lubricación con mayor viscosidad que provea de una elevada capacidad de carga, reducción de intervalos de lubricación, filtrar lubricante previo a introducirse, montar el rodamiento con el correcto ajuste axial.

e. Impresiones producidas por los cuerpos rodantes, estrías longitudinales. Este daño se presenta cuando el material del camino de rodadura es desplazado por los elementos rodantes, dejando las marcas en forma de una serie a distancias similares por una parte de la circunferencia del camino de rodadura. Las estrías son paralelas al eje de rotación del rodamiento. Se presenta en rodamientos sometidos a cargas elevadas y que se encuentran ladeados en su posición causando una distribución de la carga en un área reducida del elemento rodante.

Figura 20. Impresiones producidas por cuerpos rodantes. Estrías longitudinales.



Fuente: FAG Sales Europe GmbH, 2002

Este daño puede prevenirse empujando herramientas y procedimientos adecuados para el montaje del rodamiento, asegurar la correcta alineación del elemento rodante.

f. Gripado. Este daño se presenta mediante la combinación de varios factores. En el gripado, el rodamiento puede ser causado repentinamente por sobrecalentamiento en los componentes y la dilatación térmica respectiva la cual rompe la película de lubricante entre los componentes y el rodamiento se atasca o existe movimiento relativo entre elemento rodante y superficie de la jaula. Las marcas de este se visualizan en las superficies de rodadura de la jaula interior y exterior del rodamiento.

Figura 21. Gripado en superficie de rodadura de aro exterior de rodamiento.



Fuente: FAG Sales Europe GmbH, 2002

Este daño puede prevenirse empleando ajustes adecuados en el rodamiento, aumentar las superficies de contacto axiales, asegurar fijación axial y mantener libre de lubricante las superficies de ajuste. Dependiendo de la necesidad de precisión en el movimiento de la aplicación del rodamiento, en la marca SKF pueden ser solicitados estos utilizando los sufijos C1, C2, C3, C4 y C5 que simbolizan el juego interno (de menor juego interno a mayor juego interno) del rodamiento entre sus componentes.

g. Daños por desgaste. Este daño repercute en las superficies de rodadura del elemento por causa de la exfoliación del material en puntos sobrecargados. Puede ser causado por el uso de lubricación contaminada por cuerpos extraños.

Figura 22. Daños por desgaste en camino de rodadura.



Fuente: FAG Sales Europe GmbH, 2002

Este daño puede prevenirse mediante el reemplazo del lubricante por tiempo de operación, filtrar e introducir el lubricante de la manera adecuada y empear elementos rodantes con cualidades especializadas a la resistencia al desgaste por medio de tratamientos térmicos.

h. Daños por corrosión. Este daño puede ser causado por la introducción de humedad al sistema. Se representa como una decoloración marrón en superficies de rodadura y exteriores. Se debe tener especial consideración en paradas de operación de tiempos prolongados, las cuales facilitan la introducción de humedad a puntos de contacto. La oxidación elimina capas de material las cuales, si nos son identificadas, se incurren en desgastes y picaduras en los elementos de rotación. La corrosión de los componentes también puede atribuirse al incorrecto almacenaje en bodega con humedades elevadas en el ambiente, cambios bruscos de temperatura ambiente que facilitan la condensación y lubricación inadecuada.

Figura 23. Daños por corrosión en aro exterior de rodamiento de bolas.



Fuente: FAG Sales Europe GmbH, 2002

Este daño puede prevenirse empeando un almacenamiento correcto de los elementos rodantes manteniéndolos en sus empaques de fabrica hasta el momento en que se requiera su instalación, emplear rodamientos con tapas impidiendo introducción de elementos y otros factores eternos hacia el interior, lubricación con aditivos que contribuyan al combate de la corrosión y si la lubricación es por medio de grasa, realizar el cambio frecuente y tempranamente al planificado. Cuando el rodamiento se requiere que su operación sea llevada a cabo en ambientes corrosivos, los rodamientos de la marca SKF pueden ser solicitados empeando el prefijo *W* que se refiere a rodamientos rígidos de bolas de acero inoxidable.

i. Daños por calentamiento. Se presenta este daño cuando el rodamiento es sometido a temperaturas que exceden sus límites de operación recomendados y los componentes internos presentan decoloración intensa. La elevación de la temperatura puede provocar un aumento en la fricción entre los elementos, la cual desgasta y daña los componentes del rodamiento. Las causas del sobre calentamiento son juego interno

insuficiente en rodamiento con elevadas velocidades de operación, lubricación inadecuada generando fricción, precarga radial por calentamiento exterior y lubricación excesiva que no permite disipación del calor.

Figura 24. Daños por calentamiento.



Fuente: FAG Sales Europe GmbH, 2002

Este daño puede prevenirse ampliando el juego interno en rodamientos de alta velocidad de rotación, calentamiento del rodamiento sea uniforme y los cambios de temperatura no sean bruscos y repentinos, evitar acumulación de lubricante y lubricación adecuada. Así mismo, en cojinetes de marca SKF, pueden ser solicitados los rodamientos con el sufijo VA201, VA208, VA216, VA228 los cuales son rodamientos para aplicaciones que operan a temperaturas elevadas.

j. Roturas. Los daños por roturas de los elementos rodantes son causados por fatiga muy avanzada del material. Estos daños pueden presentarse en los caminos de rodadura, aro exterior, aro interior.

Figura 24. Roturas de aro exterior de rodamiento.



Fuente: FAG Sales Europe GmbH

Este daño puede prevenirse mejorando la lubricación del elemento empujando aditivos si fuera necesario, mejor selección de rodamientos para la aplicación deseada, mejores condiciones de asiento del rodamiento y seleccionar un rodamiento con un tratamiento térmico especializado en los aros.

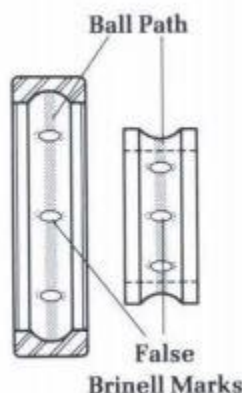
k. Daños debido a oxidación de contacto (falso Brinelling). Se presenta este daño como indentaciones en sentido axial que llegan a visualizarse de un color marrón por la corrosión. En rodamientos de bolas, este daño genera rugosidad en el camino de rodadura.

Figura 25. Oxidación de contacto, falso Brinelling en aro interior en rodamiento de bolas.



Fuente: FAG Sales Europe GmbH

Figura 26. Diagrama de identificación de falso Brinelling en rodamiento.



Fuente: Barden Precision Bearings, Bearing Failure: Causes and Cures

Este daño puede prevenirse mediante la eliminación o amortiguación de vibraciones externas de la máquina, evitar detenciones de operación prolongadas de la máquina y emplear un lubricante adecuado.

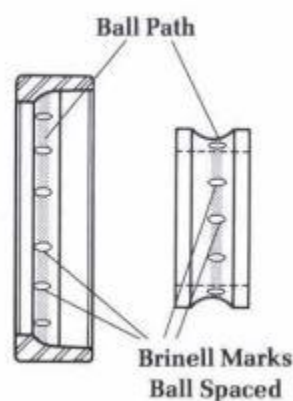
l. Verdadero Brinelling. Este daño ocurre cuando las cargas exceden el límite elástico del material del aro en el rodamiento. Se presenta indentaciones en la pista de rodadura espaciadas según el elemento rodante, generando vibraciones en el rodamiento cuando este opera.

Figura 27. Verdadero Brinelling en el aro interior del rodamiento.



Fuente: Barden Precision Bearings, Bearing Failure: Causes and Cures

Figura 28. Diagrama de identificación de verdadero Brinelling en rodamiento.



Fuente: Barden Precision Bearings, Bearing Failure: Causes and Cures

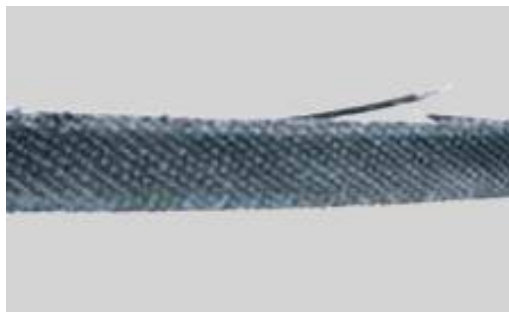
Este daño se mitiga cuando se maneja el rodamiento de manera correcta hasta que este llega a instalarse, incluyendo el almacenaje en bodega. La instalación debe ser de manera correcta, sin golpes al aro exterior para forzar el ajuste al eje. (FAG Sales Europe GmbH, 2002) & (SKF, 2018)

3. Desgaste y fallas en fajas en V

a. Costados desgastados. Cuando la banda presenta este desgaste en los costados, las causas probables son el resbalamiento constante, poleas desalineadas, poleas desgastadas o la selección de la banda incorrecta para las poleas.

La acción de mantenimiento para corregir este problema es tensar nuevamente la banda, el alineamiento entre las poleas o realizar el cambio de la banda y poleas según la severidad del daño.

Figura 29. Costados desgastados en banda en V.



Fuente: SKF 2014

b. Agrietamiento en banda. El resbalamiento de la banda genera calor por fricción lo que endurece el material y presenta grietas en la parte inferior de la banda. También puede darse por causa de un almacenamiento en bodega incorrecto. En almacenamiento en bodega, la banda no debe ser enrollada con excesiva fuerza, evitando cambios bruscos de temperatura y la directa exposición solar.

La acción de mantenimiento que debe realizarse es el cambio de la banda dañada y tensarla nuevamente, cerciorándose que esta no resbale. Así mismo, asegurarse del correcto almacenamiento en bodega de las bandas.

Figura 30. Agrietamiento en banda.



Fuente: SKF 2014

c. Quemadura en los costados y parte inferior. El daño se identifica cuando la banda posee puntos brillosos y con mayor dureza, vitrificado el material. Se presenta cuando la banda se desliza en la carga de arranque o se atasca y cuando la polea se desgasta.

La acción de mantenimiento es reemplazar la banda y tensarla nuevamente, asegurándose que no se deslice ni atasque en ningún punto de operación. Si el problema surgió por el estado de la polea, reemplazar la misma.

Figura 31. Quemadura en los costado y parte inferior.



Fuente: SKF 2014

d. Separación de los compuestos. Este problema se identifica cuando existe una separación entre el material del lomo y el cojín de caucho que confirman la banda. La causa de problema puede ser que la banda fue expuesta a líquidos como aceite, fluidos refrigerante u otros derivados del petróleo.

La acción de mantenimiento es sustituir la banda afectada, inspeccionando el área de operación para detectar fugas en un sistema de lubricación o similares.

Figura 32. Separación de los compuestos.

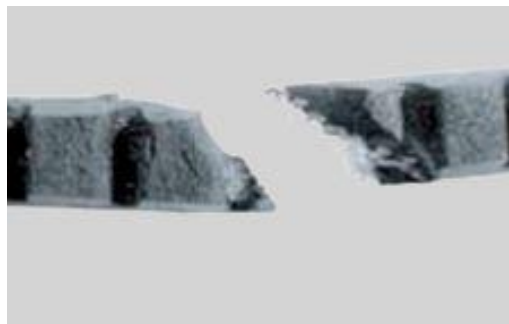


Fuente: SKF 2014

e. Rotura de banda. Este problema se presenta cuando existe un impacto de carga severo, tensión excesiva en montaje o existe presencia de cuerpos extraños en banda y poleas.

La acción de mantenimiento pertinente es la revisión de la casa de las cargas de impacto que generan el problema, limitarlas o diseñar un sistema que soporte la transmisión de la potencia requerida. También verificar la alineación del sistema banda y poleas, así como la inspección por cuerpos extraños entre estos.

Figura 33. Separación de banda.



Fuente: SKF 2014

f. Ruido. El ruido en la operación de las bandas puede presentarse por causa de factores como desalienación entre componentes, tensión inadecuada, contaminación de material en las poleas o desgaste en los componentes del sistema.

La acción de mantenimiento recomendada es la verificación de a tensión correcta de la banda, asegurándose que el estado de la misma sea el adecuado para la operación y el montaje sea efectuado mediante un procedimiento adecuado. (SKF, 2014)

4. Desgaste y fallas en cadenas. Lubricación en cadenas juega un papel muy importante en el mantenimiento de la eficiencia de operación y la maximización de la vida útil del componente. De modo similar como en componentes mecánicos como engranajes y rodamientos, las cadenas pueden presentar indicios de falla que deben inspeccionarse con una determinada regularidad en el plan de mantenimiento preventivo como el desgaste, la corrosión, picado, elongación de los eslabones, ruptura de la cadena entre otros. Las acciones de mantenimiento, previniendo las fallas y desgastes en cadenas, son una lubricación adecuada, una correcta instalación asegurándose que los elementos estén alienados, y el diseño adecuado del sistema que soporte la potencia y velocidades a las que se requiere sea empelada.

El cuadro de *Guía de Mantenimiento y Solución de Problemas* de Martin presentan los tipos de desgates y fallas con causa probable y acciones de mantenimiento se presenta en el Anexo 3 y Anexo 4.

- a. Diente roto en sprocket
- b. Desgaste asimétrico en el sprocket y rodillo
- c. Desgaste en un lado del diente del sprocket o en el interior de las placas del rodillo
- d. Desgaste en la punta del diente del sprocket
- e. Cadena trepa el sprocket
- f. Cadena se aferra al sprocket
- g. Ruido excesivo
- h. Desgaste en las barras y/o lados del diente del sprocket
- i. Vibración excesiva

- j. Uniones amarradas
- k. Cadena oxidada
- l. Pernos volteados
- m. Agujeros ensanchados
- n. Pernos y/o placas laterales rotos
- o. Partes faltantes/rotas, chavetas faltantes/rotas
- p. Rodillos rotos, fracturados o deformados
- q. Perno con rozaduras
- r. Superficies expuestas corroídas o picadas
- s. Placas de eslabones fracturadas
- t. Placas de eslabones fracturadas (fatiga)
- u. Orillas golpeadas en placas
- v. Contornos desgastados en placas de los eslabones

Entre los métodos de lubricación para cadenas están el baño de aceite, por goteo o forzada. La lubricación por baño de aceite es un método automático en el cual la cadena pasa por debajo del nivel de aceite de un recipiente contenedor y sale del mismo con una capa de lubricación adecuada. Se empela en velocidades bajas o moderadas. La lubricación por goteo empela un elemento que permite el goteo contante de lubricante hacia la cadena durante su operación. Se empela para velocidades bajas a moderadas dependiendo del tipo de cadena. La lubricación forzada es el método que dispone de un sistema de bomba y tuberías para la transmisión del líquido lubricante hacia los puntos necesarios de la cadena. Este método es empleado para velocidades altas o cuando la lubricación por baño o goteo no es eficiente en el proceso y el acceso es complicado. (Budynas, 2012)

I. Lubricación

La lubricación se define como: «Las sustancias interpuestas entre dos superficies con el fin de reducir la fricción o desgaste entre ellas.» La lubricación permite la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí, de tal manera que no se produzca daño en ellas. Esto para que el contacto entre superficies sea un deslizamiento, con un rozamiento lo mínimo posible. Las funciones principales de esta práctica son la reducción de la fricción, reducción de desgaste, prevención de la corrosión y oxidación, controlar la contaminación, disipación de calor o enfriamiento y el sello. (Linares, 2018)

La lubricación juega un papel de gran importancia en el mantenimiento de la maquinaria. La mayoría de equipo mecánico posee movimientos de rotación o deslizamiento entre superficies en contacto. La lubricación minimiza el desgaste y la pérdida de energía destinada para mover estas partes móviles. Muchas de las fallas que llegan a presentarse en los equipos, puede ser atribuida a lubricación inadecuada.

En los ambientes de operación de los equipos, es común que se encuentren partículas en el aire ambiental como polvos, restos de materiales del proceso y los componentes sean expuestos al aire, calor, agua o

químicos. La lubricación adecuada previene el fallo prematuro de los componentes y los costos de reparación, así como el peligro de detener el proceso de producción.

Así mismo, los costos del plan de mantenimiento pueden ser afectados positiva o negativamente según el lubricante empleado y la cantidad en la que se aplique al componente. Los lubricantes especializados pueden representar una elevada porción del presupuesto del mantenimiento preventivo. Sin embargo, cuando se toman las precauciones de almacenamiento, transporte en contenedores especializados y el cuidado en la aplicación en el componente, la lubricación representa una ventaja en la aplicación de tareas de mantenimiento preventivo. Así mismo, a largo plazo se pueden visualizar los resultados de la correcta implementación de la lubricación en actividades preventivas al poder extender la vida útil de los componentes y, por consiguiente, los equipos de la línea de producción. (Vargas, 2017)

1. Código ISO para la determinación de nivel de limpieza de lubricantes. Para la medición de limpieza de lubricantes, se emplea el código ISO 4406:1999. Este proporciona una manera rápida y sencilla de verificar los niveles de limpieza en una muestra de aceite lubricante. Este código emplea 3 números, los cuales significan la cantidad de partículas sobre 4 μm , 6 μm y 14 μm que están presentes por cada 100 ml de fluido de la muestra.

Cuadro 1. Código de limpieza ISO 4406:1999.

Number of particles per millilitre		Scale number
More than	Up to and including	
2 500 000		>28
1 300 000	2 500 000	28
640 000	1 300 000	27
320 000	640 000	26
160 000	320 000	25
80 000	160 000	24
40 000	80 000	23
20 000	40 000	22
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
1 300	2 500	18
640	1 300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9
1,3	2,5	8
0,64	1,3	7
0,32	0,64	6
0,16	0,32	5
0,08	0,16	4
0,04	0,08	3
0,02	0,04	2
0,01	0,02	1
0,00	0,01	0

Fuente: ISO 4406

Empelando este código de limpieza, se obtienen los siguientes resultados:

- a. Verificación del nivel de limpieza de lubricantes en servicio cumplan con los niveles de limpieza requeridos.
 - b. Comprobar limpieza de lubricantes nuevos.
 - c. Identificación de filtro defectuosos en el equipo.
 - d. Verificación de sellos y respiradores proveen de la protección de contaminantes requerida.
 - e. Verificación de limpieza de sistema recientemente limpiados luego de reparación, previo a regresar el equipo a la línea de producción.
 - f. Verificación del uso de equipo correcto como recipientes y practicas pobres de mantenimiento.
2. Procedimientos y recomendaciones para lubricación en mantenimiento preventivo
- a. Empelar equipo especializado y limpio para la recabación de la muestra de aceite lubricante. Los recipientes deben tener una etiqueta que los identifique.
 - b. Filtrar el lubricante antes de introducirlo al sistema, asegurándose que esté libre de contaminantes externos o partículas en del ambiente.
 - c. Empelar engrasadoras específicas para cada tipo de aceite que se emplee.

- d. Los contenedores deben ser almacenados en una bodega y no deben estar expuestos a los elementos como la lluvia, radiación solar y polvo de tierra.
- e. Rotar contenedores en bodega. No permitir que se almacenen por un tiempo prolongado. “El primero que entra es el primero que sale”.
- f. En almacenamiento, los contenedores deben estar siempre en posición horizontal.
- g. La bodega de almacenamiento debe estar techada.
- h. Mantener el orden de los recipientes en bodega. (Vargas, 2017)

3. Lubricantes empelados en plan de mantenimiento preventivo

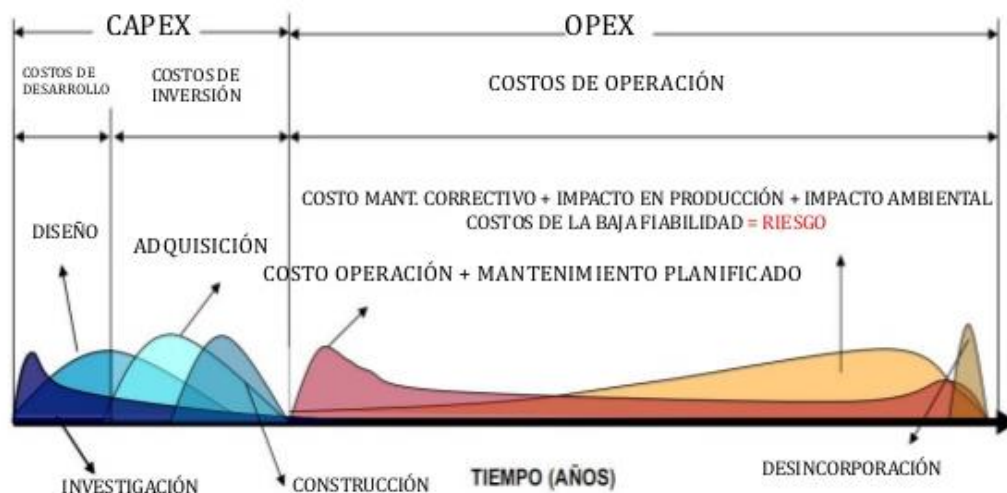
Cuadro 2. Lubricantes empleados en plan de mantenimiento preventivo.

Lubricante	Tipo	Aplicación
HAAS High Temperature Lubricant BB1B631121K	grasa	Altas temperaturas (hasta 270°C), larga vida, máquinas y equipos en procesamiento de alimentos.
Shell OMALA 460	aceite	Sistemas de engranajes (incluyendo operación pesada con los aditivos que contiene), cajas reductoras cerradas, rodamientos y lubricación por sistema de circulación o salpicadura.
CITGO Lube Air 32	aceite	Lubricante para aplicaciones en sistemas neumáticos.
Pure Guard SAE 90	aceite	Empleado en sistemas de engranajes, transmisiones, con propiedades antiespuma, antidesgaste, anticorrosión, mantiene propiedades a altas temperaturas.
SKF LGHP 2	grasa	Aplicación para ambientes con altas temperaturas. Uso general para componentes.
SKF LGFP 2	grasa	Grado alimenticio, aplicación en componentes de posible contacto con el producto.

J. Gestión de activos

Se define la gestión de activos como «las actividades y prácticas sistemáticas y coordinadas a través de las cuales una organización, de manera óptima y sustentable, administra sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgos y gastos asociados a lo largo de su ciclo de vida, con el propósito de alcanzar su plan estratégico organizacional.» (Puertas, 2017)

Figura 34. Gráfica de los costos en relación con el ciclo de vida del activo.



Fuente: Reliabilityweb, *Modelo integral para optimizar la confiabilidad en instalaciones petroleras*.

Para la administración en el ciclo de vida de los activos físicos se definen ciertos lineamientos que deben seguirse para asegurar que el activo en el que se invertirá sea adecuadamente seleccionado y pueda cumplir su propósito operativo dentro del proceso.

Primeramente, para la gestión de activos, se deben determinar aquellos activos a ser adquiridos o fabricados para servicio de la organización. Estos deben ser justificados por su importancia al proceso de producción y funcionamiento de la planta y se debe asegurar que el diseño del activo cumpla con las especificaciones requeridas y las restricciones que puede presentar los diferentes ambientes de la planta o del proceso mismo. Es imperativo que las especificaciones de desempeño correspondan con el plan general de la empresa para desarrollarse en ese período de tiempo, asegurándose que el equipo provea de las capacidades necesarias para alcanzar la meta planeada. Así mismo, las restricciones que pueden presentarse definen algunas de las características del activo a adquirirse o fabricarse. Estas pueden ser ocupación de espacio en planta, consumo de material, características externas para su operación como el clima, humedad ambiental entre otros.

Este proceso continúa al considerar la optimización y el mantenimiento que requiere el activo. Cuando se adquiere el activo previamente seleccionado, se deben considerar las actividades asociadas a este para optimizar la operación del mismo y asegurarse de recuperar la inversión realizada. Entre estas actividades se consideran la fabricación y construcción previa a la instalación para que el activo lleve a cabo las actividades requeridas en forma eficiente. En esta sección, se gestionan las actividades de mantenimiento a realizarse durante el ciclo de vida del activo. Se determinan las actividades y las frecuencias a realizarse, teniendo en cuenta los repuestos necesarios.

Al haber sido puesto en marcha el activo, se debe controlar el rendimiento y el desempeño del mismo. Esta parte se considera como el control de las operaciones del activo y se asegura que este se desempeñe conforme a la meta organizacional de producción propuesta anteriormente. El control del activo permite determinar fuentes de oportunidades de mejora o riesgos asociados al activo. Este control de operación del activo debe ser monitoreado cuidadosamente dentro de la fase inicial luego de haber sido instalado y puesto en marcha. Esta fase inicial se considera el período crítico de operación del activo debido a que se llegan a presentar la mayor cantidad de complicaciones y contingencias en la operación por factores variados como instalación y arranque, ambiente de planta, errores del operador o fallos del activo provenientes de fábrica. De no determinarse fallos en esta fase inicial, el control puede disminuirse hasta un punto donde se controle la operación y actividades de mantenimiento principalmente. Se entra, entonces, a la fase de estabilización en donde las fallas son menos comunes, así mismo, aplicándose periódicamente las actividades planificadas de mantenimiento al activo. Por último, el activo puede presentar fallas con una mayor frecuencia. Estas fallas se presentan por factores como tiempo de vida de elementos, obsolescencia de sistemas de operación y falta de repuestos. La última fase se conoce como la obsolescencia y se considera como el final del ciclo de vida del activo. La figura describe el ciclo de vida del activo en la coloquialmente denominada “Curva de la bañera”.

Figura 35. Gráfica de fallos durante ciclo de vida de activos, Curva de la bañera.



Fuente: González, 2000 *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*

Otros factores a tener en cuenta al gestionar un activo son el consumo energético y posibles maneras de minimizar el consumo energético. Cuando se adquiere un activo que consume energía para su funcionamiento, se considera el costo de operación del activo para la determinación del tiempo en que se obtendrán los retornos de la inversión del mismo. Posteriormente a esto, pueden realizarse mejoras que aumenten el ahorro en energía de operación. Otro factor a tener en cuenta es la seguridad y el ambiente. Se han implementado regulaciones, las cuales restringen algunas prácticas que pueden ser contaminantes al medio ambiente. Cuando se adquiere un activo, se debe asegurar que este satisface con las regulaciones

impuestas según la localización de la planta de producción por parte del gobierno u otra organización. De esta manera, se elimina el riesgo de repercusiones a la organización por auditorías externas no previstas.

Por último, la gestión de activos debe manejar la renovación, desmantelamiento y/o disposición final. Algunos equipos, al culminar su ciclo de vida pueden requerir de una renovación. Esta renovación contempla el recambio de partes y componentes en sistemas que puedan presentar desgaste debido a su operación o se considere un riesgo de seguridad para el activo u operadores. La renovación del activo debe ser analizada si es favorable la inversión a efectuarse hacia este procedimiento o la adquisición de un nuevo activo que lo sustituya. Cuando el activo se considera que no es rentable su operación para el proceso al haber cumplido su ciclo de vida, se debe gestionar la desincorporación del mismo. Para esto se gestiona el procedimiento a llevarse a cabo de la manera más eficiente y rentable posible. Al culminar su ciclo de vida y habiendo determinado la acción más favorable para la organización, el activo se decomisiona. Al decomisionar un activo, puede ser llevado a cabo de distintas maneras. Generalmente, el activo se almacena en un área designada. Esto debido a que puede ser utilizado el material y componentes para distintos propósitos beneficiosos para la operación de producción de la empresa. Por otro lado, el activo puede ser desechado completamente por el costo de ocupación del recurso de espacio disponible o el activo perdió todo valor que pueda obtenerse de este. (Puertas, 2017)

V. ANTECEDENTES

A. Historia de la empresa

En 1962, la empresa Chocolates Best de Guatemala inicia sus operaciones. La primera localidad fue en casa de la fundadora de la empresa, doña Ruth Mishan Pinto de Picciotto. Debido a la gran aceptación de los productos y al incremento en la producción fue necesaria la reubicación de las operaciones. Durante los años 1990 a 1991, se traslada la planta a la ubicación donde ha operado desde entonces hasta el día de hoy; en la zona 8 de la ciudad de Guatemala. Con instalaciones apropiadas para la producción en grandes cantidades, se expandió el portafolio de productos en categorías de confitería, galletas y cocoa en polvo.

Durante 52 años de operación, la empresa perteneció a la familia Picciotto. En el año 2014, esta fue adquirida por tres socios quienes buscaban contribuir con el crecimiento en el mercado local e internacional. En esta nueva etapa se fortaleció la presencia en el mercado centroamericano y se modernizan los procesos de manufactura y distribución para aumentar competitividad.

La empresa posee operaciones en diversos países de Centroamérica. Entre estos se encuentran: Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica, República Dominicana. También se tiene presencia de mercado en Nicaragua, Cuba, Panamá y Haití.

Actualmente, la empresa fue adquirida por CBC conformando al grupo Bia. En esta adquisición se presentaron nuevos procedimientos para llevar los procesos productivos de la planta. Como finalidad, busca aumentar la capacidad de producción que poseía anteriormente e incursionar en el mercado internacional en una posición prominente. (Documento Interno Chocolates BEST de Guatemala S.A., 2017)

B. Misión

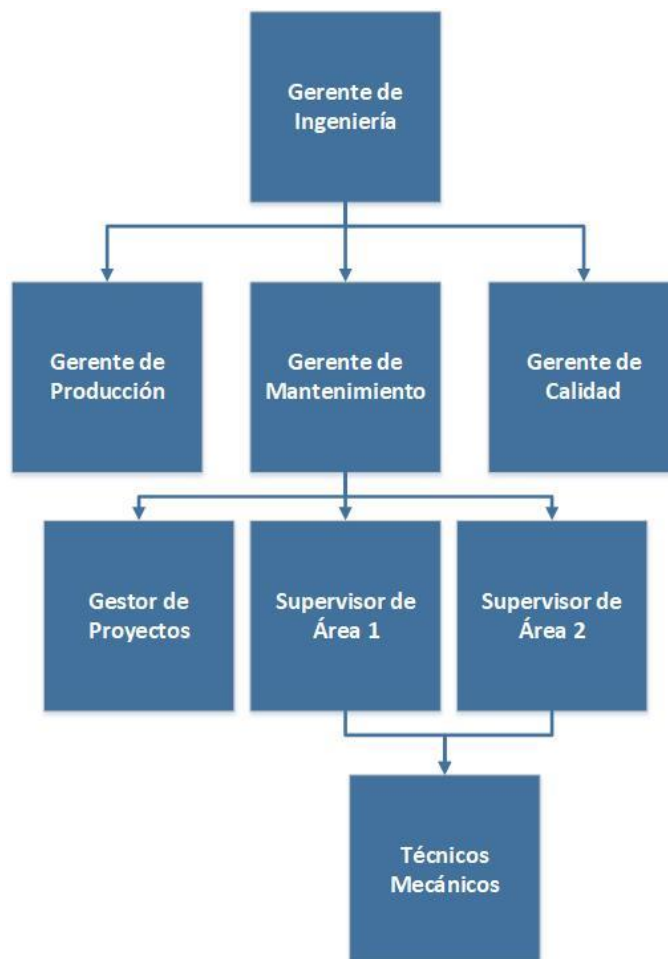
«Apasionados por conquistar el sabor de tu mundo.»

C. Visión

«Ser la compañía de alimentos de mayor crecimiento de América, maximizando el valor de las empresas y sus marcas de forma sostenible.»

D. Estructura organizacional

Figura 36. Diagrama de estructura organizacional.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

E. Metodología de operación del mantenimiento previa a implementación de plan de mantenimiento preventivo

Partiendo de administraciones pasadas, las operaciones de mantenimiento han sido ejecutadas en base al mantenimiento correctivo y de falla. Estas actividades de mantenimiento eran ejecutadas al presentarse un inconveniente con una máquina o equipo el cual se tradujera en pérdida de función.

Esta práctica del mantenimiento correctivo y de falla no conllevaba severas implicaciones en la operación de la empresa. El proceso de producción contaba con diversas etapas manuales, en las cuales los operadores tenían contacto con el producto para llevarlo de un punto a otro en el proceso de producción y las fallas en equipos podían ser soportadas. Sin embargo, al expandir el portafolio de productos, igualmente se multiplicó

la cantidad y diversidad de máquinas y equipos especializados para suplir la demanda. La práctica de reparaciones de emergencia representa una pérdida de producción que reduce y limita la capacidad de satisfacer la demanda y cumplir contratos con distribuidores.

Durante el V congreso de Mantenimiento y Lubricación, se discutió la idea que la mentalidad de mantenimiento correctivo y de falla ha afectado negativamente la imagen del departamento de mantenimiento dentro de las empresas. Se ha enraizado la idea que el mantenimiento es un “mal necesario” en la alta gerencia y accionistas, los cuales son los que proveen de los recursos financieros para el presupuesto del departamento. Esta idea limita el rango de operación de las actividades de mantenimiento y restringe la innovación por escases de recursos. Sin embargo, empelando una gestión apropiada del mantenimiento y llevando control de estas actividades, se logra influenciar una nueva percepción del mantenimiento como una inversión en productividad y no como un gasto necesario.

La implementación del mantenimiento preventivo en la organización fomenta la planeación, la excelencia y la búsqueda por mejorar el proceso productivo. Estas prácticas, luego, deben irradiar hacia los demás departamentos para progresar a un nivel de excelencia que impacte el mercado y distinga el producto entre los competidores. Las máquinas y equipos son manipulados por los operadores. Por ejemplo: anteriormente, los operadores no son capacitados en mantener libre de acumulación de crema de la Encremadora en los puntos donde pasa la oblea de galleta. Cuando se acumula la crema en los rodillos, esta llega a introducirse en los rodamientos de los rodillos que aplican la crema. La intrusión de partículas externas debilita y disminuye la vida útil del rodamiento. Luego este problema se adjudica al Departamento de Mantenimiento y se pierde producción al requerir de una intervención de emergencia correctiva. Se debe capacitar a los operadores para que estos puedan realizar maniobras básicas a los equipos como ajustar la cantidad de crema que aplica la Encremadora, limpiar las partes donde están en contacto la oblea y evitar que esta se atasque por acumulación de crema en los rodillos por medio de la gestión del Departamento de Producción. Implementando esta practicas beneficia el proceso productivo de la organización completa.

VI. METODOLOGÍA

La planificación del mantenimiento preventivo consiste en determinar tareas, procesos, procedimientos y controles los cuales, al llevarse a cabo, representan la base de una ejecución eficiente de operaciones de la planta. Estos mismos principios de planificación son aplicables al sector de mantenimiento de la organización. Al planificarse las actividades necesarias, el proceso de gestión operaciones es agilizado y los esfuerzos pueden ser enfocados hacia el mejoramiento del proceso mismo u otras actividades esenciales.

Las actividades de planificación del mantenimiento preventivo son:

- A. Definición de equipos críticos.
- B. Determinación de tareas de mantenimiento.
- C. Asignación de frecuencias de mantenimiento.

(Duffuaa, 2000)

A. Definición de equipos críticos

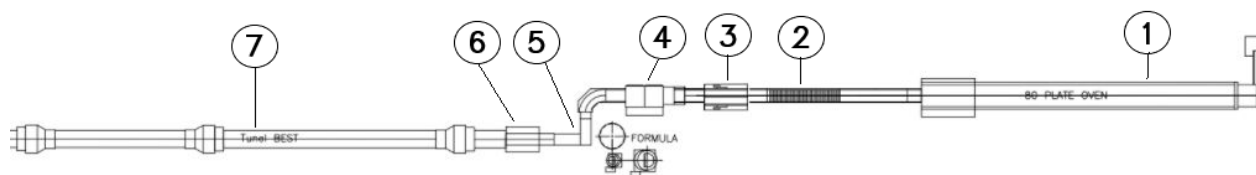
La primera tarea en la planificación del mantenimiento es la definición de los equipos críticos. Estos equipos son los cuales el proceso depende para proveer de la producción requerida. Los equipos críticos pueden determinarse al visualizar el proceso. Cuando el elemento producido dentro del proceso es transformado en su composición química, física o se añaden otros ingredientes o elementos adicionales a este, se considera que el equipo es crítico para el proceso de producción. Por el contrario, los equipos no críticos pueden ser identificados si estos no cambian al elemento o añaden otro elemento al producto en el proceso de producción.

El presente trabajo se enfoca en los equipos críticos de la línea no. 3 de galleta Best. Estos equipos de producción son:

1. Horno wafer
2. Arco de enfriamiento
3. Encremadora
4. Torre de enfriamiento
5. Cortadora
6. Enrober (achocolatador)
7. Túnel de enfriamiento

En la Figura 37 se muestra la vista superior de la configuración de la línea no. 3 de producción de galleta Best. Los equipos se encuentran enumerados mediante la nomenclatura superior.

Figura 37. Plano de línea 3 de producción de galleta Best.



Fuente: Documento interno, 2017.

B. Determinación de tareas de mantenimiento preventivo

En la fase de recabación de información necesaria para el plan de mantenimiento preventivo, fue necesario conocer la operación y el funcionamiento de los distintos sistemas de equipos de la línea de producción con mayor profundidad. Para esto se entrevistó al Gerente de Ingeniería, Gerente de Mantenimiento y Supervisores de área de mantenimiento de galleta. Juntamente con ellos, se llevaron a cabo recorridos alrededor de la línea y se determinaron actividades clave para cada sistema que son consideradas que deben ejecutarse en mantenimiento preventivo, sin embargo, no son ejecutadas por falta de una planificación efectiva. Esta información recabada fue asignada a actividades de mantenimiento preventivo específicas y luego procedimentadas en los formatos de procedimiento de Actividades de Mantenimiento Preventivo presentada en la Figura 40.

Se subdividió cada uno de los equipos críticos de la línea de producción en sistemas y subsistemas. Los sistemas en los que se dividieron los equipos fueron:

1. Sistema mecánico o Sistema de tracción (así se conoce para el Horno)
2. Sistema eléctrico
3. Sistema neumático
4. Sistema de refrigeración

Según el funcionamiento y características de operación que demuestra cada equipo, se asignó a un sistema específico. Esto facilita la comunicación de las actividades de mantenimiento y permite conjugar varios componentes en un solo sistema o grupo. Así mismo, otros equipos críticos de la línea de producción poseían otro grupo de componentes y se conjugaron estos en un sistema. Por ejemplo, los sistemas de Planchas, Quemadores, Extracción de gases en el Horno, Banda separadora en Cortadora y Sistema de calefacción, Sistema de soplado en Enrober (achocolatador). Estos son sistemas los cuales, por su criticidad, complejidad y/o características son indispensables para el correcto funcionamiento del equipo y requieren un enfoque individual a las actividades de mantenimiento preventivo.

A continuación, se presenta el desglose de actividades de mantenimiento preventivo según equipo crítico, sistema, subsistema y actividad. Estas actividades de mantenimiento son las que deben realizarse para

asegurar el funcionamiento de los equipos de la manera más eficiente y que estas contribuyan a la producción proyectada.

1. Horno
 - 1.1. Bomba de masa
 - 1.1.1. Limpieza general
 - 1.2. Quemadores
 - 1.2.1. Inspección general A
 - 1.2.2. Inspección general B
 - 1.2.3. Mantenimiento de sistema
 - 1.3. Planchas
 - 1.3.1. Medición de espesor de oblea
 - 1.3.2. Calibración de planchas
 - 1.3.3. Lubricación de rodamientos
 - 1.3.4. Cambio de bujes
 - 1.4. Sistema de tracción
 - 1.4.1. Inspección y lubricación A
 - 1.4.2. Inspección y lubricación B
 - 1.5. Sistema eléctrico
 - 1.5.1. Panel de control
 - 1.5.1.1. Revisión, verificación y limpieza de seguridades
 - 1.5.1.2. Limpieza A de panel de control
 - 1.6. Sistema extracción de gases
 - 1.6.1. Extractor 1
 - 1.6.1.1. Inspección general
 - 1.6.1.2. Mantenimiento de sistema
 - 1.6.2. Extractor 2
 - 1.6.2.1. Inspección general
 - 1.6.2.2. Mantenimiento de sistema
 - 1.6.3. Extractor 3
 - 1.6.3.1. Inspección general
 - 1.6.3.2. Mantenimiento de sistema
2. Arco de enfriamiento
 - 2.1. Sistema mecánico
 - 2.1.1. Inspección general y mantenimiento de sistema
 - 2.2. Sistema eléctrico
 - 2.2.1. Inspección general
3. Encremadora
 - 3.1. Sistema mecánico
 - 3.1.1. Revisión y mantenimiento
 - 3.2. Sistema eléctrico
 - 3.2.1. Panel de control
 - 3.2.1.1. Revisión de sensores de proximidad
 - 3.3. Sistema neumático
 - 3.3.1. Inspección general de sistema
4. Torre de enfriamiento
 - 4.1. Sistema mecánico
 - 4.1.1. Mantenimiento y lubricación
 - 4.2. Sistema eléctrico
 - 4.2.1. Mantenimiento y verificación de componentes
 - 4.3. Sistema de refrigeración

- 4.3.1. Mantenimiento de sistema
- 5. Cortadora de galleta
 - 5.1. Sistema mecánico
 - 5.1.1. Mantenimiento de sistema
 - 5.2. Sistema eléctrico
 - 5.2.1. Panel de control
 - 5.2.1.1. Mantenimiento panel de control
 - 5.3. Banda separadora de galleta
 - 5.3.1. Inspección general
- 6. Enrober (achocolador)
 - 6.1. Sistema mecánico
 - 6.1.1. Inspección general
 - 6.2. Sistema eléctrico
 - 6.2.1. Panel de control
 - 6.2.1.1. Mantenimiento panel de control
 - 6.3. Sistema de calefacción
 - 6.3.1. Mantenimiento de sistema
 - 6.4. Sistema de soplado
 - 6.4.1. Mantenimiento de sistema
- 7. Túnel de enfriamiento (3 módulos)
 - 7.1. Módulo 1
 - 7.1.1. Sistema de refrigeración
 - 7.1.1.1. Mantenimiento de sistema
 - 7.2. Módulo 2
 - 7.2.1. Sistema de refrigeración
 - 7.2.1.1. Mantenimiento de sistema
 - 7.3. Módulo 3
 - 7.3.1. Sistema de refrigeración
 - 7.3.1.1. Mantenimiento de sistema

Nota: La numeración en esta lista representa la codificación destinada para la definición de tareas de mantenimiento preventivo y no con el orden establecido para clasificación de subtítulos en el presente trabajo.

C. Asignación de frecuencias de mantenimiento

Para las actividades de mantenimiento, se debe determinar las frecuencias en las que se deben llevar a cabo. Las frecuencias para cada actividad en este plan de mantenimiento preventivo son:

1. Diaria (D)
2. Semanal (S)
3. Bisemanal (Bi)
4. Mensual (M)
5. Bimensual (B)
6. Trimestral (T)
7. Semestral (SE)
8. Anual (A)
9. Según Necesidad (SN)

Dependiendo de cada equipo y la importancia de cada sistema que este posee la operación del proceso, se puede realizar un énfasis en las tareas de mantenimiento para asegurar la operación confiable de este equipo en la capacidad productiva de la línea. Las frecuencias de actividades de mantenimiento preventivo pueden ser calendarizadas según las recomendaciones del fabricante del equipo, estándares internacionales, estudios de tiempo de movimiento en planta o experiencia previa en comportamiento de equipos.

El mantenimiento preventivo, tiene como objetivo la minimización de riesgos de fallo en los equipos de producción. Para esto, se requiere la planificación de las actividades que deben realizarse. Estas actividades, realizadas con una frecuencia determinada, permiten conocer el estado del sistema del equipo, identificar y eliminar posibles causas que inducirían un fallo en el futuro o reduzcan el ciclo de vida del activo. Las actividades de mantenimiento preventivo que conlleva la inspección de componentes deben emplear la identificación de los distintos tipos y clasificaciones de desgaste o fallas en componentes mecánicos como engranajes, rodamientos, fajas y cadenas. Para esto, se debe describir el estado de estos componentes en el reporte en los formatos de Actividades de Mantenimiento Preventivo provistos en el Anexo B cuando se lleve a cabo la actividad de mantenimiento preventivo planificada.

Este plan de mantenimiento preventivo enfatiza la inspección, verificación y limpieza de los sistemas a los cuales se realiza el mantenimiento con una elevada frecuencia (semanal, bisemanal, mensual). Entre estas actividades se encuentran: *1.1.1 Limpieza general, 1.2.1 Inspección general A, 1.2.2 Inspección general B, 1.4.1 Inspección y lubricación A, 1.4.2 Inspección y lubricación B, 3.1.1 Revisión y mantenimiento, 3.3.1 Inspección general, 4.1.1 Mantenimiento y lubricación A, 5.3.1 Inspección general.*

Se determinó la frecuencia semanal, bisemanal o mensual para los sistemas de tracción para ser inspeccionadas y mantenidas debido a que la producción de galleta desprende miga. Esta miga puede estar presente en tamaños variados de partícula desde el tamaño de un grano de maíz hasta partículas suspendidas en el aire. Las partículas suspendidas en el aire se adhieren a toda superficie y se acumulan a lo largo del tiempo. Cuando la superficie posee un fluido en esta, facilita la acumulación y retención de las partículas. La retención de partículas en el fluido lubricante en los sistemas, ocasionan desgaste entre los componentes en contacto. Considerando el inciso *I. Lubricación* en Marco Teórico del presente trabajo, se determinó la limpieza de la cadena de tracción para luego volver a lubricar el componente, eliminando la acumulación de partículas de miga de galleta y disminuyendo el desgaste de los componentes del sistema. Por la misma condición de protección requerida para los rodamientos, se determinó que los rodamientos fueran solicitados con el sufijo 2RS1 que provee de un sello en ambos lados del rodamiento, evitando intrusión de partículas extrañas al rodamiento. Los sellos son de NBR (caucho nitrilo-butadieno) que posee características de resistencia al desgaste y resistente al calor, envejecimiento y endurecimiento al exponerlo a calor hasta 100°C.

Luego que se ejecutan las actividades de mantenimiento preventivo como lubricación y cambio de componentes que requieren una inversión mayor de tiempo y RR. HH. La frecuencia de estas actividades es bimensual, trimestral, semestral o anual. Entre estas actividades se encuentran: *1.2.3 Mantenimiento de*

sistema, 1.6.1.1 Inspección general, 1.6.1.2 Mantenimiento de sistema, 1.6.2.1 Inspección general, 1.6.2.2 Mantenimiento de sistema, 1.6.3.1 Inspección general, 1.6.3.2 Mantenimiento de sistema, 4.3.1 Mantenimiento de sistema, 7.1.1.1 Mantenimiento de sistema, 7.2.1.1 Mantenimiento de sistema, 7.3.1.1 Mantenimiento de sistema.

Se enfatizó en las actividades de mantenimiento preventivo hacia el Sistema eléctrico, junto con los sensores de seguridad de los equipos críticos. Estas actividades son efectuadas con una frecuencia semanal y bisemanal, representando una mayor frecuencia que otras tareas de mantenimiento preventivo en este plan con la intención de asegurar el correcto funcionamiento de estos sistemas en el caso que lleguen a requerirse en los equipos donde el Operador puede tener contacto con los componentes móviles. De esta manera, constantemente se prueban los sistemas y sensores de seguridad de los equipos y se contribuye con la salud del operador y la eficiencia global de la organización. Entre estas actividades se encuentran: *1.5.1.1 Revisión, verificación y limpieza de seguridades, 3.2.1.1 Revisión de sensores de proximidad, 4.2.1 Mtto. y verificación de componentes, 5.2.1.1 Mantenimiento de panel de control, 6.2.1.1 Mantenimiento panel de control.*

Haciendo uso de la norma discutida en el inciso *G. Norma ISO 9001:2015* en Marco Teórico, se decidió enfocar una parte del tiempo del RR. HH. en la medición y calibración constante de equipos de producción. La actividad *1.3.1 Medición de espesor de oblea* se decidió ejecutar con una frecuencia mensual para asegurar la conservación de la calidad por medio de un control frecuente en el primer paso de la producción de galleta. Así mismo, no requiere detener la producción para esta actividad. La actividad *1.3.2 Calibración de planchas* se debe ejecutar según se determine que la producción de las obleas sobrepasa los estándares estipulados en esta actividad. La calibración de equipos aumenta la eficiencia de cantidad de ingredientes empelados en la producción de la galleta Best, disminuyendo el desperdicio y permite alcanzar un control de calidad mayor por parte de la gerencia. La actividad *1.1.1 Limpieza general*, se decidió incluir recursos adicionales de seguridad como la mascarilla y los guantes de nitrilo para llevar a cabo la limpieza de esta bomba. La bomba de diafragma es por la cual se bombea la mezcla de masa hacia el depósito y los hornos. Se consideró colocar una medida de limpieza adicional a esta actividad para mantener la calidad e inocuidad de la mezcla de galleta libre de contaminantes externos. De esta manera, se mantienen la calidad de la galleta Best y los clientes y consumidores mantienen su satisfacción con el producto.

En la actividad *1.3.3 Lubricación de rodamientos* en Horno, se determinó la frecuencia según la vida que posee la grasa HAAS Temperature Lubricant BB1B631121K DE 3,000 horas de operación. Estas horas son equivalentes a aproximadamente 4 meses entre lubricación de los rodamientos.

Demás frecuencias de activadas de mantenimiento preventivo de este plan fueron discutidas y asignadas juntamente con los ingenieros del equipo del Departamento de Mantenimiento para ser aplicadas en el plan de mantenimiento preventivo.

el procedimiento de estas. Así mismo, cuando se presentara un percance por mantenimiento correctivo o de falla, se solicitó que se documentaran los componentes y lubricantes en el sistema como número de rodamientos, número de faja o cadena, tipo, cantidad y denominación de lubricante. Esto para la obtención de información del sistema que requiere una inversión mayor de tiempo para ser determinada.

La cantidad de componentes requeridos para el plan de mantenimiento preventivo fue determinada según la cantidad que requiere el sistema para cada una de las actividades estipuladas y la frecuencia con la que se planificó la actividad. Estos componentes requeridos son los necesarios para la implementación del plan de mantenimiento en el primer año de aplicación.

La grasa HAAS High Temperature Lubricant BB1B631121K, es adquirida por un paquete proporcionado por HAAS. Debido a su alto costo, esta es aplicada en cantidades controladas en actividades que requieren la aplicación específica de las características que provee. Los lubricantes estipulados en este trabajo son los cuales se disponen actualmente por parte de la organización por lo que no se requiere acordar el abastecimiento de estos con proveedores distintos.

Se estipula la cantidad requerida de componentes y lubricantes para la implementación del plan de mantenimiento preventivo asegurando que estos lubricantes se encuentren en bodega cuando sean requeridos lo que elimina la pérdida de tiempo de espera por el producto solicitado.

La información obtenida mediante el uso del formato de la Figura 38. de información Procedimiento de Mantenimiento Preventivo fue recopilada, analizada y procedimentada para cada una de las actividades de mantenimiento preventivo presentadas en este trabajo. En la Figura 39 se presenta una muestra de un formato de recabación de información procedimiento de mantenimiento preventivo llenado durante la realización de este trabajo.

Figura 39. Muestra de formato de recabación de información de Procedimiento de Mantenimiento Preventivo.

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
EQUIPO	Horno 3	FECHA	1/8/2022	TIEMPO REQUERIDO	6 Horas
Sistema	Componente	Unidades	Herramientas	Detalle de Procedimiento	
Blower extractor # 2	Rodamiento 6307	1	2 llaves de corona #30	Se identifico y desconecta alimentación eléctrica del motor y Presutrol se desmonta Guarda y fusos Polca del motor se midio Posición de la Plancha que sostiene el motor Se coloco sistema de Garrucha para sostener y bajar el motor. Se desarmo motor se limpio por dentro y por fuera se cambiaron Rodamientos se armo el motor se volvio a subir se coloco Polca y Fusos se conecto alimentación al motor y Presutrol se Probo las chumacepas del extractor llevar Grasa a alla temperatura pero en botega No Hay.	
En el Centro del Horno	Rodamiento 6308	1	1 llave de corona #79		
	Fusas F-36	2	1 llave de corona #77		
			1 cargero		
			1 Juego llaves allen mm.		
			1 extractor de dos patas		
			1 estirga de 70 mts.		

E. Control de plan de mantenimiento preventivo

La gestión de mantenimiento efectiva es aquella que genera información y esta es documentada. Para esto, se diseñaron formatos los cuales proporcionan de la plataforma para la documentación adecuada de la información generada cuando se llevan a cabo actividades de mantenimiento. De esta manera se facilita la comunicación, transmisión de información técnica y el control de indicadores clave de desempeño (KPI).

1. Manual de actividades para plan de mantenimiento preventivo. Luego de la recabación de información anterior, se confeccionó un formato en el cual todas las actividades de mantenimiento preventivo previamente descritas fueran documentadas de una manera homogénea y de fácil comprensión para los individuos involucrados en el Departamento de Mantenimiento.

Dentro de este formato se consideró incluir la información del equipo como el sistema, subsistema, nombre de mantenimiento, el tiempo estimado requerido para ejecutar esta actividad, la frecuencia en la que debe llevarse a cabo la actividad, el equipo de seguridad requerido según la actividad, acciones previas a intervención que mantienen la seguridad del técnico y son prácticas correctas de mantenimiento, los componentes y herramientas requeridas con la cantidad de cada uno de estos y el procedimiento detallado de la actividad a realizarse.

2. **Orden de trabajo.** La Orden de trabajo es un formato empleado para la movilización de recursos hacia los puntos donde se deben ejecutar acciones de mantenimiento. El formato de Orden de trabajo no se limita solamente a actividades de mantenimiento preventivo descritas en este trabajo, sino que puede ser implementado en cualquier actividad de mantenimiento de la planta de producción. Esta se entrega al técnico mecánico y se espera que, al finalizar la actividad de mantenimiento, sea retornado, marcando y describiendo todos los incisos solicitados. Este formato representa el reporte de la actividad y puede ser empleado para el control de horas de trabajo efectivas que el técnico laboró. El uso de este formato minimiza la confusión del personal y provee de la información de acciones previas y posteriores que deben efectuarse para minimizar el riesgo por faltas en la seguridad en el sitio de trabajo.

En el formato de Orden de trabajo, se consideraron incisos que deben ser descritos como el tipo de intervención (preventivo planificado, preventivo no planificado, correctivo, predictivo o garantía), el área en la que se encuentra el equipo asignado (galleta, confitado, bombos), la línea a la que pertenece, el nombre de la máquina, el sistema y subsistema, nombre de la actividad a realizarse, descripción detallada de intervención, horas requeridas, la hora de inicio y final de intervención, los repuestos y herramientas empleadas, la firma del técnico y supervisor responsable y una lista de chequeo previa y posterior a la intervención de mantenimiento que provee de un aumento en la calidad del trabajo realizados por el equipo de mantenimiento. La información descrita en la Orden de trabajo empleada para el manejo de actividades de mantenimiento fue seleccionada y establecida según consideraciones discutidas con el equipo del Departamento de Mantenimiento para proveer información útil según las características del proceso de producción al que se aplica.

Este formato debe ser entregado por los Supervisores de mantenimiento según sus áreas establecidas al técnico asignado. El Supervisor se encarga de recopilar estos y luego trasladarlos al finalizar la jornada de trabajo hacia la oficina del Departamento de mantenimiento para ser archivados, transcritos a una base de datos en Excel para facilidad de manejo de información. Esta información obtenida de las Órdenes de trabajo provee de la fuente necesaria para el cálculo de los KPI's como Tiempo Medio Para Reparar, Tiempo Medio Entre Fallas, Costo de tiempo muerto, Eficiencia de mantenimiento preventivo, Porcentaje de tiempo invertido en actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

Figura 41. Formato para Orden de trabajo empleada en el plan de mantenimiento.

Chocolates Best de Guatemala, S.A.

Orden de Trabajo

Departamento de Mantenimiento

<p>Tipo de Intervención</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Correctivo</td><td></td></tr> <tr><td>Preventivo Planificado</td><td></td></tr> <tr><td>Preventivo No Planificado</td><td></td></tr> <tr><td>Predictivo</td><td></td></tr> <tr><td>Garantía</td><td></td></tr> </table> <p>Fecha de Inicio <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Fecha de Finalización <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Actividad <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Descripción Detallada de Intervención</p> <div style="border: 1px solid black; height: 60px; width: 100%;"></div> <p>Horas Requeridas <input style="width: 100%;" type="text"/></p>	Correctivo		Preventivo Planificado		Preventivo No Planificado		Predictivo		Garantía		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Área</td><td></td></tr> <tr><td>Línea</td><td></td></tr> <tr><td>Máquina</td><td></td></tr> <tr><td>Sistema</td><td></td></tr> <tr><td>Sub-Sistema</td><td></td></tr> </table> <p>Hora de Inicio <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Hora de Final <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Repuestos Requeridos</th> <th colspan="2">Herramientas Empleadas</th> </tr> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unidades</th> <th>Descripción</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <p>Técnico Responsable <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Supervisor Responsable <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Marcar las siguientes actividades previo a la actividad de mantenimiento:</p> <p>Se identificó el área donde se llevará a cabo la actividad de mantenimiento. <input style="width: 50px;" type="checkbox"/> ✓/X</p> <p>Se colocó el letrero de "Equipo en Mantenimiento" en el equipo asignado. <input style="width: 50px;" type="checkbox"/></p> <p>El Técnico Responsable posee la indumentaria de seguridad requerida. <input style="width: 50px;" type="checkbox"/></p> <p>El Técnico Responsable posee las herramientas requeridas para la actividad. <input style="width: 50px;" type="checkbox"/></p> <p>Marcar las siguientes actividades al finalizar la actividad de mantenimiento:</p> <p>El Técnico Responsable probó el funcionamiento correcto del equipo. <input style="width: 50px;" type="checkbox"/> ✓/X</p> <p>El Supervisor Responsable verificó funcionamiento de equipo. <input style="width: 50px;" type="checkbox"/></p> <p>Se dejó limpia y ordenada el área donde se realizó el mantenimiento. <input style="width: 50px;" type="checkbox"/></p> <p>Se retiró el letrero de "Equipo en Mantenimiento" en el equipo asignado. <input style="width: 50px;" type="checkbox"/></p> <p style="text-align: center;">Anotaciones adicionales realizarlas al reverso de la hoja.</p>	Área		Línea		Máquina		Sistema		Sub-Sistema		Repuestos Requeridos		Herramientas Empleadas		Descripción	Unidades	Descripción	Unidades																																												
Correctivo																																																																									
Preventivo Planificado																																																																									
Preventivo No Planificado																																																																									
Predictivo																																																																									
Garantía																																																																									
Área																																																																									
Línea																																																																									
Máquina																																																																									
Sistema																																																																									
Sub-Sistema																																																																									
Repuestos Requeridos		Herramientas Empleadas																																																																							
Descripción	Unidades	Descripción	Unidades																																																																						

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3. **Formato de registro de fallas en equipos.** Todo equipo en la línea de producción debe contar con un formato que permita el registro de cada falla encontrada en la operación. La información recopilada es necesaria para el análisis de indicadores que permiten visualizar el estado de operación de los equipos y si se considera necesario enfocar esfuerzos y recursos hacia áreas que generan mayor cantidad de problemas y contratiempos.

- a. Fecha. Es imperativo registrar la fecha del incidente en el equipo. De esta manera la información puede ser analizada y determinar si existe recurrencia durante la operación.
- b. Hora de parada. El operador del equipo es el encargado de notificar al supervisor el momento en el cual encontró un fallo en la operación. El supervisor debe registrar la hora en la que se identificó el fallo para ser reportado al Departamento de Mantenimiento.
- c. Hora de reinicio. El supervisor debe anotar la hora en la que se reinició la operación normal del equipo para la línea de producción.
- d. Descripción de falla. El operador y el supervisor deben de realizar una breve anotación de la falla identificada en el equipo. De esta manera puede registrarse el acontecimiento y prevenir futuras apariciones de la falla por medio de intervención de tareas de mantenimiento.
- e. Firma de supervisor. Al haber identificado la falla en el equipo, el supervisor debe corroborar la información descrita en el inciso anterior. Cuando el supervisor determinó la veracidad de la descripción, debe firmar el documento de registro y se pasa la información al Departamento de Mantenimiento para su gestión oportuna.

Figura 42. Formato de control de fallas de equipo de la línea de producción.

Chocolates Best de Guatemala, S.A.			Departamento de Mantenimiento	
<u>Registro de Fallas de Equipos</u>				
Fecha	Hora de Parada	Hora de Reinicio	Descripción de Falla	Firma Supervisor

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Este formato de registro debe ser mantenido en posesión del supervisor del área asignada. Se debe iniciar cada mes con un formato nuevo para comenzar la recopilación de información. El último día de cada mes, este formato de registro se entrega al supervisor de tareas de mantenimiento y la información es trasladada hacia el gerente del Departamento de Mantenimiento.

4. KPI's para el control de plan de mantenimiento preventivo

a. Tiempo Medio para Reparar (TMPR)

Este indicador de desempeño monitorea el tiempo que se invierte al equipo cuando se realiza una intervención correctiva o de falla. De esta manera se controlan los intervalos de tiempo que se establecieron para no afectar la producción de mayor manera.

$$TMPR = \frac{\text{Tiempo total de inactividad de equipo}}{\text{número de fallas}}$$

b. Tiempo Medio Entre Fallas (*TMEF*)

Este indicador de desempeño monitorea el tiempo promedio en que el equipo se encuentra en operación hasta que ocurre una falla. Este indicador permite predecir aproximadamente el momento en que el equipo reincurrirá en una falla para programarse con antelación el mantenimiento y no afectar la producción.

$$TMEF = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{número de fallas}}$$

c. Costo de tiempo muerto (*CTM*)

Este indicador cuantifica la pérdida en producción de galleta en el tiempo que la línea se encuentra detenida por las actividades de mantenimiento.

$$CTM = (\text{Costo de fardo dejado de producir por hora detenida})(\text{Tiempo detenido en horas})$$

d. Eficiencia de mantenimiento preventivo (*Eficiencia MP*)

Este indicador cuantifica la fracción en la que el presupuesto del Departamento de Mantenimiento está siendo destinado en las actividades de mantenimiento preventivo.

$$\text{Eficiencia MP} = \frac{\text{Costos asociados a mantenimiento preventivo anual}}{\text{Costos totales de mantenimiento anual}}$$

e. Porcentaje de tiempo invertido en actividades de mantenimiento preventivo (*% MP anual*)

Este indicador provee del porcentaje del porcentaje de tiempo de producción disponible que es invertido en actividades de mantenimiento preventivo de la línea de producción. Para este trabajo se dispone de 12 meses, 25 días hábiles de producción en cada mes, 22 horas de producción cada día; para un total de 6 600 horas disponibles de producción en un año. Las horas de paro por mantenimiento preventivo en un año son previstas en el plan de mantenimiento preventivo.

$$\% MP \text{ anual} = \frac{\text{Horas de paro por mantenimiento preventivo en un año}}{\text{Horas disponibles de producción en un año}}$$

f. Porcentaje de tiempo invertido en actividades de mantenimiento correctivo (*% MC anual*)

Este indicador provee del porcentaje del porcentaje de tiempo de producción disponible que es invertido en actividades de mantenimiento correctivo de la línea de producción. Para este trabajo se dispone de 12 meses, 25 días hábiles de producción en cada mes, 22 horas de producción cada día; para un total de 6 600 horas disponibles de producción en un año.

$$\% MC \text{ anual} = \frac{\text{Horas de paro por mantenimiento correctivo en un año}}{\text{Horas disponibles de producción en un año}}$$

F. Análisis de eficiencia de producción de línea no. 3 de galleta Best

La realización de un análisis de eficiencia de producción de la línea se consideró necesario para la estimación del aumento de producción según la velocidad de operación del horno wafer y el beneficio de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo a la línea de producción.

Se inició analizando el recorte (o miga) que generaba cada uno de los equipos de la línea, desde el horno hasta Enrober. A esta etapa se denominó (horno-choco) en el cuadro de eficiencia de producción. Estos equipos son aquellos en que la producción de galleta agrega o modifica la integridad de la galleta. En cada equipo intermedio se colocó un costal y se vertió el recorte generado para ser pesado en una báscula electrónica. Se recabó la masa en kilogramos cada hora por 5 horas.

La eficiencia promedio de la línea no. 3 de producción durante este análisis en la etapa desde el horno hasta la salida del enrober fue de 85%. Para poder proveer de un dato de estimación de producción se requirieron los datos de eficiencia en la cubierta de chocolate y la eficiencia de empaque. Estas son las cuales el Departamento de Calidad descarta o aprueba las galletas producidas según sus calidades de cubierta completa de chocolate y el empackado correcto de la misma. Según el dato provisto por el Departamento de Calidad, se asumió una eficiencia de cubierta de chocolate de la galleta de 90% y eficiencia de empaque de 95%.

Se proyectó la producción que puede esperarse según la velocidad de operación del horno. Este equipo es el más importante de la línea y los demás equipos de la línea operan según este provea de obleas de galleta. La producción de galleta requiere que se produzca un conjunto de 5 obleas que generan un “libro” de galleta, como se conoce en la fábrica. Cada uno de estos “libros”, es cortado para generar 60 galletas. Las galletas Best producidas se empaquetan en paquetes de 12 y cada fardo contiene 24 paquetes. Se asumió 11 horas por turno, 2 turnos por día. Se asumieron 25 días de producción mensuales debido a que la planta no opera los días domingo y se aparta un día mensual para inventario donde no se produce en planta. Por consiguiente, se emplean 300 días de producción al año y 6 600 horas de producción disponibles anuales.

Producción previa a la implementación del plan de mantenimiento preventivo de la línea (sin contar tiempo muerto por mantenimiento):

1. Velocidad de producción de galleta del horno: 27 obleas/minuto.
2. Producción proyectada diaria: 1 079 fardos por día.
3. Producción mensual: 26 975 fardos.

Cuadro 3. Resultados de análisis de eficiencia de producción de línea no. 3 de galleta Best.

	Eficiencias del Proceso			Ganancias			
	%	%	%	Promedio	Promedio	11 h	Promedio
Velocidad del Horno (obleas/min)	Eficiencia (Horno- Choco)	Eficiencia (control cubierta choco)	Eficiencia Empaque	Galletas por hora	Fardos por hora	Fardos por Turno	Fardos por Día
27	85%	90%	95%	14 128	49	540	1 079
30	85%	90%	95%	15 698	55	600	1 199
32	85%	90%	95%	16 744	58	640	1 279
35	85%	90%	95%	18 314	64	699	1 399
37	85%	90%	95%	19 361	67	739	1 479
38	85%	90%	95%	19 884	69	759	1 519
40	85%	90%	95%	20 930	73	799	1 599
42	85%	90%	95%	21 977	76	839	1 679

Fuente: Elaboración propia, 2017

G. Análisis de planificación actividades de mantenimiento preventivo para línea 3 de galleta Best (gráficas de Gantt)

Se realizó el levantamiento de los equipos de la línea no. 3 de galleta Best a los cuales se planificaron las tareas de mantenimiento preventivo respectivas. Se subdividieron estos equipos en sistemas y subsistemas (según se consideró necesario) y las tareas específicas para el mantenimiento preventivo de cada uno de estos. La información recabada y el plan de mantenimiento preventivo fue gestionado por medio de hojas electrónicas en Microsoft Excel 2016 para su facilidad de acceso a los interesados.

Luego, para las actividades de mantenimiento preventivo se asignaron frecuencias en las cuales estas actividades deben realizarse. De esta manera, se lleva el control de las actividades efectuadas y las que deben ser programadas en el futuro inmediato para asignación de personal.

Mediante el formato de recabación de información de actividades de mantenimiento preventivo presentado en la Figura 38, se determinaron los tiempos que requiere la ejecución de cada tarea de mantenimiento preventivo, permitiendo programación del paro de la línea de producción con los demás departamentos de la organización. Así mismo, el conocimiento de los tiempos de cada tarea de mantenimiento preventivo permite determinar el costo de mano de obra requerido que repercutirá en la gestión del presupuesto del Departamento de Mantenimiento; proveyendo de una base a los gerentes para la toma de decisiones subsiguientes en el mantenimiento de la línea no. 3 de galleta Best y, por consiguiente, la planta de producción.

H. Análisis de inventario de componentes y lubricantes requerido para plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo de este trabajo provee de la determinación de los componentes necesarios para llevarlo a cabo durante el primer año de implementación. Los repuestos requeridos se encuentran detallados así mismo con las cantidades recomendadas para evitar tiempos de espera de repuestos por parte de los proveedores. Cabe resaltar que, para el primer plan de mantenimiento preventivo para la línea 3 de galleta Best, solamente se pueden estimar los repuestos que requerirán durante este primer período debido a que nunca se había realizado una planificación anual de mantenimiento preventivo, ni existía la información de repuestos, actividades preventivas ni frecuencias con las que se realizaban de manera habitual.

A el plan de mantenimiento preventivo puede adicionar repuestos que se estimen necesarios después de haber implementado las actividades planeadas para luego incluirlos en la planificación del plan de mantenimiento preventivo del siguiente año. De esta manera, se consigue continuar enriqueciendo este plan de mantenimiento preventivo para aumentar su efectividad y proveer de la información de costos requerida para la aprobación de presupuesto a inicio del año.

Al haber llevado a cabo el plan de mantenimiento preventivo por 2 años en adelante, la información recabada de los repuestos puede analizarse y determinar si las cantidades de repuestos especificados fueron adecuadas. Esta información histórica previamente recabada permitiría realizar un análisis de máximos y mínimos que requiere este plan de mantenimiento preventivo para ser llevado a cabo.

I. Análisis financiero de plan de mantenimiento preventivo para línea 3 de galleta Best

En los Cuadros 4 y 5, se presentan los componentes y lubricantes requeridos para el plan de mantenimiento preventivo. En estos cuadros se provee de las unidades, el costo unitario y el costo total según la cantidad de componentes requeridos.

Cuadro 4. Costos de componentes empleados en el plan de mantenimiento preventivo.

Componente	Unidades	Costo unitario	Costo total
Desengrasante (galón)	6	Q84.82	Q508.92
Faja A-36	8	Q33.15	Q265.20
Faja F-36	4	Q26.78	Q107.12
Rodamiento 6306 2RS1	4	Q90.80	Q363.20
Rodamiento 6204 2RS1	2	Q33.66	Q67.32
Rodamiento 6202 2RS1	2	Q21.43	Q42.86
Rodamiento 6307 2RS1	4	Q134.42	Q537.68
Rodamiento 6308 2RS1	2	Q147.00	Q294.00
Rodamiento 2206 2RS1	4	Q261.27	Q1 045.08
Rodamiento 2205 2RS1	4	Q163.39	Q653.56
Rodamiento 2204 2RS1	8	Q179.28	Q1 434.24
Chumacera P204	4	Q258.93	Q1 035.72
Líquido Actibrite para interiores	5	Q260.00	Q1 300.00
Líquido Actibrite para exteriores	5	Q260.00	Q1 300.00
Buje de teflón (30 x 34 x 30 mm)	100	Q80.00	Q8 000.00

Cuadro 5. Costos de lubricantes empleados en el plan de mantenimiento preventivo.

Componente	Unidades	Costo unitario	Costo total
HAAS High Temperature Lubricant BB1B631121K	12	Q3 083.33	Q37 000.00
Shell OMALA 460 (cubeta de 5 galones)	6	Q709.83	Q4 258.98
CITGO Lube Air 32 (cubeta de 1 galón)	2	Q345.00	Q690.00
Pure Guard SAE 90 (cubeta de 5 galones)	6	Q424.10	Q2 544.60
SKF LGHP 2 (alta temperatura)	12	Q245.00	Q2 940.00
SKF LGFP 2 (grado Alimenticio, 1 galón)	12	Q2 316.00	Q27 792.00

Costo total de componentes y lubricantes
Q92 180.48

Nota: (1) Los precios de los componentes fueron obtenidos por medio del sistema SAP de la empresa.
(2) La grasa HAAS de alta temperatura es adquirida a un precio de \$5,000.00. Para el costo de los lubricantes requeridos para el plan de mantenimiento preventivo presentado se proveen en Quetzales (Q). Por consiguiente, para el costo se aplicó la tasa de cambio de Q 7.40 a \$ 1.00.

1. Análisis de horas de parada de línea y horas hombre para plan de mantenimiento

preventivo. Para el análisis de pérdida de producción según el tiempo que se debe invertir en las tareas de mantenimiento preventivo durante la semana, se debe tener en cuenta que solamente se toma el tiempo que la línea se encuentre parada. La sumatoria de horas de la semana será en base a la tarea del plan de mantenimiento preventivo que más tiempo requiera debido a que al mismo tiempo se deben llevar a cabo el resto tareas de mantenimiento preventivo según el plan para hacer uso eficiente del tiempo de parada de la línea.

Luego de realizar la planificación de las tareas de mantenimiento preventivo, se determinó que se requieren 231 horas de parada de la línea no. 3 de galleta Best para intervenciones preventivas durante el año. La tabla de resultados se presenta en Anexo 5. Cuadro de sumatoria de horas anuales requeridas de parada de línea para mantenimiento preventivo.

Para el análisis de costo de horas hombre requeridas, se toma en cuenta la sumatoria del tiempo total que se debe invertir y la cantidad de hombres requeridos en cada una de las actividades de mantenimiento preventivo según el plan. Se destinó un salario de Q 30.00 por cada hora de trabajo para los técnicos mecánicos. Este es un dato representativo que se aproxima al salario real. Por cuidado de información de la empresa, se decidió no revelar el dato exacto para este trabajo, sin embargo, el dato provee de un presupuesto final necesario para la aplicación del plan de mantenimiento preventivo a los gerentes de Ingeniería y Mantenimiento.

Para obtener el total de “Horas hombre requeridas” se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Horas hombre requeridas} = (T)(H)(S)$$

Donde:

T: Tiempo requerido para ejecutar la actividad de mantenimiento (en gráfica de Gantt de plan de mantenimiento preventivo)

H: Hombres requeridos para ejecutar la actividad de mantenimiento (en gráfica de Gantt de plan de mantenimiento preventivo)

S: número de Semanas en que aparece esta actividad durante el año (en gráfica de Gantt de plan de mantenimiento preventivo)

Cuadro 6. Costo anual de horas hombre requeridas por equipo crítico.

Equipo	Horas hombre requeridas	Costo de mano de obra
Horno	714	Q21 420.00
Arco de enfriamiento	12	Q360.00
Encremadora	96	Q2 880.00
Torre de enfriamiento	272	Q8 160.00
Cortadora	120	Q3 600.00
Enrober	96	Q2 880.00
Túnel de enfriamiento	192	Q5 760.00
Costo total mano de obra		Q45 060.00

El costo total del plan de mantenimiento preventivo debe ser adjudicado a la sección de costos operacionales (OPEX) en inciso *J. Gestión de activos* en Marco Teórico. De esta manera, se lleva en control de los activos durante su ciclo de vida de operación. A medida que se avance en el ciclo de vida del activo, se debe analizar el punto en el cual resulte una mayor rentabilidad la decomisión y el cambio por otro equipo que lo reemplace en la línea de producción.

2. Cuantificación del beneficio de la implementación del plan de mantenimiento preventivo. Para la cuantificación del beneficio económico que provee el plan de mantenimiento preventivo se solicitaron los porcentajes de Tiempo Muerto por Mantenimiento. Este dato abarca todas las operaciones de mantenimiento dentro de la planta de producción. Se empleó este dato debido a que no se posee el Tiempo Muerto por Mantenimiento de la línea. Sin embargo, este dato es representativo para todas las áreas de producción y será contra el cual se compare la reducción del tiempo de parada de este plan de mantenimiento preventivo.

Cuadro 7. Tiempo Muerto por Mantenimiento durante los meses de junio de 2017 hasta enero de 2018.

Año	Mes	Tiempo Muerto por Mtto.
2017	junio	6%
2017	julio	4.80%
2017	agosto	3%
2017	septiembre	8%
2017	octubre	4%
2017	noviembre	10%
2017	diciembre	8%
2018	enero	5%

Fuente: Documento interno, 2018

Según la información del Cuadro 7, se tuvo un promedio de 6% de Tiempo Muerto por Mantenimiento entre los meses de junio de 2017 hasta enero 2018. Este dato fue obtenido por el reporte mensual de la empresa donde se exponen los puntos de gestión de los departamentos involucrados y las acciones para mejorar o corregir estos puntos. Este promedio de Tiempo Muerto por Mantenimiento correctivo y de falla en todo el año 2017 fue de 6%, equivalente a 396 horas de las 6 600 horas disponibles de producción anuales. La proyección de producción a la velocidad de 27 obleas/minuto es de 323 700 fardos posibles según Cuadro 3. Resultados de análisis de eficiencia de producción de la línea no. 3 de galleta Best. Restando el tiempo muerto por mantenimiento se obtienen 304 278 fardos en 2017.

Implementando el plan de mantenimiento preventivo a línea no. 3 de producción de galleta Best se tiene un tiempo muerto por actividades de mantenimiento de 231 horas anuales según el Anexo 5. Cuadro de sumatoria de horas anuales requeridas de parada de línea para mantenimiento preventivo. Estas 231 horas equivalen a 3.5% de las 6 600 horas disponibles de producción anuales en tiempo muerto por mantenimiento. Se reduce el tiempo muerto por mantenimiento en 2.5% en comparación con el tiempo muerto por mantenimiento previo a plan de mantenimiento preventivo y tiempo muerto por mantenimiento luego de implementar el plan de mantenimiento preventivo.

Producción posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo de la línea (sin contar tiempo muerto por mantenimiento):

- a. Velocidad de producción de galleta del Horno: 35 obleas/minuto.
- b. Producción proyectada diaria: 1 399 fardos por día.
- c. Producción mensual: 34 975 fardos.

La velocidad óptima de operación del Horno es de 35 obleas/minuto. Proveyendo del mantenimiento preventivo adecuada, el Horno puede alcanzar y operar a esta velocidad constante. Según Cuadro 1. Análisis de eficiencia de producción de galleta, a una velocidad de 35 obleas/minuto se producen 419 700 fardos. Restando el tiempo muerto por mantenimiento preventivo 405 010 fardos. Como resultado se puede esperar un aumento en producción de 38%. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo resulta más rentable a largo plazo que un mantenimiento correctivo o de falla debido a que significa que el equipo puede mantener una velocidad de producción a la que fue diseñado por un mayor período de tiempo.

VII. RESULTADOS

A. Planificación de actividades de mantenimiento preventivo para línea 3 de galleta Best (gráficas de Gantt)

A continuación, se presentan las actividades a realizar del plan de mantenimiento preventivo. En estos cuadros se muestran el código y nombre del equipo, el código y nombre de la actividad a realizar, la frecuencia en la que debe ejecutarse la actividad de mantenimiento preventivo, el tiempo que requiere esta actividad para llevarse a cabo y la cantidad de hombres de mano de obra para esta actividad. Estas actividades de mantenimiento preventivo son las cuales se lograron determinar durante la realización de este trabajo durante los meses de noviembre de 2017 a febrero de 2018. La descripción del procedimiento de cada una de estas actividades y la planificación en gráficas de Gantt se encuentran en el Anexo B del presente trabajo.

En base a los resultados del formato de recabación de información expuesto en la Figura 38, llevado a cabo durante los meses de noviembre de 2017 a febrero de 2018, se obtuvo los tiempos requeridos para la ejecución de las actividades del plan de mantenimiento preventivo presentadas seguidamente.

1. Planificación de actividades de mantenimiento preventivo para horno wafer.

Código		Equipo	Frecuencia										Tiempo Req.	Hombres Req.
1	Horno wafer		D	S	Bi	M	B	T	SE	A	SN	(horas)		
Código	Actividad a Realizar		D	S	Bi	M	B	T	SE	A	SN	(horas)	Hombres Req.	
1.1	Bomba de masa													
1.1.1	Limpieza general			■								2	1	
1.2	Quemadores													
1.2.1	Inspección general A				■							2.5	1	
1.2.2	Inspección general B				■							3	1	
1.2.3	Mantenimiento de sistema								■			3	2	
1.3	Planchas													
1.3.1	Medición de espesor de oblea					■						3	1	
1.3.2	Calibración de planchas									■		0.33	2	
1.3.3	Lubricación de rodamientos (10 rodamientos)			■								5	2	
1.3.4	Cambio de bujes										■	1	2	
1.4	Sistema de tracción													
1.4.1	Inspección y lubricación A			■								1	1	
1.4.2	Inspección y lubricación B					■						3	1	
1.5	Sistema eléctrico													
1.5.1	Panel de control													
1.5.1.1	Revisión, verificación y limpieza de seguridades			■								2	1	
1.5.1.2	Limpieza A de panel de control							■				2	1	
1.6	Sistema de extracción de gases													
1.6.1	Extractor 1													
1.6.1.1	Inspección general							■				3	1	
1.6.1.2	Mantenimiento de sistema								■			5	2	
1.6.2	Extractor 2													
1.6.2.1	Inspección general							■				3	1	
1.6.2.2	Mantenimiento de sistema								■			5	2	
1.6.3	Extractor 3													
1.6.3.1	Inspección general							■				3	1	
1.6.3.2	Mantenimiento de sistema								■			5	2	

2. Planificación de actividades de mantenimiento preventivo para arco de enfriamiento.

Código		Equipo	Frecuencia										Tiempo Req.	Hombres Req.
2	Arco Enfriamiento		D	S	Bi	M	B	T	SE	A	SN	(horas)		
Código	Actividad a Realizar		D	S	Bi	M	B	T	SE	A	SN	(horas)	Hombres Req.	
2.1	Sistema mecánico													
2.1.1	Inspección general y mantenimiento						■					2	1	
2.2	Sistema eléctrico													
2.2.1	Inspección general						■					2	1	

6. Planificación de actividades de mantenimiento preventivo para enrober (achocolatador).

Código	Equipo
6	Enrober

Código	Actividad a Realizar	Frecuencia											Tiempo Req. (horas)	Hombres Req.	
		D	S	Bi	M	B	T	SE	A	SN					
6.1	Sistema mecánico														
6.1.1	Inspección general													2	2
6.2	Sistema eléctrico														
6.2.1	Panel de control														
6.2.1.1	Mantenimiento panel de control													2	1
6.3	Sistema de calefacción														
6.3.1	Mantenimiento de sistema													1	1
6.4	Sistema de soplado														
6.4.1	Mantenimiento de sistema													2	1

7. Planificación de actividades de mantenimiento preventivo para túnel de enfriamiento.

Código	Equipo
7	Túnel Enfriamiento

Código	Actividad a Realizar	Frecuencia											Tiempo Req. (horas)	Hombres Req.	
		D	S	Bi	M	B	T	SE	A	SN					
7.1	Módulo 1														
7.1.1	Sistema de refrigeración														
7.1.1.1	Mantenimiento de sistema													8	4
7.2	Módulo 2														
7.2.1	Sistema de refrigeración														
7.2.1.1	Mantenimiento de sistema													8	4
7.3	Módulo 3														
7.3.1	Sistema de refrigeración														
7.3.1.1	Mantenimiento de sistema													8	4

B. Inventario de componentes y lubricantes requeridos para plan de mantenimiento preventivo

Basado en la información recopilada en el formato de recabación de actividades de mantenimiento preventivo expuesto en la Figura 38, se determinaron los componentes y lubricantes como se muestran en los Cuadros 8 y 9 junto con las unidades requeridas de cada uno para la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Cuadro 8. Componentes para plan de mantenimiento preventivo.

Componente	Unidades
Desengrasante (galón)	6
Faja A-36	8
Faja F-36	4
Rodamiento 6306 2RS1	4
Rodamiento 6204 2RS1	2
Rodamiento 6202 2RS1	2
Rodamiento 6307 2RS1	4
Rodamiento 6308 2RS1	2
Rodamiento 2206 2RS1	4
Rodamiento 2205 2RS1	4
Rodamiento 2204 2RS1	8
Chumacera P204	4
Líquido Actibrite para interiores	5
Líquido Actibrite para exteriores	5
Buje de teflón (30 x 34 x 30 mm)	100

Cuadro 9. Lubricantes para plan de mantenimiento preventivo.

Componente	Unidades
HAAS High Temperature Lubricant BB1B631121K	12
Shell OMALA 460 (cubeta de 5 galones)	6
CITGO Lube Air 32 (cubeta de 1 galón)	2
Pure Guard SAE 90 (cubeta de 5 galones)	6
SKF LGHP 2 (alta temperatura)	12
SKF LGFP 2 (grado Alimenticio, 1 galón)	12

C. Análisis financiero de plan de mantenimiento preventivo

El costo obtenido de componentes, lubricantes y mano de obra fue de Q 137 240.48. Para el costo total de plan de mantenimiento preventivo, se asignó un 15% adicional como un factor de seguridad para asegurar los recursos necesarios y mitigar imprevistos en la aplicación del plan. Esto presenta un costo total final del plan de mantenimiento preventivo de Q 157 826.55.

Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se estima que se alcanza a obtener un aumento en producción de galleta Best de 38% que representan 115 422 fardos adicionales anuales. Este dato se determinó según el Cuadro 3. Resultados de análisis de eficiencia de producción de línea no. 3 de galleta Best y los porcentajes de tiempo muerto por mantenimiento anual de 6% previo a la implementación del plan de mantenimiento preventivo y 3.5% posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

El aumento en el beneficio económico para la organización no puede ser cuantificado en este trabajo debido a que se decidió no divulgar esta información por parte de la gerencia. Sin embargo, el aumento en producción cuantificado permite obtener el beneficio económico para justificación de la gerencia en la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

VIII. CONCLUSIONES

- Mediante la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo, se disminuye el tiempo muerto por mantenimiento de la línea de 6% a 3.5%. Se obtiene como resultado un 2.5% de disminución de tiempo muerto por mantenimiento a la línea de producción.
- El aumento de 38% de productividad de la línea de galletas 3 equivale a un aumento de producción de 115 422 fardos adicionales de galleta Best.
- El costo total de componentes, lubricantes y mano de obra del plan de mantenimiento preventivo propuesto es de Q 157 826.55 para el primer año de implementación.
- La implementación del plan de mantenimiento preventivo permite un nivel de control mayor de actividades y materiales para el mantenimiento de la planta, facilitando la gestión de actividades de mantenimiento, activos y personal.
- La metodología para el manejo y planificación de actividades de mantenimiento presentada en este trabajo presta una base para la acreditación de la norma ISO 9001.

IX. RECOMENDACIONES

- Durante la realización del este trabajo se comunicó con la representación de Hebenstreit para Centro América. Esto para solicitar manuales para los equipos de esta marca de la línea no. 3 de galleta Best. En los meses de la realización del trabajo se insistió por estos manuales, sin embargo, la respuesta obtenida fue que habrían solicitados y estarían en contacto cuando se obtuvieran. Si se adquirieran estos manuales, se podría profundizar en el detalle de cada tarea de mantenimiento preventivo de este trabajo en los equipos del horno de galleta, el arco de enfriamiento y la torre de enfriamiento. Así mismo, se podrían empelar los diagramas de estos manuales para los formatos de actividades de mantenimiento preventivo y facilitar aún más su aplicación por parte del equipo de mantenimiento.
- Previo a la implementación del plan de mantenimiento preventivo para la línea no. 3 de galleta Best, se recomienda llevar a cabo una reunión para la explicación del plan y las herramientas que este provee en el mantenimiento preventivo, fomentando el flujo de información para el beneficio de todos los involucrados en la organización.
- Fomentando la facilidad de acceso a la información de todos los integrantes del Departamento de Mantenimiento, se recomienda imprimir como un cartel, el Gantt del plan de mantenimiento preventivo. Colocar este en la oficina del Departamento de Mantenimiento y otra en el taller de metalmecánica. De esta manera, todos estarán enterados de las tareas que deben llevarse a cabo cada semana para los equipos de la línea de producción.
- La información expuesta en el presente trabajo es un paso importante para la implementación del sistema de control SAP R/3 cuando este sea adquirido para la empresa. Esto facilita el manejo de la información en el área de mantenimiento y agiliza los tiempos de respuestas de tareas de mantenimiento.
- Para la certificación de la norma ISO 9001, la misma metodología debe ser implementada en los demás departamentos productivos de la empresa. De esta manera, puede llegarse a proveer de una ventaja competitiva en el mercado local e internacional.
- A medida que el plan de mantenimiento es implementado, se recomienda anotar los componentes adicionales en el plan de mantenimiento preventivo para alimentar la base de información y enriquecer esta, profundizando en el alcance del plan en la iteración del año siguiente.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. 2010. *Mantenimiento seguro - Trabajadores seguros*. Bilbao, España: S.E. 2 págs.
- Barden Precision Bearings. 2018. *Bearing Failure: Causes and Cures*. The Barden Corporation. 15 págs.
- Budynas, Richard y J. Nisbett. 2012. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. 9ª. ed. México D.F: McGraw Hill. 1,039 págs.
- DELTA. *Mantenimiento Integral*. <https://deltaproyectos.com.mx/servicios/mantenimiento-integral-preventivo-y-correctivo/> [20 de enero de 2018]
- Duffuaa, Salih; A. Raouf, y J. Dixon. 2000. *Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control*. México D.F.: Editorial Limusa, S.A. 419 págs.
- Escuela Europea de Excelencia. *Nueva ISO 9001:2015. Infraestructuras y equipamientos*. <http://www.nueva-iso-9001-2015.com/2014/03/nueva-iso-90012015-infraestructuras-y-equipamientos/> [14 de febrero de 2018]
- FAG Sales Europe GmbH. 2002. *Averías de los rodamientos. Reconocimiento de daños e inspección de rodamientos*. Barcelona, España: S.E. 75 págs.
- González, Francisco J. *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. 2ª ed. Madrid, España: FC Editorial. 565 págs.
- Higgins, Lindley; K. Mobley. 2007. *Maintenance Engineering Handbook*. 6ª ed. México D.F.: McGraw Hill. 1,297 págs.
- International Organization for Standardization. 1999. *ISO 4406 Hydraulic fluid power – Fluids – Method for coding the level of contamination by solid particles*. 2ª ed. Ginebra, Suiza. 12 págs.
- International Organization for Standardization. 2015. *ISO 9001 Sistemas de gestión de la calidad*. 4ª ed. Ginebra, Suiza. 60 págs.
- International Organization for Standardization. ISO 9001:2015. <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html> [14 de febrero de 2018]

Linares, Omar. 2018. *Fundamentos de Tribología*. <http://www.widman.biz/boletines/19.html> [28 de febrero de 2018]

Mora Gutiérrez, Alberto. 1999. *Selección y jerarquización de las variables importantes para la gestión de mantenimiento en empresas usuarias o generadoras de tecnologías avanzadas*. Tesis de Doctorado Ph.D. en Ingeniería Industrial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España: S.E. 370 págs.

Moreno, C. R. Rossino. 4 de agosto de 2017. *Mejoría en operaciones de mantenimiento*. Chocolates Best de Guatemala, S.A., Guatemala, C.A. Email: carlos.moreno@biabrand.com. Tel.: (502) 23344556.

Puertas, Jorge L. (septiembre de 2017). *Importancia de la gestión de activos en la estrategia organizacional*. En Luis Urrutia (Presidencia), V Congreso de Mantenimiento y Lubricación Guatemala 2017 “Reduciendo el riesgo de falla”. Revista Maquinaria & Petróleo y STLE. Congreso llevado a cabo en Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Reliabilityweb. *Modelo integral para optimizar la confiabilidad en instalaciones petroleras*. <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/modelo-integral-para-optimizar-la-confiabilidad-en-instalaciones-petroleras> [20 de febrero de 2018]

Rossino, R. R. Rossino. 15 de febrero de 2018. *Posibles Enfermedades e infecciones transmitidas en actividades de plantas de producción*. Clínicas Medicas, Guatemala, C.A. Email: rossinograssi@gmail.com. Tel.: (502) 59054542.

Sachs, Neville. *Gears-and how their world is changing*. <http://www.cscos.com/wp-content/uploads/Mechanical-NY1620-Gears-and-How-Their-World-is-Changing-Neville-Sachs.pdf> [28 de febrero de 2018]

SKF. 2014. *Correas*. SKF Argentina SA. 20 págs.

SKF. *Daños en los rodamientos*. <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/principles/troubleshooting/bearing-failures-and-their-causes/bearing-damage/index.html> [18 de febrero de 2018]

TEXROPE. *Solución de problemas de las transmisiones por correas trapeciales*. <https://www.texrope.com/es/mantenimiento-y-reparacion/diagnostico-de-problemas/solucion-de-problemas-de-las-transmisiones-por-0> [28 de febrero de 2018]

UpWind Solutions. *Forensics of a HSS bearing failure*. <http://www.upwindsolutions.com/blog/forensics-of-a-hss-bearing-failure> [28 de febrero de 2018]

Vargas, Estuardo. (septiembre de 2017). *Acondicionamiento de lubricantes*. En Luis Urrutia (Presidencia), V Congreso de Mantenimiento y Lubricación Guatemala 2017 “Reduciendo el riesgo de falla”. Revista Maquinaria & Petróleo y STLE. Congreso llevado a cabo en Ciudad de Guatemala, Guatemala.

XI. ANEXO A

Anexo 1. Datos indicativos de daños en rodamientos y sus causas.

Característica	Zonas dañadas del rodamiento					Causas típicas de daños en rodamientos					
	Superficies de asiento	Superficies de rodadura	Pestañas y caras de rodillos	Jaula	Obturación	Montaje					
						Proced. De montaje o herramientas incorrectas	Falta de limpieza	Ajuste forzado precarga elevada	Ajuste flojo precarga baja	Mal apoyo de los aros	Error de alineación o flexión de eje
a) Comportamiento de servicio irregular											
Funcionamiento irregular						•	•		•		
Ruido inhabitual						•	•		•	•	
Comportamiento alterado de la temperatura								•			•
b) Aspectos de los componentes del rodamiento desmontado											
Impresiones de cuerpos extraños		•					•				
Daños causados por fatiga		•				•	•	•		•	•
Marcas producidas en las paradas		•									
Cráteres de fusión y estrías		•									
Daños por deslizamiento		•							•		
Impresiones producidas por los cuerpos rodantes. Estrías longitudinales		•	•			•					
Gripado		•	•	•							
Daños por desgaste		•	•	•	•		•				
Daños por corrosión		•	•	•	•						
Daños por calentamiento	•	•	•	•	•			•			
Roturas	•	•	•	•		•		•		•	
Daños debido a oxidación de contacto (falso Brinelling)	•								•	•	

Anexo 2. Continuación, datos indicativos de daños en rodamientos y sus causas.

Característica	Causas típicas de daños en rodamientos									
	Solicitaciones durante el servicio			Influencias del entorno				Lubricación		
	Carga excesiva o insuficiente	Vibraciones	Velocidades de rotación elevadas	Poivo, suciedad	Medios agresivos, agua	Calor externo	Paso de corriente	Lubricante inadecuado	Falta de lubricante	Lubricación excesiva
a) Comportamiento de servicio irregular										
Funcionamiento irregular		•		•	•		•	•	•	
Ruido inhabitual	•	•		•	•		•	•	•	
Comportamiento alterado de la temperatura	•		•			•		•	•	•
b) Aspectos de los componentes del rodamiento desmontado										
Impresiones de cuerpos extraños				•						
Daños causados por fatiga	•			•		•		•	•	
Marcas producidas en las paradas		•								
Cráteres de fusión y estrías							•			
Daños por deslizamiento	•								•	
Impresiones producidas por los cuerpos rodantes. Estrías longitudinales	•									
Gripado	•		•					•	•	
Daños por desgaste				•				•	•	
Daños por corrosión					•			•		
Daños por calentamiento						•		•	•	•
Roturas								•	•	
Daños debido a oxidación de contacto (falso Brinelling)		•								

Anexo 3. *Guía de Mantenimiento y Solución de Problemas* de Martin presentan los tipos de desgates y fallas con causa probable y acciones de mantenimiento.

Problema	Causa Probable / Acción Correctiva
Diente Roto en el Sprocket	<ul style="list-style-type: none"> • En el caso de hierro fundido, remplace por sprockets de acero de línea de <i>Martin</i> (disponibles con endurecimiento en los tamaños de piñón). • Reduzca la carga de choque o rediseñe y remplace por una transmisión mayor. • Revise alineamiento. En caso de desalineación, corrija toda desalineación. • Cambie el sprocket, puede que esté excesivamente endurecido. Debe tener RC40-50.
Desgaste Asimétrico en el Sprocket o Rodillos	<ul style="list-style-type: none"> • Realinee los ejes no paralelos o ejes que no estén en el mismo plano. • Revise ejes. Ejes pueden estar doblados, o sus rodamientos desgastados.
Desgaste en un Lado del Diente del Sprocket o en el Interior de las Placas del Rodillo	<ul style="list-style-type: none"> • Revise el alineamiento del sprocket. Los sprockets que están desalineados o no están paralelos deben ser realineados.
Desgaste en la Punta del Diente del Sprocket	<ul style="list-style-type: none"> • Revise la cadena. La elongación de la cadena es excesiva y debe ser reemplazada.
Cadena Trepa el Sprocket	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión excesiva en la cadena. Retense la cadena, cambie si es necesario. • Desgaste excesivo del sprocket. Cambie el sprocket y la cadena si está gastada. • Insuficientes dientes en el sprocket. Rediseñe la transmisión para más dientes en contacto si hay insuficiente envolvimiento de la cadena. O use tensores de cadena <i>Martin</i>. El sprocket pequeño debe tener al menos 17 dientes. • Material ajeno en la cadena. Provea de cubierta para la transmisión cuando se acumule material en el valle del sprocket. O "desahogos de todo" pueden ayudar. • Desgaste excesivo de la cadena. Cambie la cadena. • Carga excesiva en la cadena. Cambie la cadena. Elimine la causa de sobrecarga.
Cadena se Aferra al Sprocket	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste excesivo del sprocket. Cambie el sprocket y la cadena. • Desalineación de los sprockets. Si necesario cambie cadena y sprockets. Realinee.
Ruido Excesivo	<ul style="list-style-type: none"> • Obstrucción. Elimine interferencias. Cambie la cadena. • Desalineación del Sprocket. Remplace la cadena y/o sprocket(s) si están desgastados. El motriz debe tener dientes endurecidos. Realinee el sprocket, lubrique la cadena y sprocket motriz. • Guarda o soportes del eje flojos. Apriete los sujetadores y realinee los soportes, guarda y cadena. • Tensión excesiva en la cadena. Retense la cadena. • Desgaste de la cadena. Remplace y retense la cadena. • Desgaste del sprocket. Inspeccione daños. Remplace el sprocket y la cadena. • Lubricación inadecuada. Restablezca los procedimientos adecuados de lubricación. Cambie la cadena cuando sea necesario. • Paso de la cadena es demasiado grande. Rediseñe la transmisión con un paso de cadena menor. • Pocos dientes en el sprocket. Revise si puede usar un sprocket más grande. Si no rediseñe la transmisión con un paso de cadena menor.
Desgaste en las Barras y/o Lados del Diente del Sprocket	<ul style="list-style-type: none"> • Desalineación del sprocket. Remplace sprocket y cadena si es necesario. Realinee la transmisión. Retense la cadena.
Vibración Excesiva	<ul style="list-style-type: none"> • Posible rodillo roto o faltante. Remplace o repare la cadena. Revise los soportes de los rodamientos, pueden estar desgastados o rotos.

Anexo 4. Continuación, *Guía de Mantenimiento y Solución de Problemas* de Martin presentan los tipos de desgates y fallas con causa probable y acciones de mantenimiento

Problema	Causa Probable / Acción Correctiva
Uniones Amarradas	<ul style="list-style-type: none"> • Material foráneo o tierra en las uniones de la cadena. Limpie y Lubrique la cadena. • Desalineación. Remplace cadena y sprocket si es necesario. Realinee los sprockets. • Lubricación inadecuada. Remplace la cadena. Cambie a una lubricación adecuada. • Corrosión u óxido internos. Remplace la cadena. Elimine causa de sobrecarga.
Cadena Oxidada	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a humedad. Remplace la cadena. Proteja de la humedad. • Lubricación inadecuada. Provea de lubricación adecuada. Si se requiere cambie la cadena. • Agua en el lubricante. Cambie el lubricante. Proteja el sistema de lubricación del agua. Cambie la cadena.
Pernos Volteados	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricación inadecuada. Remplace la cadena. Cambie a una lubricación adecuada.
Agujeros Ensanchados	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecargas. Remplace la cadena. Elimine la condición de sobrecarga.
Pernos y/o Placas Laterales Rotos	<ul style="list-style-type: none"> • Extrema sobrecarga. Remplace la cadena, y el sprocket si es necesario. Elimine la causa de sobrecarga o rediseñe la transmisión con un mayor paso de cadena.
Partes Faltantes/Rotas Chavetas Faltantes/Rotas	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación incorrecta de los chavetas. Instale nuevas chavetas como se indica la instrucción del fabricante • Vibración. Remplace la cadena. Reduzca la vibración. Use sprockets más grandes. • Velocidad excesivamente alta. Reduzca la velocidad. Remplace la cadena. Rediseñe el transmisión para un paso de cadena menor.
Rodillos Rotos, Fracturados o Deformados	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad demasiado alta. Remplace la cadena. Disminuya la velocidad. • Sprockets demasiado pequeños. Remplace la cadena. Use sprockets más grandes, o posiblemente tenga que rediseñar la transmisión para un paso menor de cadena. • Cadena corre demasiado arriba en el diente del sprocket. Remplace la cadena. Incremente al frecuencia que la cadena es retensada.
Perno con Rozaduras	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricación inadecuada. Reduzca la velocidad o la carga. Posiblemente haya que rediseña la transmisión por un paso de cadena menor. Provea o restablezca una lubricación apropiada.
Superficies Expuestas Corroidas o Picadas	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a ambientes corrosivos. Remplace la cadena. Proteja de ambientes hostiles.
Placas de Eslabones Fracturadas	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a ambientes corrosivos combinado con el estrés de ajuste forzado. Cambie la cadena. Proteja de ambientes hostiles.
Placas de Eslabones Fracturadas (Fatiga)	<ul style="list-style-type: none"> • Cargando por encima de la capacidad dinámica de la cadena. Remplace la cadena. Reduzca la carga dinámica o rediseñe la transmisión por una cadena más grande.
Orillas Golpeadas en Placas	<ul style="list-style-type: none"> • Cadena golpea una obstrucción. Remplace la cadena. Elimine la interferencia.
Contornos Desgastados en las Pacas de los Eslabones	<ul style="list-style-type: none"> • Rose de la cadena con la guarda, guía o una obstrucción. Cambie la cadena si más del 5% de la altura se pierde por desgaste. Retense la cadena. Elimine interferencia.

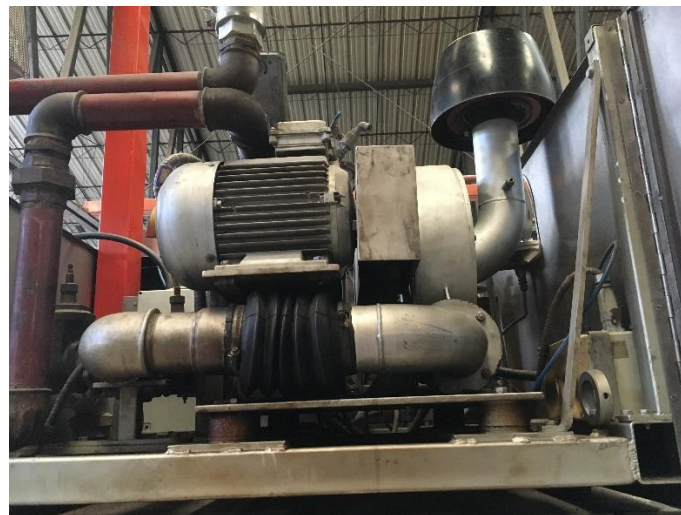
Anexo 5. Cuadro de sumatoria de horas anuales requeridas de parada de línea para mantenimiento preventivo.

Mes	Semana	Horas Semanales Requeridas de Parada de Línea 3 de producción
enero	Semana 1	5
enero	Semana 2	5
enero	Semana 3	5
enero	Semana 4	5
febrero	Semana 1	5
febrero	Semana 2	5
febrero	Semana 3	5
febrero	Semana 4	8
marzo	Semana 1	5
marzo	Semana 2	3
marzo	Semana 3	4
marzo	Semana 4	10
abril	Semana 1	5
abril	Semana 2	3
abril	Semana 3	4
abril	Semana 4	5
mayo	Semana 1	5
mayo	Semana 2	3
mayo	Semana 3	4
mayo	Semana 4	10
junio	Semana 1	5
junio	Semana 2	3
junio	Semana 3	4
junio	Semana 4	5
julio	Semana 1	5
julio	Semana 2	3
julio	Semana 3	4
julio	Semana 4	5
agosto	Semana 1	5
agosto	Semana 2	3
agosto	Semana 3	4
agosto	Semana 4	8
septiembre	Semana 1	5
septiembre	Semana 2	3
septiembre	Semana 3	4
septiembre	Semana 4	10
octubre	Semana 1	5
octubre	Semana 2	3
octubre	Semana 3	4
octubre	Semana 4	5
noviembre	Semana 1	5
noviembre	Semana 2	3
noviembre	Semana 3	4
noviembre	Semana 4	5
diciembre	Semana 1	5
diciembre	Semana 2	3
diciembre	Semana 3	4
diciembre	Semana 4	5
Total		231

Anexo 6. Horno Hebenstreit de galleta wafer de la línea 3.



Anexo 7. Sistema de quemador en horno de galleta wafer.



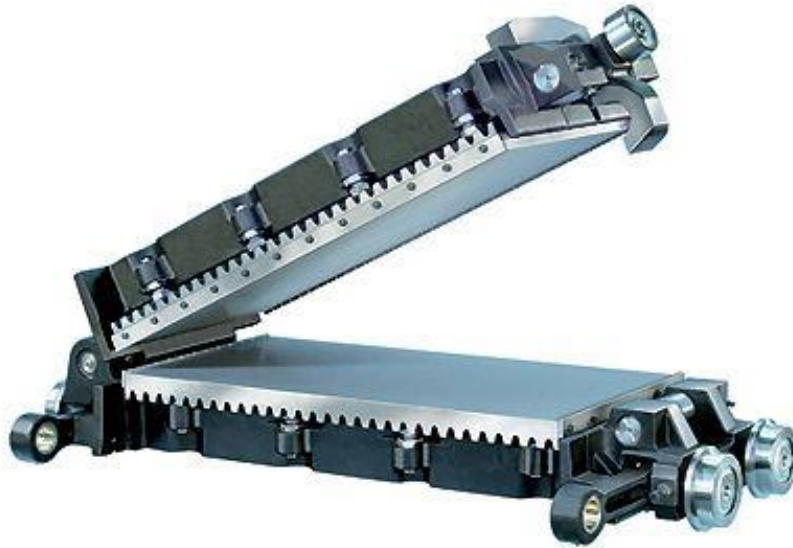
Anexo 8. Sistema de extractores de gases del horno wafer.



Anexo 9. Sistema de tracción de horno wafer.



Anexo 10. Planchas de horno wafer.



Anexo 11. Arco de enfriamiento de galleta.



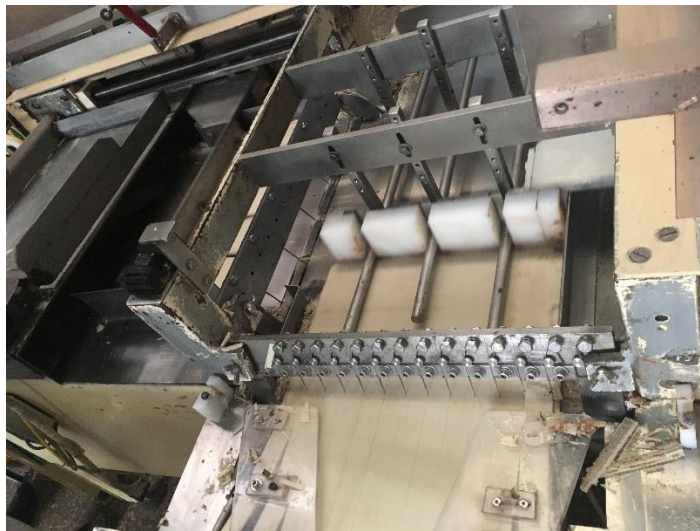
Anexo 12. Encremadora de galleta (fabricación interna).



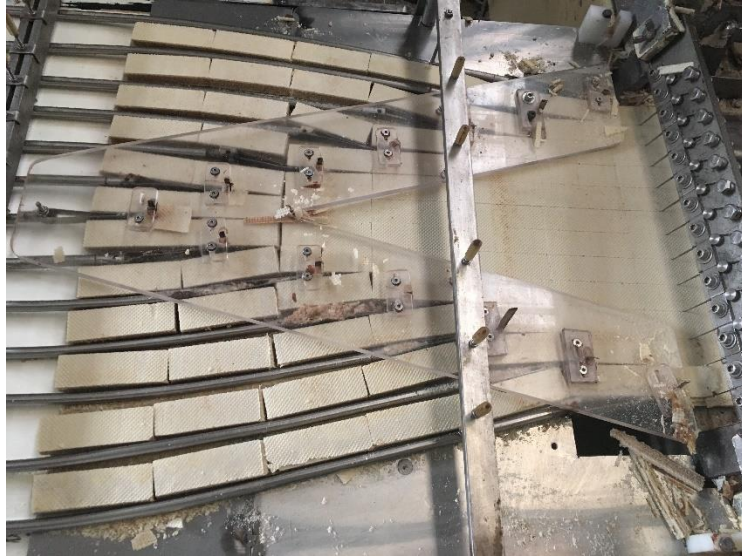
Anexo 13. Torre de enfriamiento de galleta.



Anexo 14. Cortadora de galleta.



Anexo 15. Separador de galleta de cortadora de galleta.



Anexo 16. Enrober (achocolatador de fabricación interna).



Anexo 17. Sistema de soplado de enrober.



Anexo 18. Túnel de enfriamiento.



XII. ANEXO B: Manual de actividades para plan de mantenimiento preventivo de línea 3 de galleta Best

Chocolates Best de Guatemala, S.A.

Departamento de Mantenimiento

Actividades de Mtto. Preventivo

	Código				
Equipo	3	Encremadora	Tiempo Estimado	3	horas
Sistema	3.1	Sistema mecánico	Frecuencia de Mant.	mensual	
Sub-sistema	-		Fecha Inicio		
Nombre Mant.	3.1.1	Revisión y mantenimiento	Fecha Fin		

Equipo de Seguridad
Indumentaria de trabajo adecuada
Lentes de protección
Guantes

Acciones Previas a Intervención
Verificar que el equipo sea desconectado.
Colocar letrero de "Equipo en Mantenimiento".

Componentes	Unidades
desengrasante	1
aceite Pure Guard SAE 90	1
engrasadora manual	1
grasa SKF LGFP 2 gdo. alimenticio	1
rodamiento 2206	2
rodamiento 2205	2
rodamiento 2204	4
chumacera P204	2
aceite Shell Omala 460	1

Herramientas	Unidades
juego de llaves Allen mm	1
llave cola-corona 10 mm	1
llave cola-corona 12 mm	1
llave cola-corona 13 mm	1
llave cola-corona 14 mm	1
llave cola-corona 17 mm	1
llave cola-corona 19 mm	1
llave cola-corona 24 mm	1
estetoscopio mecánico	1
extractor de rodamientos	

Procedimiento
Revisión de rodamientos y ejes. Emplear el estetoscopio mecánico para determinar estado de rodamientos.
Revisión de motorreductores. Revisar el nivel de aceite lubricante en reductor.
Adicionar aceite Shell Omala 460 hasta el nivel recomendado por fabricante.
Verificar que no existan fugas de aceite lubricante en motorreductor.
Revisión de sistema de tracción. Lubricar cadena con aceite Pure Guard SAE 90.
Inspección de cadena. Determinar estado y buscar indicios de desgaste en eslabones y sprocket.
Revisión de estado de rodamientos de rodillo untador de crema (2206). Cambiar de ser necesario.
Revisión de estado de rodamientos de rodillo ajustador de crema (2205). Cambiar de ser necesario.
Revisión de estado de rodamientos de rodillo de banda entrada (2204). Cambiar de ser necesario.
Revisión de estado de rodamientos de rodillo de banda salida (2204). Cambiar de ser necesario.
Revisión de estado de chumaceras empujadoras de obleas (P204). Cambiar de ser necesario. Lubricar con LGFP 2.
Reapriete de tornillería del sistema mecánico, incluyendo castigadores de sprockets.
Limpiar el área de trabajo de partículas contaminantes y/o residuos de aceite.

Anotaciones
adicionales
realizarlas al reverso.

Actividades de Mtto. Preventivo

	Código				
Equipo	4	Torre Enfriamiento	Tiempo Estimado	4	horas
Sistema	4.1	Sistema mecánico	Frecuencia de Mant.	mensual	
Sub-sistema	-		Fecha Inicio		
Nombre Mant.	4.1.1	Mantenimiento y lubricación A	Fecha Fin		

Equipo de Seguridad
Indumentaria de trabajo adecuada
Lentes de protección
Guantes

Acciones Previas a Intervención
Verificar que el equipo sea desconectado.
Colocar letrero de "Equipo en Mantenimiento".

Componentes	Unidades
desengrasante	1
grasa SKF LGFP 2 gdo. alimenticio	1
aceite Pure Guard SAE 90	1
aceite Shell Omala 460	1

Herramientas	Unidades
juego de llaves Allen mm	1
llave cola-corona 10 mm	1
llave cola-corona 12 mm	1
llave cola-corona 13 mm	1
brocha 1"	2
cepillo de alambre	2
engrasadora manual	1

Procedimiento
Limpiar la cadena con desengrasante. Remover puntos donde se acumule miga de galleta.
Inspeccionar estado de cadena. Determinar si existen indicios de puntos de desgaste en eslabones y sprocket.
Anotar en el reverso de la hoja el estado de cadena y posibles desgastes.
Lubricar cadena con aceite Pure Guard SAE 90 y brochas de 1".
Ajustar y alinear cadena y sprocket.
Lubricación de rodamientos con grasa SKF LGFP 2 grado alimenticio.
Revisión de estado de sistema de tracción y motorreductor.
Revisión de nivel de aceite en reductor.
Agregar aceite Shell Omala 460 hasta alcanzar nivel recomendado por fabricante.
Limpiar el área de trabajo de partículas contaminantes y/o residuos de aceite.

Anotaciones
adicionales
realizarlas al reverso.

Chocolates Best de Guatemala, S.A.

Departamento de Mantenimiento

Actividades de Mto. Preventivo

	Código			
Equipo	4	Torre Enfriamiento	Tiempo Estimado	10 horas
Sistema	4.3	Sistema refrigeración	Frecuencia de Mant.	semestral
Sub-sistema	-		Fecha Inicio	
Nombre Mant.	4.3.1	Mantenimiento de sistema	Fecha Fin	

Equipo de Seguridad
Indumentaria de trabajo adecuada
Lentes de protección
Guantes

Acciones Previas a Intervención
Verificar que el equipo sea desconectado.
Colocar letrero de "Equipo en Mantenimiento".

Componentes	Unidades
Actibrite para serpentín interiores (galón)	1
Actibrite para serpentín exteriores (galón)	1

Herramientas	Unidades
extensión de 120 volts	1
barreno	1
copa 3/8"	1
copa con punta Phillips	1
juego de llaves Allen mm	1
multímetro	1
juego de manómetros	1
manguera para agua 40 mts.	1
hidro lavadora	1

Procedimiento
Unidad Evaporadora.
Desmontaje y limpieza de 2 paneles traseros de unidad evaporadora.
Limpieza general de interior y exterior de la Torre, sopletear con aire comprimido la miga de galleta acumulada.
Desmontaje y limpieza de motores, ventiladores y parrilla protectora de ventiladores (6 unidades).
Lavado de serpentines de evaporadora con Actibrite para interiores y agua a alta presión.
Montaje de motores, ventiladores y parrilla protectora de ventiladores.
Montaje de paneles traseros de unidad evaporadora.
Unidad Condensadora.
Desmontaje y limpieza de motores y ventiladores (2 unidades).
Lavado de serpentines de evaporadora con Actibrite para exteriores y agua a alta presión.
Revisión de estado de cableado eléctrico, contactores, sensores y controladores de temperatura, visor de líquido.
Revisión de estado de válvula solenoide.
Anotara en la parte trasera de la hoja el estado de componentes y si requieren cambio.
Montaje de motores y ventiladores.
Revisión de fugas en sistema.
Puesta en marcha. Atención con correcto funcionamiento de sistema.

Anotaciones
adicionales
realizarlas al reverso.

Chocolates Best de Guatemala, S.A.

Departamento de Mantenimiento

Actividades de Mto. Preventivo

	Código			
Equipo	7	Túnel Enfriamiento	Tiempo Estimado	8 horas
Sistema	7.1	Módulo 1	Frecuencia de Mant.	semestral
Sub-sistema	7.1.1	Sistema de refrigeración	Fecha Inicio	
Nombre Mant.	7.1.1.1	Mantenimiento de sistema	Fecha Fin	

Equipo de Seguridad
Indumentaria de trabajo adecuada
Lentes de protección
Guantes

Acciones Previas a Intervención
Verificar que el equipo sea desconectado.
Colocar letrero de "Equipo en Mantenimiento".

Componentes	Unidades
Actibrite para serpentín interiores (galón)	1
Actibrite para serpentín exteriores (galón)	1

Herramientas	Unidades
extensión de 120 volts	1
barreno	1
copa 3/8"	1
copa con punta Phillips	1
juego de llaves Allen mm	1
multímetro	1
juego de manómetros	1
manguera para agua 40 mts.	1
hidro lavadora	1
cinta de aluminio	1

Procedimiento
Unidad Evaporadora.
Desmontaje y limpieza de gabinete frontal y trasero de unidad evaporadora.
Desmontaje y limpieza de motores, ventiladores y parrilla protectora de ventiladores.
Limpieza y revisión de láminas deflectoras.
Lavado de serpentines de evaporadora con Actibrite para interiores y agua a alta presión.
Montaje de motores, ventiladores y parrilla protectora de ventiladores.
Montaje de gabinete frontal y trasero de unidad evaporadora.
Unidad Condensadora.
Desmontaje y limpieza de motores y ventiladores (2 unidades).
Lavado de serpentines de evaporadora con Actibrite para exteriores y agua a alta presión.
Revisión de estado de cableado eléctrico, contactores, sensores y controladores de temperatura, visor de líquido.
Revisión de estado de válvula solenoide.
Anotar en la parte trasera de la hoja el estado de componentes y si requieren cambio.
Montaje de motores y ventiladores.
Revisión de fugas en sistema.
Eliminar posibles entradas de aire en estructura del túnel con cinta de aluminio.
Puesta en marcha. Atención con correcto funcionamiento de sistema.

Anotaciones
adicionales
realizarlas al reverso.

Chocolates Best de Guatemala, S.A.

Departamento de Mantenimiento

Actividades de Mto. Preventivo

	Código			
Equipo	7	Túnel Enfriamiento	Tiempo Estimado	8 horas
Sistema	7.2	Módulo 2	Frecuencia de Mant.	semestral
Sub-sistema	7.2.1	Sistema de refrigeración	Fecha Inicio	
Nombre Mant.	7.2.1.1	Mantenimiento de sistema	Fecha Fin	

Equipo de Seguridad
Indumentaria de trabajo adecuada
Lentes de protección
Guantes

Acciones Previas a Intervención
Verificar que el equipo sea desconectado.
Colocar letrero de "Equipo en Mantenimiento".

Componentes	Unidades
Actibrite para serpentín interiores (galón)	1
Actibrite para serpentín exteriores (galón)	1

Herramientas	Unidades
extensión de 120 volts	1
barreno	1
copa 3/8"	1
copa con punta Phillips	1
juego de llaves Allen mm	1
multímetro	1
juego de manómetros	1
manguera para agua 40 mts.	1
hidro lavadora	1
cinta de aluminio	1

Procedimiento
Unidad Evaporadora.
Desmontaje y limpieza de gabinete frontal y trasero de unidad evaporadora.
Desmontaje y limpieza de motores, ventiladores y parrilla protectora de ventiladores.
Limpieza y revisión de láminas deflectoras.
Lavado de serpentines de evaporadora con Actibrite para interiores y agua a alta presión.
Montaje de motores, ventiladores y parrilla protectora de ventiladores.
Montaje de gabinete frontal y trasero de unidad evaporadora.
Unidad Condensadora.
Desmontaje y limpieza de motores y ventiladores (2 unidades).
Lavado de serpentines de evaporadora con Actibrite para exteriores y agua a alta presión.
Revisión de estado de cableado eléctrico, contactores, sensores y controladores de temperatura, visor de líquido.
Revisión de estado de válvula solenoide.
Anotar en la parte trasera de la hoja el estado de componentes y si requieren cambio.
Montaje de motores y ventiladores.
Revisión de fugas en sistema.
Eliminar posibles entradas de aire en estructura del túnel con cinta de aluminio.
Puesta en marcha. Atención con correcto funcionamiento de sistema.

Anotaciones
adicionales
realizarlas al reverso.

Chocolates Best de Guatemala, S.A.

Departamento de Mantenimiento

Actividades de Mto. Preventivo

	Código			
Equipo	7	Túnel Enfriamiento	Tiempo Estimado	8 horas
Sistema	7.3	Módulo 3	Frecuencia de Mant.	semestral
Sub-sistema	7.3.1	Sistema de refrigeración	Fecha Inicio	
Nombre Mant.	7.3.1.1	Mantenimiento de sistema	Fecha Fin	

Equipo de Seguridad
Indumentaria de trabajo adecuada
Lentes de protección
Guantes

Acciones Previas a Intervención
Verificar que el equipo sea desconectado.
Colocar letrero de "Equipo en Mantenimiento".

Componentes	Unidades
Actibrite para serpentín interiores (galón)	1
Actibrite para serpentín exteriores (galón)	1

Herramientas	Unidades
extensión de 120 volts	1
barreno	1
copa 3/8"	1
copa con punta Phillips	1
juego de llaves Allen mm	1
multímetro	1
juego de manómetros	1
manguera para agua 40 mts.	1
hidro lavadora	1
cinta de aluminio	1

Procedimiento
Unidad Evaporadora.
Desmontaje y limpieza de gabinete frontal y trasero de unidad evaporadora.
Desmontaje y limpieza de motores, ventiladores y parrilla protectora de ventiladores.
Limpieza y revisión de láminas deflectoras.
Lavado de serpentines de evaporadora con Actibrite para interiores y agua a alta presión.
Montaje de motores, ventiladores y parrilla protectora de ventiladores.
Montaje de gabinete frontal y trasero de unidad evaporadora.
Unidad Condensadora.
Desmontaje y limpieza de motores y ventiladores (2 unidades).
Lavado de serpentines de evaporadora con Actibrite para exteriores y agua a alta presión.
Revisión de estado de cableado eléctrico, contactores, sensores y controladores de temperatura, visor de líquido.
Revisión de estado de válvula solenoide.
Anotar en la parte trasera de la hoja el estado de componentes y si requieren cambio.
Montaje de motores y ventiladores.
Revisión de fugas en sistema.
Eliminar posibles entradas de aire en estructura del túnel con cinta de aluminio.
Puesta en marcha. Atención con correcto funcionamiento de sistema.

Anotaciones
adicionales
realizarlas al reverso.

XIII. ANEXO C: Gantt de planificación de actividades de mantenimiento preventivo

Nomenclatura para Gantt de planificación de actividades de mantenimiento preventivo.

■	Requiere paro de línea
■	No requiere paro de línea

XIV. GLOSARIO

EPI: Siglas para *Equipos de Protección Individual*. Entre estos se encuentran los lentes protectores, guantes de mecánico, tapones de protección auditiva, mascarilla para ambientes con partículas suspendidas.

Gdo.: Abreviatura empleada para la palabra *Grado*.

KPI (*Key Performance Indicator*): Indicador Clave de Rendimiento por sus siglas en inglés. Permite mantener un control de las variables medibles, las cuales proveen de información acerca de la operación de procesos y su éxito o fracaso.

Mtto.: Abreviatura empleada para la palabra *Mantenimiento*.

RR. HH.: Abreviatura empleada para la palabra *Recursos Humanos*.