

IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EN SAP BASADO EN
LA METODOLGÍA DE RCM PARA UNA MÁQUINA LAVADORA DE BOTELLAS

FERNANDO BELTRÁN FARFAN
JOHN JAIRO LEDESMA VARGAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ D.C.

2009

IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EN SAP BASADO EN
LA METODOLGÍA DE RCM PARA UNA MÁQUINA LAVADORA DE BOTELLAS

FERNANDO BELTRÁN FARFAN
JOHN JAIRO LEDESMA VARGAS

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de Especialista en
Gerencia de Mantenimiento

Director: WILLIAM RICARDO LAITON
Ingeniero Electricista
Especialista en Automatización Industrial

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ D.C.

2009

AGRADECIMIENTOS

¿Como hace una persona para agradecer? Cuando hay tantas personas a las que hay que decirles GRACIAS, Obviamente, esta monografía está dedicada a nuestros padres, que son el modelo más poderoso de apoyo incondicional a nuestro crecimiento personal y profesional.

Para comenzar, la lista de personas directamente responsables de que esta monografía se convirtiera realidad, incluimos a nuestro gerente de área Javier Huertas por permitirnos el tiempo para la ejecución de nuestro posgrado; a nuestro compañero Diego López coordinador de mantenimiento por el acompañamiento y el soporte técnico; nuestro compañero Alain Moreno planificador controlador por el respaldo en la ejecución de las tareas en el salón de envase; a nuestro director de proyecto Ricardo Laitón por su coaching y apoyo profesional en el manejo de cuidado de activos y a todo el grupo de profesionales, técnicos y operadores de la planta Bavaria que nos apoyaron en la realización y ejecución de los análisis de causa raíz de nuestro equipos críticos del proceso.

También queremos hacer extensivo este sentido de agradecimiento a todos los docentes presentes a lo largo de nuestro postgrado y a todas aquellas personas que hicieron parte de la logística de nuestras clases, facilitándonos los medios para el aprendizaje.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. PLANTA BAVARIA TOCANCIPA.....	2
1.1 HISTORIA.....	2
1.2 PROCESO DE ENVASADO.....	3
1.2.1. Proceso cervecero.....	4
1.2.2. Proceso envasado.....	9
1.2.3. Servicios industriales.....	18
1.3 ESTRUCTURA DE MANTENIMIENTO.....	19
1.3.1 Coordinador de unidad.....	20
1.3.2 Ingeniero gestión calidad.....	21
1.3.3 Profesional entrenamiento.....	21
1.3.4 Ingeniero líder de equipo.....	22
1.3.5 Programador controlador de mantenimiento.....	23
1.3.6 Estructura unidad de mantenimiento envasado.....	24
1.4 CONDICIONES ACTUALES.....	27
1.4.1 Horas calendario.....	29
1.4.2 Horas fábricas pagadas.....	29
1.4.3 Horas fábricas pagadas ajustadas.....	30
1.4.4 Horas en operación.....	34
1.4.5 Horas en proceso.....	34
1.4.6 Horas máquina.....	35
1.4.7 Pérdidas por tiempo inútil.....	36
1.4.8 Pérdidas por baja velocidad.....	37
1.4.9 Pérdidas por calidad.....	38
1.4.10 Horas estándar.....	39
1.4.11 Ejemplo cálculo de eficiencia de fábrica y eficiencia mecánica.....	40

1.5	CÁLCULO OME.....	41
2.	ASPECTOS TEORICOS DE MANTENIMIENTO.....	43
2.1	MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM).....	43
2.1.1	Proceso lógico completo de RCM.....	45
2.2	MSG 2 Y MSG 3.....	46
2.2.1	Procedimiento de análisis metodología MSG-3.....	47
2.3	MODULO DE MANTENIMIENTO PM – SAP.....	58
2.3.1	Tipos de avisos modulo PM SAP.....	59
2.3.2	Tipos de órdenes de mantenimiento.....	63
3.	ANALISIS DE INFORMACION.....	64
3.1	ANALISIS DE CRITICIDAD DEL PROCESO.....	64
3.1.1	Clasificación ABC de maquinaria.....	64
3.2	CONDICIONES DE MANTENIMIENTO ACTUALES.....	73
3.2.1	Costos de mantenimiento.....	74
3.2.2	Tiempos de mantenimiento programado.....	75
3.3	ANALISIS DE FALLAS.....	76
3.4	CÁLCULO DE INDICADORES DE MANTENIMINETO DEL EQUIPO CRÍTICO.....	86
4.	PROPUESTA DE APLICACIÓN DE RCM AL EQUIPO.....	88
4.1	ESTUDIO METODOLOGIA DE RCM.....	88
5.	IMPLEMENTACION DE PROGRAMA EN SAP.....	97
6.	ANALISIS DE RESULTADOS.....	101
7.	CONCLUSIONES	103

BIBLIOGRAFIA

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura proceso de cervecero.....	3
Figura 2. Flujograma proceso elaboración.....	4
Figura 3. Transformación de los azúcares.....	6
Figura 4. Fotos de tierra diatomácea.....	8
Figura 5. Proceso de envasado.....	9
Figura 6. Sistema de introducción botellas lavadora de botellas.....	10
Figura 7. Esquema general de la lavadora de botellas.....	10
Figura 8. Etapas de lavado interno de las botellas.....	11
Figura 9. Etapas del proceso de llenado de botellas.....	12
Figura 10. Diagrama del funcionamiento térmico del pasteurizador de túnel.....	14
Figura 11. Diagrama del sistema hidráulico del pasteurizador de túnel.....	14
Figura 12. Diagrama del proceso de etiquetado.....	15
Figura 13. Estructura de roles del salón de envasado.....	19
Figura 14. Estructura de roles unidad mantenimiento del salón de envasado.....	24
Figura 15. Diferentes tiempos perdidos que se atribuyen a la reducción de Productividad.....	29
Figura 16. Cálculo Del componente Del OME en SAP.....	42

Figura 17. Diagrama grupo de trabajo para análisis de RCM.....	42
Figura 18. Ejemplo de partición de un equipo.....	48
Figura 19. Ejemplo de relaciones causa – efecto.....	49
Figura 20. Matriz probabilidad Vs consecuencia.....	51
Figura 21. Diagrama de decisión nivel 1 de lógica MSG-3.....	52
Figura 22. Diagrama fallas evidentes nivel 2 efectos de seguridad.....	53
Figura 23. Diagrama fallas evidentes nivel 2 efectos de producción.....	54
Figura 24. Diagrama fallas evidentes nivel 2 efectos no de producción.....	55
Figura 25. Diagrama fallas ocultas nivel 2 efectos de seguridad.....	56
Figura 26. Diagrama fallas ocultas nivel 2 efectos no de seguridad.....	57
Figura 27. Tipos de órdenes de mantenimiento modulo PM SAP.....	58
Figura 28. Clasificación ABC para equipos.....	65
Figura 29. Tipos de mantenimiento aplicados por clasificación.....	66
Figura 30. Gráfica de costo por tipos de orden de mantenimiento línea 4 año 2008.....	74
Figura 31. Gráfica de costos por tipo de operación línea año 2008.....	75
Figura 32. Gráfica de tiempos programados de mantenimiento línea 4 año 2008.....	76
Figura 33. Diagrama de subconjuntos lavadora de botellas.....	77
Figura 34. Sistema de cargue lavadora.....	78
Figura 35. Sistema de descarga lavadora.....	78
Figura 36. Sistema de extracción de etiquetas	79

Figura 37. Sistema de enjuague presión de botellas.....	80
Figura 38. Diagrama de división de máquina lavadora de botellas línea 4.....	90
Figura 39. Formato división del equipo	91
Figura 40. Formato de análisis de modo de fallas.....	92
Figura 41. Matriz de probabilidad Vs consecuencia.....	92
Figura 42. Formato análisis de modo de falla mostrando decisión sobre que Elementos se debe analizar con el diagrama de decisión.....	93
Figura 43. Formato de administración de tareas.....	95
Figura 44. Procedimiento para generación de planes de mantenimiento.....	97
Figura 45. Plan de mantenimiento en SAP.....	100

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de líneas de envasado cervecería Tocancipá.....	2
Tabla 2. Cálculo del OME.....	26
Tabla 3. Tipos de avisos modulo PM SAP.....	44
Tabla 4. Criterios de clasificación ABC de equipos.....	64
Tabla 5. Resumen de tiempos perdidos línea 4 envasado año 2008.....	67
Tabla 6. Calculo de disponibilidad línea 4.....	68
Tabla 7. Calculo de MTBF y frecuencia de falla equipos línea 4.....	69
Tabla 8. Calculo de MTTR equipos línea 4.....	71
Tabla 9. Clasificación ABC de equipos línea 4.....	72
Tabla 10 Comparación de aspectos de equipos críticos línea 4.....	73
Tabla 11. Costos de mantenimiento línea 4 año 2008.....	74
Tabla 12. Resumen de tiempos programados de mantenimiento línea 4 año 2008.....	75
Tabla 13 Resumen de fallas subconjuntos lavadora línea 4.....	80
Tabla 14. Resumen de modos de falla para subconjuntos de lavadora línea 4.....	81
Tabla 15. Acciones preventivas y correctivas para los diferentes modos de falla.....	82
Tabla 16. Calculo de indicadores para subconjuntos.....	86
Tabla 17. Elementos significativos en sub-conjuntos.....	88
Tabla 18. Planes de mantenimiento creado para lavadora de botellas línea 4.....	100

RESUMEN

TITULO: IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EN SAP BASADO EN LA METODOLGÍA DE RCM PARA UNA MÁQUINA LAVADORA DE BOTELLAS

AUTORES: FERNANDO BELTRÁN FARFAN - JOHN JAIRO LEDESMA VARGAS

PALABRES CLAVES: MANTENIMIENTO, RCM, SAP.

DESCRIPCIÓN: En el ambiente del proceso de envasado la disponibilidad de las líneas es muy importante para reducir las pérdidas en capacidad instalada, en productividad, en la calidad del producto envasado y la merma. Bajas eficiencias repercuten negativamente en lograr alcanzar las metas de ventas así como en las expectativas de los clientes.

Es imprescindible la captación y el control de todos los aspectos que generan pérdidas de tiempo en las líneas del envasado, con el objetivo de minimizar los paros y mejorar los resultados de eficiencia. Para ello es importante aplicar metodologías como el RCM que nos permitan generar estrategias para garantizar el correcto funcionamiento del proceso.

Todos los indicadores de "eficiencia" reflejan diferentes aspectos del rendimiento del equipo en relación a las horas disponibles y los diferentes tipos de pérdidas sobre un tiempo determinado.

Líneas de envasado tienen limitaciones intrínsecas de diseño y capacidad y todo el tiempo perdido se tiene que convertir en Pérdida de la capacidad de producción.

El objetivo principal de este documento es analizar las situaciones que se viven a diario en un proceso de envasado, determinar su influencia en los resultados y diseñar así un plan que nos permita reducir y controlar las perdidas que se presentan en uno de los equipos mas críticos.

* Implementación de un programa de mantenimiento en SAP basado en la metodología de RCM para una máquina lavadora de botellas.

**Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director William Ricardo Laiton, Ing.

SUMMARY

TITLE: IMPLEMENTATION OF A MAINTENANCE PROGRAM BASED ON SAP AND RCM METHODOLOGY FOR A BOTTLE WASHING MACHINE

AUTHORS: FERNANDO BELTRÁN FARFAN - JOHN JAIRO LEDESMA VARGAS

KEY WORD: MAINTANANCE, SAP, RCM.

DESCRIPTION: In a beverage-packaging environment line availability is critical to minimize loss of installed capacity, productivity, packaged product quality and waste. Poor efficiencies have an adverse effect on reliability in meeting sales demands and customer needs and expectations.

It is therefore essential to accurately capture and manage all aspects of lost time incurred on the packaging lines, with the objective of minimize the failures and improve the efficiency results. For that it is important the use methodologies like RCM that help us to design strategies to guarantee the correct working of the process.

All the “efficiency” measures depict different aspects of equipment/plant performance relative to the available hours and different types of losses over a given period. The following graphic depicts the relationship between the various time losses and the base of available calendar hours at the top of the chart.

Packaging lines have inherent design – capacity limitations, and all downtime needs to be translated into loss of production capacity.

The principal objective of this document is analyze all the daily situations living in a packaging process, establish their influence in the results and design a program that help us to reduce and control the downtimes presented in one of the most critical equipment.

GLOSARIO

HI: Hectolitros.

ADT: Activo desplegable de negocio.

EETQ: Sistemas de extracción de etiqueta.

MABO: Sistema de manejo de botellas.

DSL A: Sistema de descarga de botellas.

RCA: Análisis de causa raíz.

OME: Eficiencia global de mantenimiento.

PM: Modulo de administración de mantenimiento.

INTRODUCCION

Las exigencias en el mejoramiento continuo de los procesos y la disminución de los costos de operación y mantenimiento son dentro de las industrias en actualidad un pilar de sostenibilidad dentro de un marco global cambiante en donde la organización que no se adapte a este entorno tiende a desaparecer o a ser absorbida.

Por eso la adopción o implementación de estrategias como manufactura de clase mundial o metodologías como mantenimiento centrado en confiabilidad buscan como objetivo encontrar mejoras en la confiabilidad de los equipos críticos del proceso para optimizar los paros funcionales y los sobrecostos por la aplicación del mantenimiento correctivo.

Con estos antecedentes se quiso realizar esta investigación con el objetivo de iniciar un proceso de creación de programas de mantenimiento utilizando una metodología ya probada en cervecerías de los Estados Unidos con excelentes resultados y adaptarlas a nuestro medio. Además implementar el programa de mantenimiento creado en el sistema de información de la organización (SAP) utilizando como piloto una de las máquinas más críticas del proceso como es la lavadora de botellas.

1. PLANTA BAVARIA TOCANCIPA

1.1 HISTORIA

Cervecería Leona fue una empresa Colombiana asentada en el Municipio de Tocancipá a 41km de Bogotá, fundada el 24 de Agosto de 1992 por el Grupo empresarial Ardila Lulle, su construcción y lanzamiento se realizó en dos fases, la fase 1 terminada el 15 enero 1994 con una capacidad 2'500.000 hectolitros/ año y la fase 2 terminada en octubre 2006 con una producción total de 7'000.000 hectolitros/ año.

El grupo empresarial Ardilla Lulle dueña de RCN Radio y Televisión y Postobón entre otras compañías, construyó a Cervecería Leona como contrapeso en el mercado de las cervezas al Grupo Santo Domingo que con su empresa Bavaria acapara todo el mercado en Colombia.

Cervecería Leona introdujo el concepto de envases Twist off o destapa fácil en sus productos como innovación en Colombia, pero en el año 2000 fue vendida en su totalidad a Bavaria S.A. Debido a que los resultados no fueron los esperados; en este año se inicio a producir los productos Bavaria en esta planta.

En el año 2006 se produce la fusión entre SABMiller Brewery – Bavaria, en donde se incluyen las 7 unidades industriales de Colombia, como entre otras unidades industriales ubicadas en Perú, Panamá y Ecuador.

La planta de Bavaria Tocancipá cuenta hoy en día con una capacidad instalada de 7'000.000 hectolitros anuales, que actualmente representa el 30% de la producción nacional de cerveza.

El salón de envasado cuenta cinco líneas de producción; cuatro de las cuales son de botellas y una de latas.

Tabla 1. Características de líneas de envasado cervecería Tocancipá.

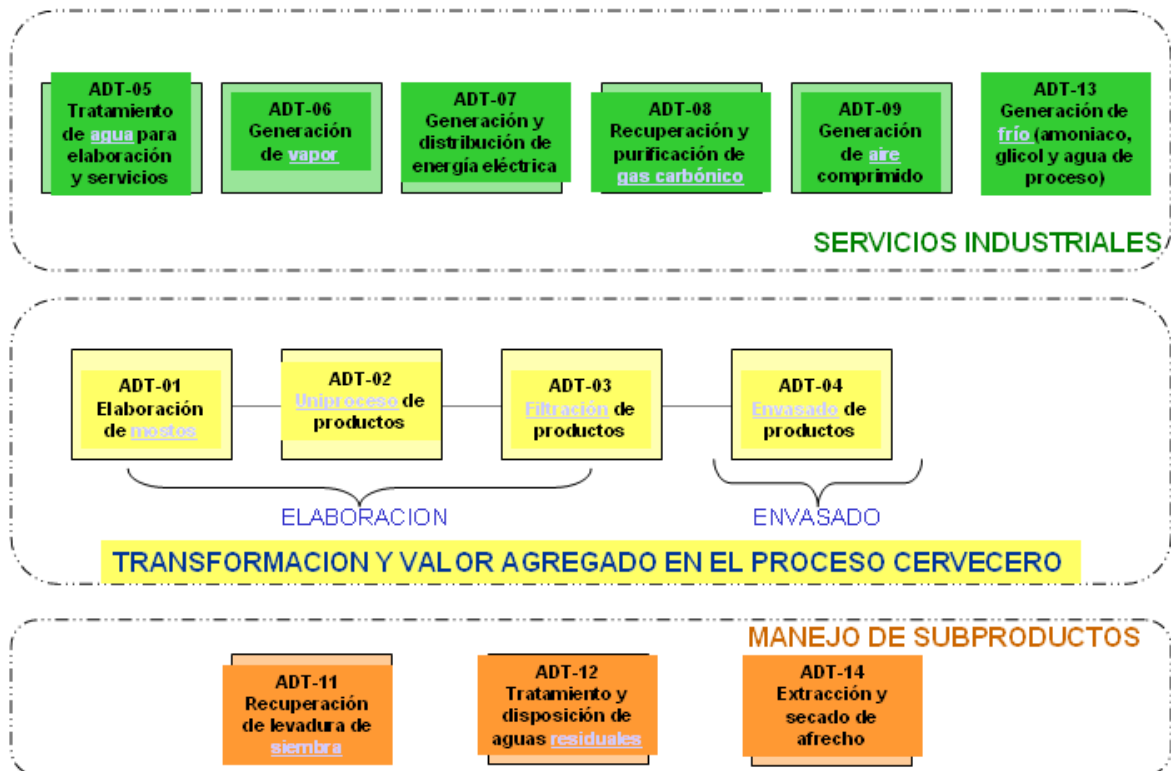
<i>Equipo</i>	<i>Marca</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Tipo de envase</i>
Línea 1	Krones	110.000 Bot/ h	Botellas de vidrio retornable
Línea 2	KHS	54.000 Bot/h	Botellas de vidrio retornable y no retornable
Línea 3	Krones	120.000 Bot/ h	Botellas de vidrio retornable
Línea 4	Krones	120.000 Bot/ h	Botellas de vidrio retornable
Línea 5	Simonazzi	90.000 Lat/h	Latas

Fuente: Autores.

1.2 PROCESO DE ENVASADO

1.2.1 Proceso cervecero

Figura. 1 Estructura proceso cervecero



Fuente: Bavaria S.A

- **Proceso de elaboración**

El siguiente proceso sólo se lleva a cabo con las materias primas seleccionadas y analizadas:

1. Molienda de la malta de cebada: Busca dar el tamaño de partícula adecuado para el mejor desempeño de los procesos posteriores.

2. Maceración: Tiene como objetivo básico extraer las sustancias solubles de la malta y los adjuntos de Cervecería, los cuales se solubilizan por la acción enzimática. Las enzimas son aportadas naturalmente por la malta.

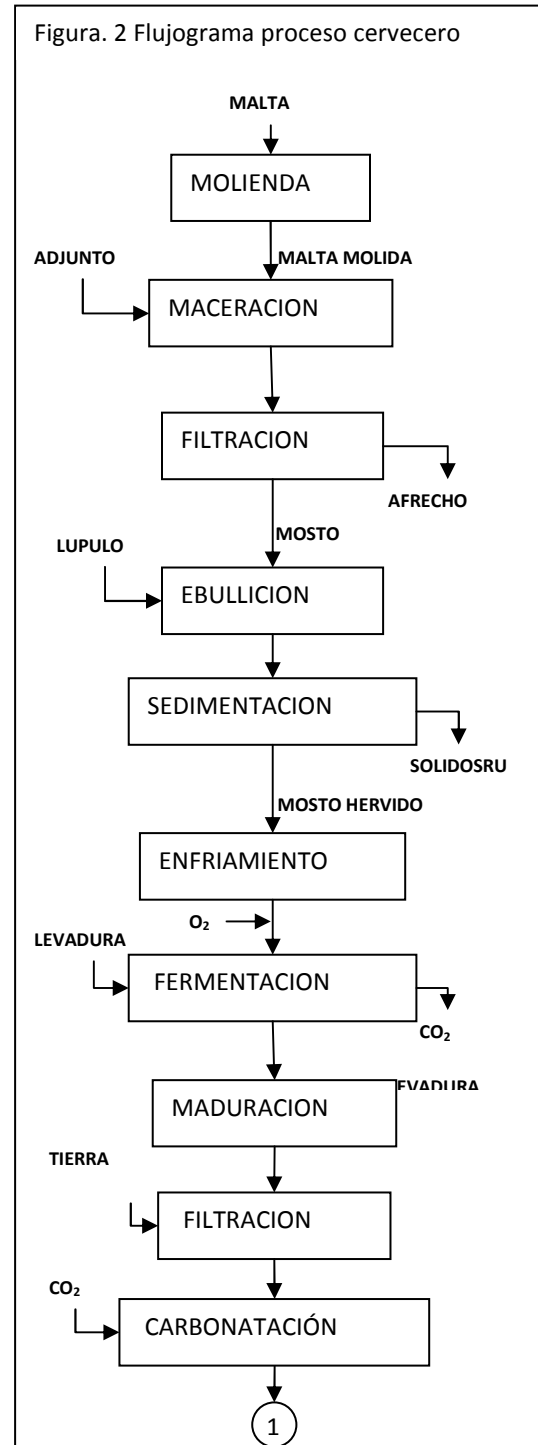
3. Filtración del mosto: Busca obtener un mosto brillante y libre de sedimentos.

4. Ebullición: Se realiza con el fin de estabilizar el mosto inactivando la acción enzimática, obtener un mosto estéril, coagular proteínas para obtener un producto fisicoquímicamente estable, solubilizar las sustancias amargas del lúpulo y obtener un mosto con las características de la marca de cerveza.

5. Sedimentación: Una vez finalizada la ebullición se separa la fracción sólida del mosto hervido.

6. Enfriamiento: En esta etapa se dan las condiciones de temperatura y contenido de oxígeno para que la levadura logre efectuar el proceso de fermentación.

7. Fermentación: A condiciones controladas se realiza la fermentación del mosto; al lograr un nivel de extracto fermentable residual cercano a la especificación de diseño, se separa la levadura mediante enfriamiento de la cerveza verde.



Fuente: Autores.

8. Maduración: Posteriormente la cerveza es mantenida a baja temperatura durante un tiempo que permita su clarificación natural y estabilización del sabor.

9. Filtración y carbonatación de la Cerveza: Finalmente la cerveza es filtrada fría a través de un medio filtrante como tierra de diatomáceas de tal forma que se asegura que no pueda pasar ninguna partícula apreciable a la vista. Posteriormente la cerveza es carbonatada para alcanzar el nivel de CO₂ del producto final.

- **Fermentación**

En la industria se conoce el término *Fermentación* como la descomposición de sustancias orgánicas, por la acción de microorganismos, con desprendimiento de gases y generación de calor.

Las levaduras, mohos y bacterias son los microorganismos que causan la fermentación. Dependiendo del microorganismo y el sustrato (alimento), se obtienen productos de fermentación diferentes.

Muchos de los productos que consumimos normalmente incluyen procesos de fermentación en su producción: cervezas, vinos, ácido cítrico, vinagre, yogurt, pan, café, quesos, etc.

Hay dos clases de fermentación en cervecería:

De superficie:

- Se utiliza la levadura “**Saccharomyces cerevisiae**”, la cual tiene como característica que al final de la fermentación se va a la superficie del tanque (cervezas tipo **ALE**).
- La temperatura de fermentación es de 15 – 25 °C.

De fondo:

- ❑ Se usa la levadura tipo “**Saccharomyce uvarum o calbergensis**”, la cual se va al fondo del tanque cuando termina la fermentación (cervezas tipo **LAGER**).
- ❑ La temperatura de fermentación es de 10 – 14 °C.

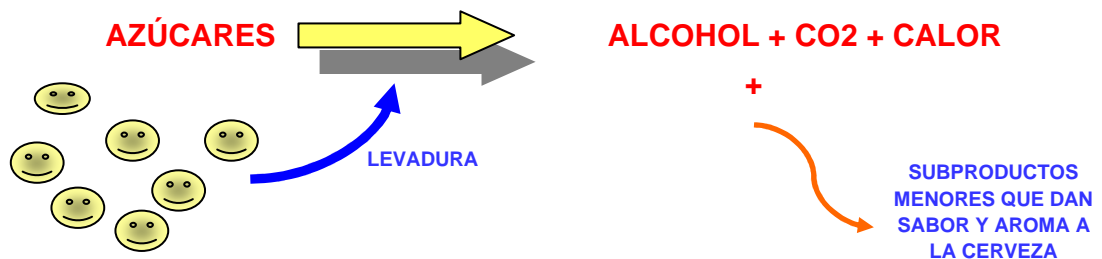
“TODAS LAS CERVEZAS DE BAVARIA SON TIPO LAGER”

Etapas de la Fermentación

La Fermentación ocurre en dos etapas:

- ❑ Una **aeróbica** (en presencia de oxígeno) en donde la levadura se reproduce.
- ❑ Una **anaeróbica** (sin presencia de oxígeno) en la cual la levadura fermenta el mosto convirtiendo los azúcares en alcohol, gas carbónico, calor y otros subproductos menores.

Figura 3. Transformación de los azúcares



Fuente: Bavaria S.A

- **Maduración**

Una vez la cerveza ha fermentado y se ha separado la levadura, la cerveza es enfriada a -1 / -2 °C, se traspasa a otro tanque y se mantiene fría durante cierto periodo de tiempo. Esta etapa se conoce como *Maduración*.

Cuando los procesos de Fermentación y Maduración se efectúan en el mismo tanque se conoce como *Uniproceso* y los tanques como *Unitanques*.

Los Objetivos de la maduración son:

- Dejar sedimentar la materia amorfa y restos de levadura que aún contiene la cerveza.
- Precipitar y separar compuestos proteínicos, que se insolubilizan a baja temperatura y pueden producir turbidez en el producto envasado.
- Refinar el sabor por eliminación de sustancias volátiles que causan el sabor verde de la cerveza (compuestos de azufre y diacetilo).

Al final de la maduración se tiene una cerveza más “limpia” sensorialmente y bien clarificada, los procesos conjuntos de Fermentación y Maduración duran mínimo 14 días (de los cuales aproximadamente 7 corresponden a la fermentación).

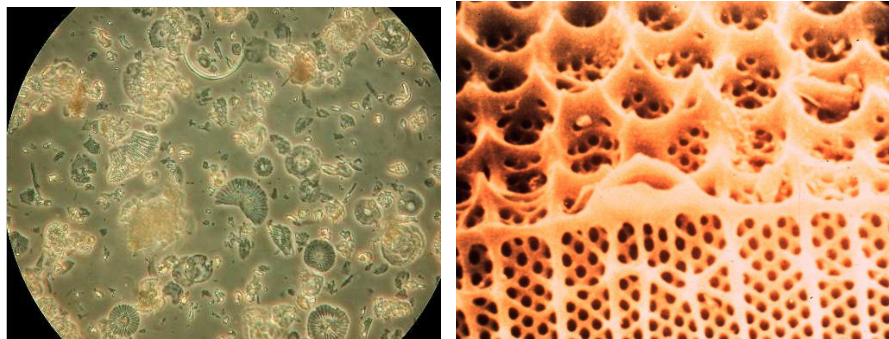
- **Filtración**

Una vez la cerveza ha terminado la maduración presenta una apariencia turbia y además – normalmente – está concentrada por lo que debe ser filtrada, mezclada con agua desaireada y carbonatada para obtener el producto final.

El objetivo de la filtración Obtener una cerveza clara, brillante y estable, separando la mayor cantidad posible de sólidos, utilizando un medio filtrante, que retiene la mayor parte de las partículas sólidas contenidas en la cerveza.

- ❑ Existen diferentes tipos de filtros (verticales, horizontales, de velas) pero todos utilizan la tierra diatomácea como medio filtrante.
- ❑ La tierra diatomácea es un material totalmente inerte, muy fino y poroso formado por fósiles de algas microscópicas y que se extrae de minas.
- ❑ Debido a sus finos poros, la tierra retiene o “atrapa” los sólidos presentes en la cerveza, dejándola completamente brillante.

Figura 4. Fotos de tierra diatomácea (tomadas con microscopio electrónico)



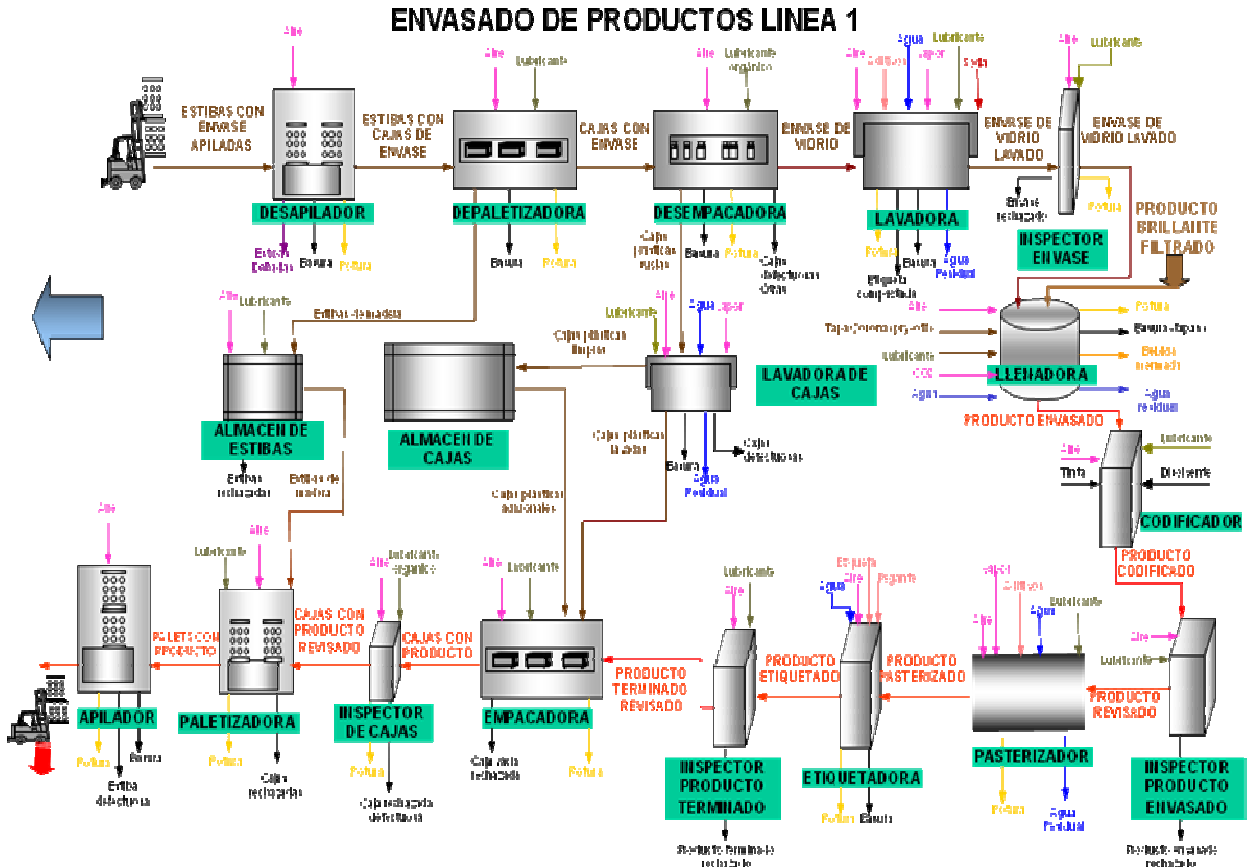
Fuente: Bavaria S.A

1.2.2 Proceso de envasado

- **Alimentación de envase a la línea de producción**

Los palets son llevados por medio de montacargas a la línea de producción y son alimentados a una máquina automática (desempacadora) que realiza la operación de depaletización o colocación de las botellas en los transportadores de envase.

Figura 5. Proceso de envasado



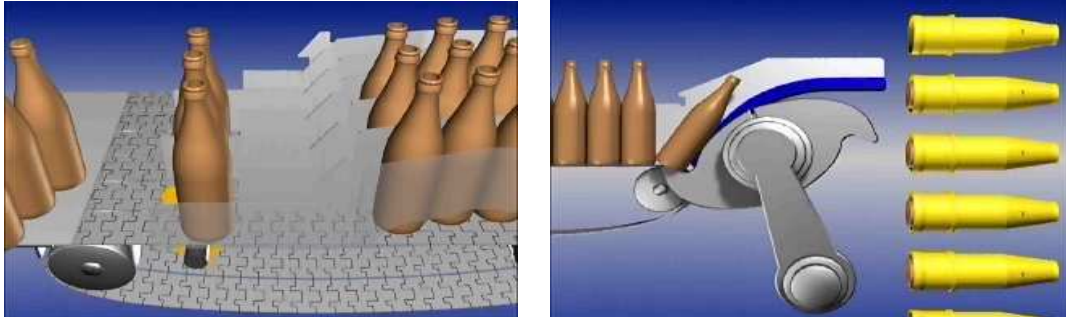
Fuente: Bavaria S.A.

- **Lavado de envase**

Las botellas, provenientes de la desempacadora, son alineadas para que entren de manera ordenada a la mesa del cargue de la lavadora de botellas.

Cada botella es ingresada a un bolsillo de lavado, los cuales están diseñados para cada tamaño de botella y son fabricados de material plástico.

Figura 6. Sistema de introducción botellas lavadora de botellas

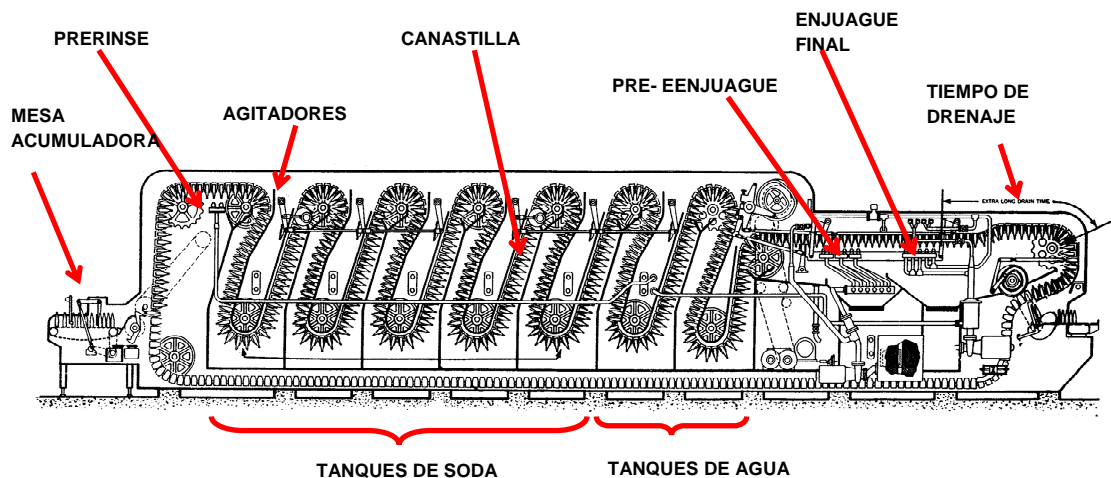


Fuente: Bavaria S.A

Las botellas son sumergidas en una serie de tanques que contienen una solución de soda cáustica y aditivos a diferentes temperaturas con el fin de realizar la limpieza y esterilización del envase.

Una vez las botellas han pasado por los tanques con soda, pasan a otra serie de tanques con agua potable con el fin de enfriar las botellas y realizar un proceso de enjuague de las mismas.

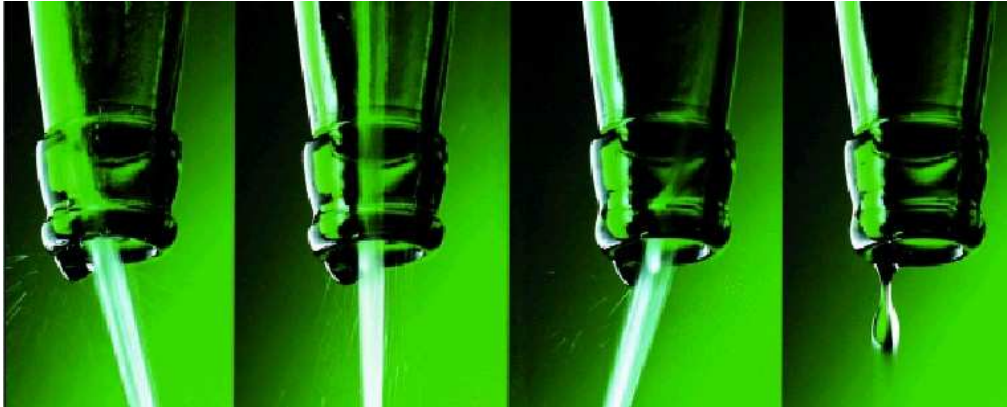
Figura 7. Esquema general de la lavadora de botellas



Fuente: Catalogo Lavadora KHS

Adicionalmente, las botellas son sometidas a una serie de duchas con agua fresca, tanto interna como externamente.

Figura 8. Etapas de lavado interno de las botellas



Fuente: Bavaria S.A

En esta etapa del proceso se tienen establecidos los siguientes controles:

- Concentración de soda en los tanques de la lavadora
 - Temperatura de la soda en los tanques
 - Nivel de la soda en los tanques
 - Velocidad de la máquina
 - Presiones del agua de enjuague
 - Funcionamiento de flautas, bolsillos y presostato
 - Prueba de enjuague de botellas y prueba de azul de metileno
-
- **Inspección de envase**

Las botellas lavadas pasan posteriormente a través de un inspector electrónico de envase y cada una de ellas es inspeccionada por medio de una cámara electrónica con el fin de revisar que las botellas se encuentren libres de elementos extraños o defectos tales como fisuras, rotura o líquido residual.

En esta etapa del proceso se tiene establecido el control de revisión y paso de las botellas o estándares de prueba.

- **Llenado de envase**

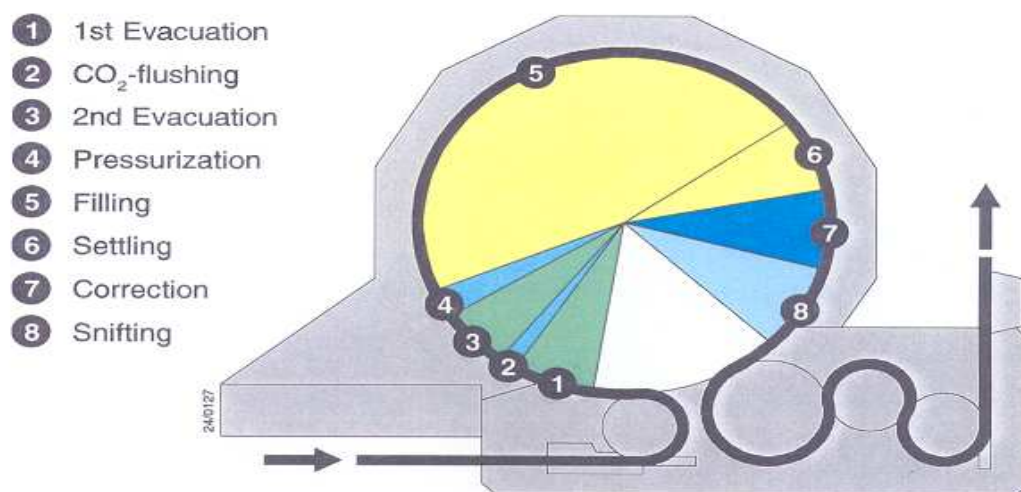
Las botellas inspeccionadas electrónicamente pasan posteriormente al proceso de llenado.

La máquina llenadora envasa de manera automática el producto a un nivel de llenado determinado para cada botella y adicionalmente realiza la colocación automática de la tapa.

En esta etapa del proceso se tienen establecidos los siguientes controles:

- Volumen de llenado de las botellas
- Contenido de oxígeno y gas carbónico
- Prueba de tapado o coronado de las botellas
- Prueba sensorial
- Funcionamiento del sistema autoflushing

Figura 9. Etapas del proceso de llenado de botellas



Fuente: Manual llenadoras Kronos

- **Codificado de producto**

En el momento de salir de las llenadoras se coloca el codificado o sistema de trazabilidad del producto, el cual está compuesto por dos líneas así:

Primera línea:

Código de la planta productora. LE para Leona un número que identifica la máquina llenadora (va de la 1 a la 9) y cuatro números que indican la hora del codificado.

Segunda línea:

Dos dígitos que indican el día del mes de vencimiento (01 al 31), tres letras iniciales del mes de vencimiento y dos dígitos correspondientes al año de vencimiento.

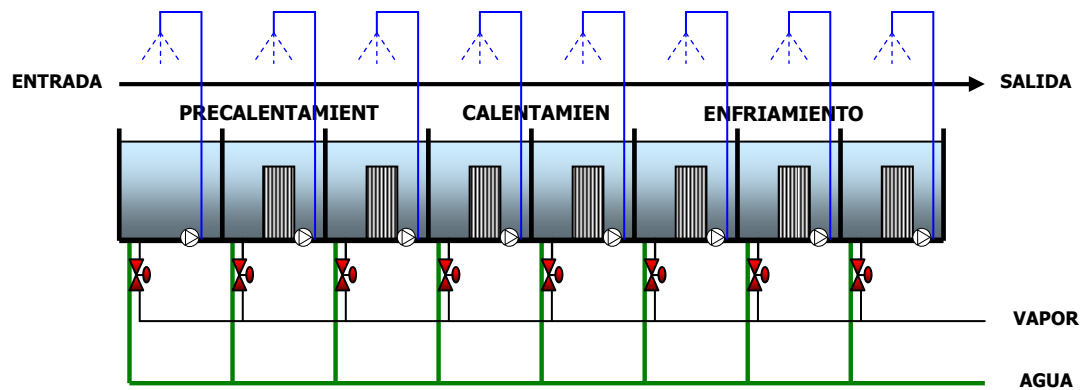
- **Inspección de llenado**

Una vez las botellas han sido llenadas y tapadas, pasan a través de un inspector electrónico de llenado con el fin de garantizar que el nivel de llenado de las mismas es el adecuado.

- **Pasteurización del producto**

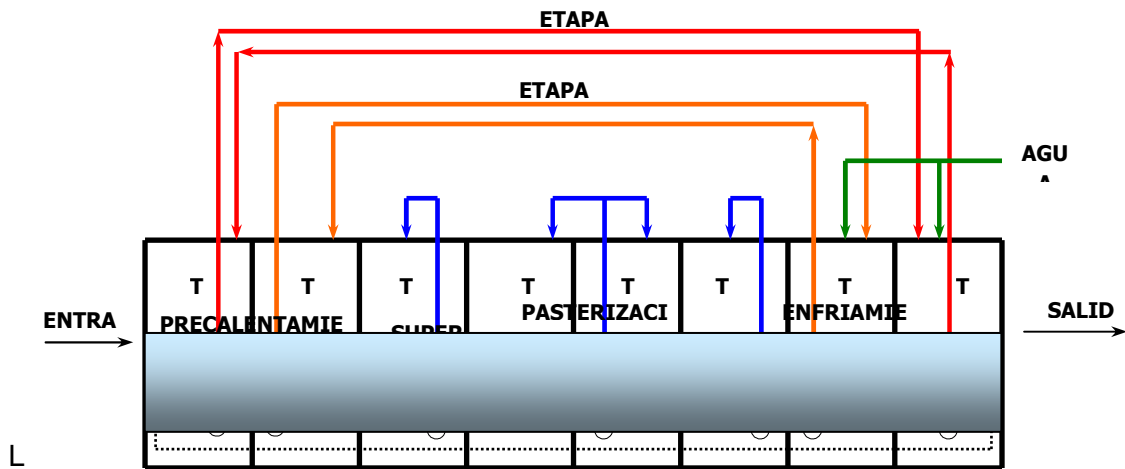
El producto posteriormente pasa a la máquina pasteurizadora, la cual consiste en túnel por donde viaja mientras es sometido a duchas de agua o riegos a diferente temperatura. El pasteurizador está dividido en una serie de zonas que consisten en tanques independientes, que se encuentran a diferentes temperaturas.

Figura 10. Diagrama del funcionamiento térmico del pasteurizador de túnel



Fuente: Bavaria S.A

Figura 11. Diagrama sistema hidráulico del pasteurizador de túnel.



Fuente: Bavaria S.A

El sometimiento del producto a estas condiciones de tiempo y calor aseguran la estabilidad biológica del mismo.

En esta etapa del proceso se tienen establecidos los siguientes controles:

- Lectura de temperaturas del agua de riegos
- Presión de las bombas del agua de riegos

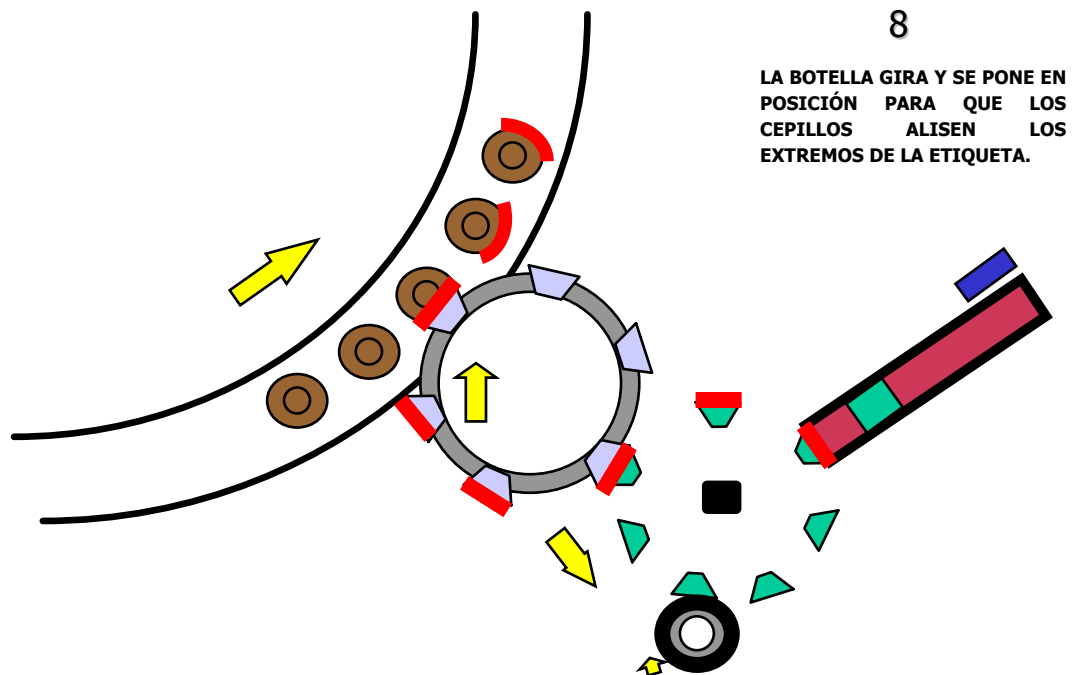
- Paso de monitores electrónicos de pasteurización
- Prueba de sellabilidad de tapado de las botellas

- **Etiquetado**

El producto pasteurizado pasa posteriormente al proceso de etiquetado o rotulado, en el cual las máquinas etiquetadoras colocan automáticamente la etiqueta correspondiente al producto producido a través de paletas engomadoras.

Posteriormente el producto pasa por el proceso de codificado o fechado que consiste en la aplicación automática del lote de producción a través de un equipo automático de chorro de tinta, de la siguiente manera:

Figura 12. Diagrama del proceso de etiquetado



Fuente: Bavaria S.A

- **Inspección de producto**

Las botellas etiquetadas pasan a través de un nuevo inspector electrónico que revisa el 100% de las botellas y verifica las siguientes variables:

- Nivel de llenado de las botellas
- Presencia de etiqueta en las botellas
- Tapado o coronado de las botellas (ausencia de fuga, fisuras, entre otros)

Se evidenció en los registros correspondientes, que se realizan los controles de proceso establecidos en esta etapa y que se cumple con las especificaciones.

- **Encanastado**

El producto es conducido a través de bandas transportadoras automáticas hacia las máquinas encanastadoras o empacadoras dependiendo de la presentación final del producto, cajas plásticas o de cartón respectivamente.

- **Inspección de producto terminado**

Se tienen implementados controles visuales para la presentación del producto empacado, que consisten en muestreos aleatorios por parte del personal operativo en la línea de producción para verificar entre otros:

- Calidad del etiquetado
- Codificado o fechado de las botellas
- Prueba sensorial del producto
- Tapado o coronado de las botellas
- Nivel de llenado de las botellas

- **Formación de palets de producto terminado**

El producto empacado es transportado por medio de transportadores de cajas hacia la máquina paletizadora, la cual es la encargada de formar las estibas de producto terminado que serán entregadas al área del depósito para su posterior despacho al mercado.

1.2.3 Servicios industriales

- **Planta de agua potable**

La planta de agua potable de Bavaria Tocancipá cuenta con una capacidad de 250 litros por segundo distribuida en dos fases (1: 100 lps - 2: 150 lps).

Hoy en día Bavaria Tocancipá cuenta con una concesión otorgada por CAM para captar agua del Río Bogotá hasta de 150 lps.

También puede captar 82.9 lps de agua subterránea en caso de contingencia.

La planta de potabilización comprende:

- Sistema de captación
- Transporte de 4 Km de tubería
- Tanque de agua cruda de 1500 m³
- 4 clarificadores y filtros de arena antracita, con capacidad total de 250 lps
- Proceso de desinfección con cloro
- Almacenamiento de agua tratada (7500 m³ de capacidad).

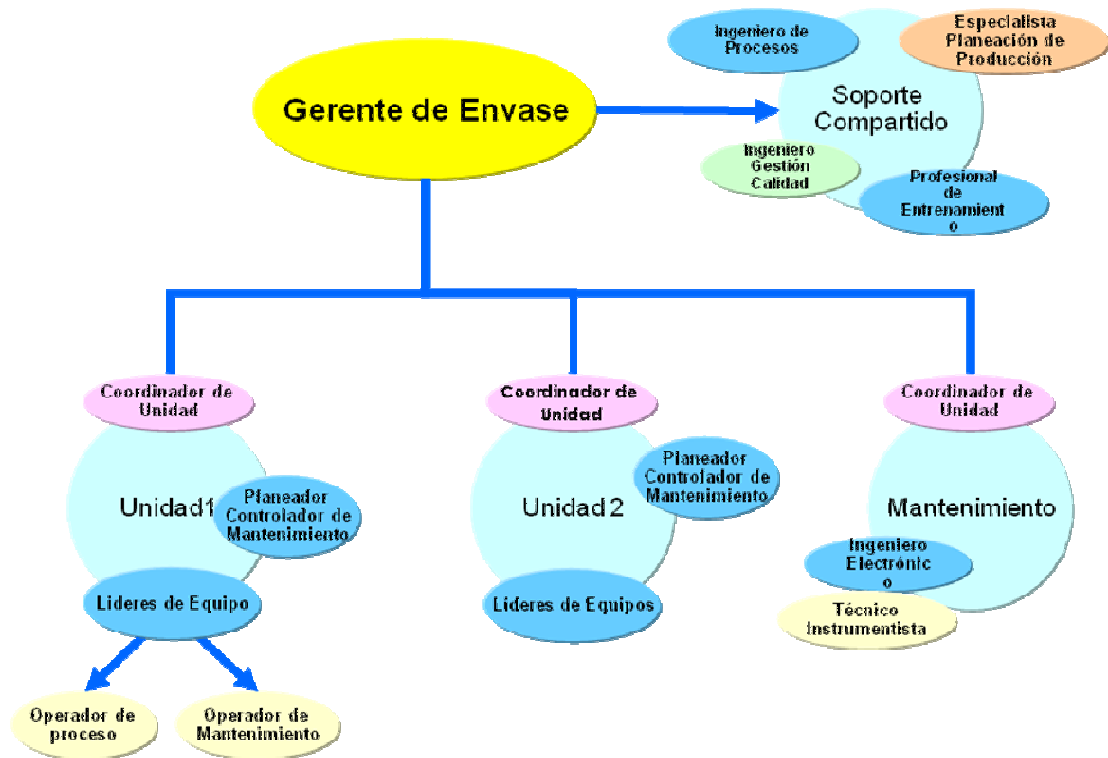
Para el agua de elaboración tiene un tratamiento adicional: batería de filtros de carbón activado (150 lps).

- **Planta de tratamiento de aguas residuales:**

Cuenta con procesos de tratamiento, anaeróbico, aeróbico y fisicoquímico, para garantizar efluentes que cumplan con las normas de vertimiento más estrictas de las autoridades ambientales colombianas. Capacidad de diseño 170 lps

1.3 ESTRUCTURA DE MANTENIMIENTO

Figura 13. Estructura de roles del salón de envasado



Fuente: Bavaria S.A

1.3.1 Coordinador de Unidad

Las actividades correspondientes al rol de coordinador de unidad en el salón de envase son:

- Optimizar el desempeño del producto / proceso y liderar los procesos de cambio
- Asegurar la ejecución y adherencia del plan de producción.
- Asegurar que los hectolitros envasados por marca y empaque están de acuerdo con el plan.
- Suministrar el producto completo al CD y de acuerdo con las existencias.
- Facilitar la aplicación de acciones correctivas y preventivas de problemas sistémicos
- Asegurar que el proceso de envase se ejecuta bajo los estándares de calidad y producción establecidos
- Controlar los costos fijos, presupuesto y las pérdidas (producto, tiempos, etc.)
- Elaborar e implementar planes para alcanzar los objetivos definidos de costo, calidad, oportunidad, seguridad y moral o motivación.
- Motivar y gestionar los equipos, incluyendo la comunicación y evaluación del desempeño, disciplina, administración, formación, clima organizacional, ausentismo, etc.
- Liderar y facilitar el trabajo en equipo, incluyendo manejo de reuniones
- Asegurar que los principios y prácticas de MCM y del SGI se conviertan en las prácticas de trabajo estándar para los equipos y así, asegurar la calidad del producto, la disponibilidad de los activos y la mejora continua
- Conducir evaluaciones regulares usando los GEM's para evaluar la madurez de las prácticas.
- Asegurar cumplimiento de las políticas y procedimientos de las áreas de soporte (distribución, cadena de suministro, RH, etc.) aplicables.

1.3.2 Ingeniero Gestión Calidad

Las actividades correspondientes al rol de ingeniero gestión calidad en el salón de envase son:

- Realizar ensayos especializados según plan único de calidad.
- Coaching y entrenamiento a los miembros de los equipos
- Realizar auditorias del SGC y competencias del personal en el nivel 1. De igual forma, monitorear el cierre de los hallazgos encontrados
- Interpretar los resultados y soportar las sesiones de solución de problemas como experto temático de calidad
- Gestionar la información de calidad para soportar la toma de decisiones
- Realizar benchmarking del desempeño en materia de calidad
- Extender su trabajo hacia los proveedores y el cervecero de apoyo comercial para fortalecer la cadena de valor
- Liderar la ejecución de los principios y prácticas de MCM y del SGI para asegurar la calidad del producto y la mejora continua
- Soportar la estandarización de procesos a través del entrenamiento, actualización de procedimientos y compartir lecciones aprendidas
- Asegurar la preservación de los equipos y estándares del laboratorio, incluyendo la ejecución del programa de mantenimiento, calibración y/o verificación de los dispositivos de seguimiento y medición.

1.3.3 Profesional de Entrenamiento

Las actividades correspondientes al rol de profesional de entrenamiento en el salón de envase son:

- Asegurar que los procedimientos de CAP, políticas de SABMiller y otros requerimientos legales se cumplen a través del proceso.

- Interactuar con el líder de equipo y gerente para determinar las necesidades de entrenamiento.
- En caso de ser necesario, desarrollar material de entrenamiento para cubrir necesidades específicas de los equipos.
- Cuando sea necesario, solicitar recursos adicionales o especializados para asistir en el desarrollo del material de entrenamiento.
- Verificar la eficacia de la formación realizando evaluaciones post entrenamientos.
- Administrar los registros de entrenamiento que demuestren la competencia.
- Interactuar con los equipos para resolver problemas relacionados con entrenamiento.
- Soportar la estandarización de procesos a través de la gestión del conocimiento (lecciones de un punto, problemas resueltos, resultados de auditorias, etc.)
- Cuando sea necesario, entrenar los equipos en prácticas de MCM y soportar la evaluación de estas competencias.

1.3.4 Ingeniero Líder de Equipo

Las actividades correspondientes al rol de ingeniero líder de equipo en el salón de envase son:

- Asegurar el cumplimiento del plan de producción y los estándares de calidad
- Liderar el equipo para asegurar óptimo desempeño de la línea
- Optimizar desempeño del producto y procesos de la línea (tiempos, consumos, etc.)
- Desarrolla las tareas administrativas del turno y gestionar el desempeño y desarrollo de los miembros del equipo
- Facilitar la solución de problemas y toma de decisiones
- Liderar y facilitar el trabajo en equipo, incluyendo manejo de reuniones
- Liderar la ejecución de los principios y prácticas de MCM y del SGI para asegurar la calidad del producto, la disponibilidad de los activos y la mejora continua

- Administrar las operaciones de manufactura bajo los lineamientos del Manufacturing Way facilitando el desarrollo y alineamiento de los objetivos
- Implementar políticas y procedimientos de las áreas de soporte (distribución, cadena de suministro, RH, etc.) aplicables
- Crear una cultura de aprendizaje proveyendo coaching y evaluando a los miembros del equipo.

1.3.5 Programador Controlador de Mantenimiento

Las actividades correspondientes al rol de programador controlador de mantenimiento en el salón de envase son:

- Programar y controlar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de la línea.
- Asegurar la disponibilidad y calidad de los recursos requeridos para la ventana de mantenimiento
- Conocer la operación básica de los activos y optimizar el proceso de producción
- Facilitar la solución de problemas y toma de decisiones
- Liderar y facilitar el trabajo en equipo, incluyendo manejo de reuniones
- Gestionar el desempeño y desarrollo de los miembros del equipo
- Atender y coordinar las intervenciones de mantenimiento de parada y restituir la disponibilidad de los activos
- Usar el sistema SAP para programar todas las actividades de mantenimiento de la línea (corto plazo)
- Implementar políticas y procedimientos de las áreas de soporte (distribución, cadena de suministro, RH, etc.) aplicables
- Controlar los costos y el presupuesto
- Crear una cultura de aprendizaje proveyendo coaching y evaluando a los miembros del equipo.

1.3.6 Estructura unidad de mantenimiento envasado

Figura 14. Estructura de roles unidad mantenimiento del salón de envasado



Fuente: Bavaria S.A

- **Coordinador de Mantenimiento**

Las actividades correspondientes al rol de coordinador de mantenimiento en el salón de envase son:

- Asegurar la confiabilidad y disponibilidad de las líneas de envase.
- Motivar y gestionar los recursos humanos, incluyendo la comunicación y evaluación del desempeño, disciplina, administración, formación, clima organizacional, ausentismo, etc.
- Liderar y facilitar el trabajo en equipo, incluyendo manejo de reuniones
- Controlar la ejecución de los presupuestos de capital y de mantenimiento y, las pérdidas (producto, tiempos, etc.) a través de análisis del desempeño del proceso

- Asegurar que los principios y prácticas de MCM y del SGI se conviertan en las prácticas de trabajo estándar para los equipos y así, asegurar la calidad del producto y la mejora continua
 - Conducir evaluaciones regulares usando los GEM's para evaluar la madurez de las prácticas
 - Interpretar el impacto de las nuevas tecnologías de ingeniería, evaluar y autorizar la modificación de equipos e instalaciones
 - Asegurar el balance y disponibilidad de recursos para la ejecución del programa de mantenimiento y alcanzar los objetivos propuestos.
 - Análisis de planta y desempeño del activo e información de costos con el fin de llevar a cabo el análisis de ciclo de vida para tomar la decisión de sustitución de equipos/instalaciones.
 - Administrar los servicios de mantenimiento contratado.
- **Ingeniero Planificador de Mantenimiento (GRUPO PEST)**

Las actividades correspondientes al rol de ingeniero planificador de especialista de mantenimiento en el salón de envase son:

- Planificar las actividades de mantenimiento preventivo con base en las recomendaciones del fabricante, experiencia de los especialistas y resultados de análisis RCM.
- Diseñar plan maestro de mantenimiento preventivo (mediano y largo plazo)
- Definir los recursos y asegurar la disponibilidad, cantidad y calidad de todos los materiales y servicios para el mantenimiento preventivo.
- Facilitar la solución de problemas a nivel sistémico y toma de decisiones.
- Realizar coaching y desarrollo de los operadores de mantenimiento
- Elaborar presupuesto de gastos de mantenimiento preventivo y facilitar su consecución.
- Lidera el desarrollo de los análisis de RCM en todos los activos del proceso y es responsable por su actualización.

- Evalúa a nivel transversal el desempeño de los activos y toma acciones preventivas y correctivas para mejorar su confiabilidad.
 - Liderar la ejecución de los principios y prácticas de MCM y del SGI para asegurar la calidad del producto, la disponibilidad de los activos y la mejora continua
 - Optimizar los inventarios de materiales apoyado en los resultados de los análisis RCM.
 - Gestionar y controlar los cambios de ingeniería en los activos buscando un mejor desempeño en condiciones seguras y costo-eficiente.
- **Técnico especialista de Mantenimiento (GRUPO PEST)**

Las actividades correspondientes al rol técnico de mantenimiento en el salón de envase son:

- Ejecutar mantenimiento programado con activos en producción, soportar la reparación de daños en la línea de ser requerido, y ejecutar tareas especializadas en la ventana de mantenimiento.
- Realizar rutinas de mantenimiento y calibración de instrumentación de campo
- Asegurar la integridad de la documentación y los datos en SAP.
- Participar en los grupos de análisis de RCM y actuar como experto en la materia en la solución de problemas
- Analizar las paradas de los activos y evaluar acciones correctivas y preventivas para mejorar su desempeño.
- Realizar coaching a los operadores en el mantenimiento autónomo
- Implementar proyectos de mejora
- Monitorear las condiciones del activo
- Controlar el inventario de repuestos de los activos apoyado en los resultados de los análisis RCM.
- Ejecutar mantenimiento programado con activos en producción, soportar la reparación de daños en la línea de ser requerido, y ejecutar tareas especializadas en la ventana de mantenimiento.

- Asegurar la integridad de la documentación y los datos en SAP.
- Elaboración y actualización de listas de materiales (BOM's)
- Participar como instructor en capacitaciones a operadores y técnicos de unidades de producción.
- Participar en los grupos de análisis de RCM y actuar como experto en la materia en la solución de problemas
- Asegurar que los activos estén en condiciones óptimas y disponibles para la operación.
- Analizar las paradas de los activos y evaluar acciones correctivas y preventivas para mejorar su desempeño.
- Controlar el inventario de repuestos de los activos apoyado en los resultados de los análisis RCM.
- Realizar coaching a los operadores en el mantenimiento autónomo
- Implementar proyectos de mejora
- Monitorear las condiciones del activo

1.4 CONDICIONES ACTUALES

Dentro de las condiciones actuales que tenemos en la planta de Bavaria Tocancipá relacionadas con el análisis RCM elaborados tenemos los KPI's de eficiencia, el cálculo del OME.

Para el cálculo de eficiencia de fábrica y eficiencia mecánica de las líneas de envasado es necesario tener en cuenta los siguientes ítems:

- 1- Horas (calendario)
- 2- Horas fábricas pagadas
- 3- Horas fábricas pagadas ajustadas
- 4- Horas operando
- 5- Horas en proceso

- 6- Horas mecánicas
- 7- Pérdidas parada
- 8- Pérdidas velocidad
- 9- Pérdida calidad
- 10- Estándar de producción actual a velocidad

Figura 15. Diferentes tiempos perdidos que se atribuyen a la reducción de productividad

1.4.1 Horas (calendario) <i>Calendar Hours</i>		
1.4.2 Horas Fábrica Pagadas (<i>Paid Factory Hours</i>)		<u>Pérdida en Capacidad</u> <u>Capacity losses</u>
1.4.3 Horas Fábrica Pagadas Ajustadas (<i>Adjusted Paid Factory Hours</i>)		Horas Fábrica Pagadas Ajustadas <i>Paid Factory Hours Adjustments</i>
1.4.4 Horas Operando (<i>Operating Hours</i>)		M&L Actual <i>Actual M&C</i>
1.4.5 Horas en Proceso (<i>Processing Hours</i>)		Paradas Permitidas <i>Allowed Stops</i>
1.4.6 Horas Mecánicas (<i>Machine Hours</i>)		Peradas Servicios <i>Service Stops</i>

1.4.10	Horas Standard (Producción actual a velocidad línea). <u>Standard Hours (Actual output at rated speed)</u>	1.4.9	Pérdidas calidad <u>Quality losses</u>	1.4.8	Pérdidas Velocidad <u>Speed losses</u>	1.4.7	Pérdidas paradas <u>Downtime losses</u>
--------	--	-------	--	-------	--	-------	---

Fuente: Bavaria S.A, Manual de cálculo de eficiencia de máquinas SABMiller.

1.4.1 Horas Calendario

Horas calendario representa el tiempo total disponible para usar el equipo. Es el tiempo durante cual el equipo está físicamente disponible, aparte de que si está programado su uso o no.

EJ: Al instalar una nueva línea, el tiempo calendario comenzará al transferir producto vendible al almacén

Horas calendario en una semana serán: 24 horas por día durante 7 días = 168 horas

Horas calendario en un mes de 30 días serán: 24 horas por día durante 30 días = 720 horas

1.4.2 Horas Fábrica Pagadas

Horas Fábrica Pagadas es la diferencia entre Horas Calendario y Pérdidas de Capacidad. Las Pérdidas de Capacidad son las pérdidas de tiempo en la línea que impiden el uso de ella en la producción o mantenimiento y limpieza. Esto significa que horas fábrica pagadas son las mismas que horas de producción + tiempo actual de mantenimiento y limpieza.

EJ: A cualquier hora cuando el equipo de producción o mantenimiento están trabajando en la línea (en horas normales o en horas extra), estas horas se incluyen en las Horas Fábrica Pagadas. Por ejemplo: no está provisto utilizar la línea pero el personal de

mantenimiento están presentes para hacer mantenimiento y limpieza. En este caso, estas horas se incluyen como Horas Fabrica Pagadas.

Si personal contratado se usa para hacer mantenimiento y limpieza, éste tiempo se considera como, Horas Fabrica Pagadas.

En casos de usar una persona o un grupo, todo el tiempo tiene que ser contabilizado

Tiempo actual o planificado – tiempo actual será contabilizado.

1.4.3 Horas Fábrica Pagadas Ajustadas

Horas Fábrica Pagadas Ajustadas es la diferencia entre Horas Fábricas Pagadas y Ajustes en Horas Fábrica Pagadas. Ajustes en Horas Fábrica Pagadas son las pérdidas en tiempo que están fuera del alcance de la fábrica: condiciones externas que limitan la planta a producir.

- **Falta general (regional) de envases**

Tiempo perdido debido a falta de envases retornables (botellas, cajas y paletas), causado por factores externos a la fábrica: por ejemplo gestión de suministro o logística en las ventas y distribución. Problemas en la planificación local no cuentan en esta clase de ajuste. Le gerencia local debe aclarar todo clase de ajuste.

- **Tiempo desocupado impuesto para la planificación**

Acciones industriales legales; ejemplo huelgas, comités laborales permitidos por la gerencia. Paradas no autorizadas no deben ser incluidas como paradas permitidas. La gerencia local tiene que acordar cualquier clase de ajuste con la gerencia de red de suministro.

- **Paradas causadas por Relaciones Industriales**

Acciones industriales legales; ejemplo huelgas, comités laborales permitidos por la gerencia. Paradas no autorizadas no deben ser incluidas como paradas permitidas. La gerencia local tiene que acordar cualquier clase de ajuste con la gerencia de red de suministro.

- **Falta del gas carbónico**

Falta del gas carbónico. Problemas con el suministro: ejemplo avería mecánica, huelga. Falta en la planificación no cualifica para esta clase de ajuste. La gerencia local tiene que acordar cualquier clase de ajuste con la gerencia de red de suministro.

- **Falta general regional en las materias primas**

Falta nacional de materias primas; incluyen materiales secundarios como sosa cáustica, lubricante de cadenas etc. Problemas con el suministro de materias primas: ejemplo avería mecánica y huelgas en el suministrador. Falta en la planificación no cualifica para esta clase de ajuste. La gerencia local tiene que acordar cualquier clase de ajuste con la gerencia de red de suministro.

- **Falta en el suministro de agua y electricidad**

Problemas con el suministro de servicios: ejemplo, sequía, diluvios, o averías en los servicios del municipio o en las aguas residuales. La gerencia local tiene que acordar cualquier clase de ajuste con la gerencia de red de suministro.

- **Programa Completado**

El programa se completa antes del tiempo programado debido a mejoras en eficiencia. Faltas en suministro de cerveza no se incluyen en esta categoría 20 000 HI de producción planificado al 70% de eficiencia, pero como la actual eficiencia fue 72%, se completo la producción con 2 horas de antelación. Estas 2 horas deben contabilizarse como ajuste bajo esta categoría. La gerencia local tiene que acordar cualquier clase de ajuste con la gerencia de red de suministro.

- **Desarrollo de Nuevos Productos (DNP) y Pruebas extraordinarias**

Cualquier prueba de DNP tiene que ser acordada con antelación con la gerencia de la red de suministro.

Si el producto es vendido (o es parte de la cartera de productos), el tiempo utilizado en la producción de la prueba y el tiempo normal para esta producción será contabilizado bajo esta categoría.

Si el producto de la prueba no se vende, las horas standard usadas en la prueba serán excluidas y las horas usadas serán contabilizadas bajo esta categoría.

Nota: DNP y pruebas de desarrollo incluyen producto, materiales y equipo/tecnología.

- **Paradas planificadas**

Paradas de corto plazo para manutención extraordinaria, paradas anuales o revisiones planificadas serán acordadas con la gerencia de la red de suministro. Este tiempo no se considera como parte del mantenimiento rutinario. Ejemplo: si el cojinete de la columna central de la llenadora necesita ser cambiado y este trabajo cae fuera del mantenimiento anual, esto se clasifica como parada planificada. La gerencia local tiene que acordar cualquier clase de ajuste con la gerencia de la red de suministro.

- **Entrenamiento planificado y sesiones con equipos**

Sesiones de entrenamiento acordadas con antelación con la gerencia de la red de Suministro.

La gerencia pide sesiones de entrenamiento o con los equipos para conversar sobre asuntos de fábrica: ejemplo métodos de trabajo. La gerencia local tiene que acordar cualquier clase de ajuste con la gerencia de la red de suministro.

- **Factores en la capacidad de elaboración**

Resultan en tiempo desocupado en el envasado, Ej: En casos cuando cualquier proyecto en la elaboración para ampliar su capacidad resulta en la reducción de la capacidad normal con consecuencia negativa sobre la disponibilidad de cerveza al envasado. La gerencia local tiene que acordar cualquier clase de ajuste con la gerencia de la red de suministro.

- **Otros asuntos legales o empresariales que necesitan ajustes**

Según acordado con la gerencia de la Red de Suministro:

- Entrenamiento de bomberos
- Recuentos de existencias.

1.4.4 Horas en Operación

Horas en Operación es la diferencia entre Horas Fábrica Pagadas Ajustadas y Horas de Mantenimiento y Limpieza. La guía recomendada para el tiempo de mantenimiento y limpieza es el 10% de las horas fábricas pagadas. Cuando se contabilizan las horas de manteniendo y limpieza se deben incluir los tiempos actuales independientemente si estos caen dentro o fuera de los horas planificadas del turno e incluyendo todo personal en estos trabajos.

EJ: Una línea de envasado está planificada para 3 turnos de 8 horas = 120 horas (horas fábrica pagadas) de las cuales el 10% (12horas) se recomiendan para el mantenimiento y la limpieza por semana. En casos donde se usan solamente las 10 horas, estas serán contabilizadas, pero si el tiempo se alarga o disminuye, el tiempo actual se contabilizará.

Una vez completadas las 120 horas de producción, el tiempo de mantenimiento y limpieza se contabilizará independientemente al número de personas usadas.

1.4.5 Horas en proceso

- **Paradas permitidas**

Paradas permitidas son bajas en producción causadas por necesidades en la operación de las líneas. Estas se basan en marcas de cervezas, tipos de envases, configuración de turnos o en la tecnología. Normas de las paradas permitidas están reflejadas en las capacidades de cada línea de envasado las cuales están aprobadas por la Gerencia de la Red de Suministro y autorizadas por el Director Técnico de la Zona. El tiempo de baja (parada permitida) se basa en el tiempo que la llenadora esta parada. Si el tiempo para hacer los cambios de tipo de envase o cambios de cerveza dura más que el tiempo especificado, ese tiempo se contabilizará contra el equipo o el departamento que causó el aumento en tiempo.

Mejoras en los tiempos de cambios en las líneas en relación a los tiempos aprobados, estas se considerarán como las nuevas normas y serán registradas con la Dirección Técnica de esa zona. Las normas de capacidad serán cambiadas y aprobadas por la dirección técnica de la zona.

- a) Puesta en marcha y paradas de la línea de envasado.
- b) Cambio de marca de cerveza (solamente liquido)
- c) Limpieza y esterilización (debido a la incompatibilidad del producto). Esto tiene que ser añadido como parte de cambios de marcas de cervezas.
- d) Cambios de marcas de cerveza – nueva etiqueta/cartón (diseño exterior).
- e) Cambio de tipo de envase: tipo y hechura
- f) Cambio de envase- envase tipo/hechura y el liquido
- g) Limpieza – esterilización (asegurar la calidad del producto ejemplo pasterización flash).
- h) Tomás de existencias diarias.

1.4.6 Horas máquina

Horas máquina es la diferencia entre Horas de Proceso y Paradas de Servicio es decir paradas de servicio a veces se pierden en la línea debido a factores “externos” al envasado pero son controlables por la fábrica.

Paradas de Servicio

Paradas de Servicio es el tiempo perdido en las líneas y en el envasado debido a factores “externos” al envasado pero se pueden controlar por la fábrica. Estos se pueden definir según la siguiente lista.

Ej.: Filtración

- Cerveza fuera de especificaciones
- Falta de cerveza
- Problemas en el sistema automatizado del suministro de cerveza
- Materias primas (calidad y suministro)
- Falta de envase
- Envases mezclados.

- Suministro de servicios.
- Pruebas de alarma de incendios.

1.4.7 Pérdida por tiempo inútil

Pérdidas en tiempo inútil son paradas no planificadas causado por paradas en las máquinas que sufren fallos, o como resultado de paros en ellas que necesitan reparaciones o ajustes debido a faltas inherentes o debido a que están funcionando más bajo de su capacidad clasificada. Todas las paradas deben ser contabilizadas como tiempo inútil.

Fallos individuales en las máquinas caen en tres categorías.

- Paradas pequeñas 0 – 3 minutos
- Paradas mayores 3 – 10 minutos
- Avería más de 10 minutos.

Ej: Todas las líneas operan en el perfil V (llenadora o pasteurizador al fondo de la V). Las máquinas antes y después de la llenadora/pasteurizador tienen una velocidad superior a las de la máquina en la parte baja de la V. El tiempo contabilizado como pérdida en tiempo inútil se cuenta cuando los envases **paran** al entrar (paro de envase activado) en la máquina (llenadora) hasta el tiempo que los envases **entran** (paro de envase desactivado) en la máquina (llenadora), **y no** el tiempo de paro de las máquinas individuales de cada lado de la llenadora. Las causas de las paradas se deben contabilizar contra cada máquina. Por ejemplo Si el despaletizador se avería, la llenadora seguirá funcionando hasta que falten envases. La avería en el despaletizador durará más tiempo que la parada de la llenadora debido al diseño de acumulación y control de velocidad en el despaletizador y las máquinas en contra corriente. En casos que las

paradas permitidas sean superadas: (por ejemplo en un cambio de envase se permiten 30 minutos y esta cifra se supera en este caso, la llenadora estará parada más tiempo de lo reglamentario, este tiempo extra se contabilizará como tiempo perdido. Todo tiempo perdido debido a fallos del operario o falta de conocimiento por parte del operario se contabilizará como pérdida de tiempo.

En envases de plástico (PET) La V está en la máquina de moldear. Pérdida de tiempo se basa sobre esta máquina.

1.4.8 Pérdida por baja velocidad

Pérdidas en velocidad influyen en el redimiendo. Ejemplos:

- Variaciones en la velocidad clasificada
- Arranque y disminución en la marcha

Pérdidas en la velocidad serán contabilizadas, en ciertos casos son clasificadas como “sin identificación” o “no contabilizables” si no son asignadas y calculadas como la diferencia entre tiempo computado de paradas y el tiempo captado.

Variaciones en la velocidad clasificada se manifiestan cuando las máquinas en el perfil del diseño funcionan por debajo de la velocidad (autorizada) clasificada. Las variaciones pueden originarse por problemas de calidad, mecánica, en el proceso o en fallos de los operarios.

1.4.9 Pérdidas por calidad

Pérdidas por Calidad son pérdidas que ocurren cuando una línea produce producto de baja calidad o el producto final está fuera de especificaciones. Por ejemplo:

- Rechazos del producto
- Producto recirculado
- Producto “congelado” que no puede ser vendido
- Paradas causadas por el proceso o por producto que esta fuera de las especificaciones.

Esta categoría no se considera como “avería” de cada máquina pero se contabilizará en los partes como “parada” de calidad.

1.4.10 Horas Standard (Producción actual a la velocidad clasificada)

Horas Standard = Producto vendible actual (HI) / Velocidad clasificada de la línea (HI/Hr)

Clasificación de la línea = 100HI/Hr

HI's producidos (vendibles) = 1000 HI's

Cálculo:

$$\frac{1000 \text{ HI's}}{100\text{HI/Hr}}$$

Hr's Std = 10 Hrs

1.4.11 Ejemplo cálculo de eficiencia fábrica y eficiencia mecánica

Ejercicio: La Línea 4 realizó en 1 Hora de Producción 3267 Cajas con Producto: presentó 4 Minutos de Falla en Empacadora, 4 Minutos de Envase Roto y 3 Minutos de Envase Extrasucio. Hallar La Eficiencia de Fábrica y Mecánica:

Eficiencia de Fábrica se calcula de la siguiente forma:

- 1) $\text{= Hectolitros Reales Producidos / (Velocidad Clasificada Línea de Envase x Horas Fábricas Pagadas) x 100}$
- 2) $\text{=Producción Neta Depósito / Velocidad Clasificada de Línea.}$

Eficiencia Mecánica:

- 1) $\text{= Hectolitros Reales Producidos / (Velocidad Clasificada Línea de Envase x Horas Máquina) x 100}$

Hay Que Tener en Cuenta Lo Siguiente:

- a) Para Hallar Horas Máquina hay que Hallar las Siguietes Fórmulas:

Horas Máquina = Horas de Proceso – (Menos) Paradas de Servicio Internas (Las Paradas de Servicio Internas son Fallas que no son Mecánicas; como por Ejemplo Envase Extrasucio de Otras Marcas)

Horas de Proceso= Horas de Operación – (Menos) Paradas Permitidas. (Paradas Permitidas se Refieren a 3 Fallas; Cargue de Equipos, Cambio de Producto o Cambio de Formato Envases)

Horas de Operación: Horas Fábrica Pagadas o Realizadas – (Menos) – Paradas Planificadas (Paradas Planificadas son Mantenimiento y Saneamiento de Equipos)

Producción: 3267 Cajas

Decenas: 9801.0 Decenas = (3267x3)

Hectolitros Reales Producidos: 323.4 HI = (9801.0 x 0.033) Este Valor de 0.033 Corresponde al Tipo de Envase Manejado en este Caso 330 Ret.

Velocidad Clasificada Línea de Envase: 396

Horas Fábrica Realizadas: 01 Horas (1.0)

- 1) **Eficiencia de Fábrica:** $323.4 \text{ HI} / (396 \times 1) \times 100$
 $\text{= } (323.4 \text{ HI} / 396) \times 100$

$$= (.8166) \times 100$$

$$= \mathbf{81.66 \%}$$

$$\mathbf{2) Horas de Operación} = 1.00 - (0)$$

$$= \mathbf{1.00}$$

$$\mathbf{3) Horas de Proceso} = 1.00 - (0)$$

$$= \mathbf{1.00}$$

$$\mathbf{4) Horas Máquina} = 1.00 - (0.05 \text{ Envase Extrasucio + 0.07 \text{ Envase Roto})$$

$$= 1.00 - (0.12)$$

$$= 0.88$$

Es importante Resaltar en Este punto que estos tiempos en Decimales Corresponden al tiempo de la Falla Dividido en 60. Por Ejemplo 4 Minutos Corresponden a 0.07 (4 / 60 = 0.666)

$$\mathbf{5) Eficiencia Mecánica} = 323.4 \text{ HI} / (396 \times 0.88) \times 100$$

$$= 323.4 / (348.48) \times 100$$

$$= (323.4 / 348.48) \times 100$$

$$= 0.928003 \times 100$$

$$= \mathbf{92.80 \%}$$

1.5 CÁLCULO OME

- Permite seleccionar los avisos del tipo ZI (Aviso de inspección), así como las operaciones de las órdenes ZT04 y ZT12 (Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento Rutas de Inspección).
- Aplicar la siguiente formula:

$$\text{OME} = \text{ME} \times \text{PM} \times \text{MIR}$$

Tabla 2. Cálculo del OME

COMPONENTE PM DEL OME

OME = ME * PM * MIR		
PM = (MC/IP) / 0.30 Preventive Maintenance Ratio		
MC = Número de intervenciones correctivas que salen de las inspecciones planeadas		
IP = Número de tareas de inspecciones planeadas		
0.30 = Benchmark MC		
PLANTA XXX	NOMBRE DEL CENTRO	
Mantenimiento Correctivo (MC)	número de intervenciones correctivas	331
Inspecciones Planeadas (IP)	número de inspecciones	1796
PM = (MC/IP) / 0.30		0.61

Fuente: Bavaria S.A

Figura 16. Cálculo Del componente Del OME en SAP

Reporte CALCULO DE COMPONENTE PM DE OME		
COMPONENTE PM DEL OME		
OME = ME * PM * MIR PM = (MC/IP) / 0.30 Preventive Maintenance Ratio MC = Núm. intervenciones correctivas de inspecc. planeadas IP = Número de tareas de inspecciones planeadas 0.30 = Benchmark MC		
DATOS GENERALES		
RANGO DE FECHAS : 2008.08.01 - 2009.08.31		
* Planta = BA26		
Mantenimiento Correctivo (MC) =	624	
Inspecciones Planeadas (IP) =		18.828,00
PM = (MC/IP) / 0.30 =	0,11	
* Planta = LE01		
Mantenimiento Correctivo (MC) =	0	
Inspecciones Planeadas (IP) =		136,00
PM = (MC/IP) / 0.30 =	0,00	
*** TOTAL POR PLANTAS		
Mantenimiento Correctivo (MC) =	624	
Inspecciones Planeadas (IP) =		18.964,00
PM = (MC/IP) / 0.30 =	0,11	
Reporte CALCULO DE COMPONENTE PM DE OME		

Fuente: Imagen de modulo de mantenimiento SAP

ME (Eficiencia de máquina): Como se calcula a través de todas las operaciones de SABMiller a nivel mundial. Esta medida indica principalmente la disponibilidad de la máquina, como resultado de las prácticas de mantenimiento. Una baja eficiencia de la máquina podría indicar altos índices de paradas los cual mostraría unas pobres prácticas y/o programas de mantenimiento. Una alta eficiencia de la máquina sería un indicativo de buenas prácticas y/o programas de mantenimiento.

PM (Mantenimiento Preventivo): Un efectivo programa de mantenimiento indicaría un aumento en el resultado, a partir de efectivas inspecciones y contando con estándares y frecuencias definidas. Mantener una óptima mezcla de mantenimiento es un indicativo del número de tareas de mantenimiento correctivo obtenidas como resultado de las inspecciones iniciales realizadas. Un baja eficiencia en el indicador PM puede indicar una situación de sobre mantenimiento, es decir, un alto número de inspecciones con un bajo numero de tareas correctivas identificadas. Esto podría indicar que la frecuencia o el contenido de la inspecciones requiere revisión. Un alto valor en el indicar PM indica que el indicador esta cerca del punto óptimo donde el continuo mejoramiento del ciclo es un representativo de la condición de las máquinas y esto se debe traducir en el programa de mantenimiento y en la entrega de una constante alta eficiencia. Esto es generalmente aceptado en la industria que el 30% de todas las inspecciones mantenimiento preventivo deben estar identificadas las tareas de mantenimiento correctivo encaminadas a prevenir las paradas.

MIR (relación de inversión de mantenimiento): este indicador de gastos es el total de costos de mantenimiento a través de toda la planta y esto es un compuesto de repuestos de ingeniería, consumibles y servicios. Este valor es dividido por el total de costos de producción en la planta. El objetivo es alcanzar un óptimo costo de mantenimiento.

2. ASPECTOS TEORICOS DE MANTENIMIENTO

2.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

RCM se define como:

“Una disciplina lógica enfocada al proceso de falla para desarrollar un programa de mantenimiento programado que determinará los niveles inherentes de seguridad y confiabilidad de equipos complejos a costos mínimos”

Los objetivos principales de la metodología RCM son:

- Determinar la confiabilidad y seguridad inherentes
- Restaurar después del deterioro
- Identificar los componentes sub-estándar
- Realizar el mantenimiento más efectivo al mínimo costo total

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. Tuvo su origen en la industria Aeronáutica. De éstos procesos, el RCM es el más efectivo.

El Mantenimiento RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.

- Manteniendo mucha atención en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

Los Grupos de Trabajo RCM están integrados por quienes mejor conocen los equipos: Personal de operaciones y de mantenimiento.

Ellos definen el contexto operacional, las funciones requeridas de los equipos, sus fallas funcionales, las causas raíz de falla, sus efectos, sus niveles de criticidad y finalmente, la estrategia más adecuada para cada caso.

Son conducidos por un Facilitador. El Facilitador RCM es alguien muy bien entrenado en el uso de la técnica. Inicialmente nosotros, como consultores, ejercemos esta función dentro los diversos grupos.

En los casos en que la empresa decide la formación de facilitadores propios, paralelamente a su participación en los grupos constituidos, reciben una capacitación especial y luego quedan certificados para conducir nuevos grupos.

Figura 17. Diagrama grupo de trabajos RCM



Fuente: www.maconsultora.com/MantConfiabilidad.html

Una implementación efectiva de **RCM** logra que las estrategias que va recomendando cada grupo sean activadas semana a semana.

Dado que el análisis progresa desde las fallas potenciales más críticas hacia las menos críticas, los mayores resultados se producen desde el principio, programas de mantenimiento focalizados en lo más crítico, efectivo aprovechamiento de recursos, disminución de riesgos en la seguridad de personas, medio ambiente y activos físicos, protección e incremento del "throughput" (velocidad con que la empresa genera dinero a través de las ventas)

Eliminación de tareas cíclicas innecesarias o que pueden introducir riesgos mayores (desestabilización de sistemas estables).

2.1.1 El Proceso lógico completo de RCM

La metodología del RCM completa tiene en cuenta la siguiente secuencia de pasos para cada equipo:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre la falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

- **Desventajas del RCM completo**

- El proceso de RCM es muy detallado y costoso.
- SAB Ltd. (al igual que otras organizaciones) ha utilizado tradicionalmente un proceso de RCM abreviado o "aerodinámico". Esto ha sido muy exitoso, particularmente en el proceso de envasado.

- Una aproximación completa al RCM puede ser más aplicable a un ambiente de procesos.

2.2 MSG-2 y MSG-3

El RCM tiene sus raíces en la industria aeronáutica comercial de los Estados Unidos a principios de la década de 1960. Se designó a un grupo directivo de mantenimiento (en inglés MSG) para analizar los motivos de los accidentes aeronáuticos que ocurrían regularmente a pesar de la aplicación de un programa riguroso y tradicional de mantenimiento preventivo basado en el tiempo. Primero estudiaron los perfiles de las fallas de los diferentes componentes y encontraron lo siguiente:

- En donde la tasa de fallas aumentaba con la edad, sólo un 14% de los componentes tenía una fase de desgaste total.
- Un 70% de los componentes tenía una ‘fase de mortalidad infantil’ con altas tasas de fallo después de haber sido instalados (típico en los componentes electrónicos).

El efecto neto de estos dos resultados era que las reparaciones generales programadas tenían poco impacto en la confiabilidad total de la maquinaria. Por el contrario, los índices de falla aumentaban al introducir la mortalidad infantil en los sistemas estables.

Como resultado de estos estudios, el grupo directivo de mantenimiento desarrolló un programa de mantenimiento preventivo que utilizaba un ‘árbol de decisiones’ basado en las características de falla de cada componente y en las consecuencias de la falla. Era conocido como MSG-2 y fue superado en 1980 con la publicación de MSG-3.

El MSG-3 es un proceso específico de RCM, que la Miller Brewing Company (MBCo) ha adaptado para sus necesidades específicas.

- **Diferencias Claves entre los procesos de MBCo (MSG-3) y el RCM completo**
 - El proceso de MBCo deja por fuera:
 - La definición de la función (y estándares de desempeño) del objeto.

- La definición de las fallas funcionales.
- Esto ahorra tiempo considerable.
- La lógica para esta simplificación es que el equipo sería capaz de identificar los modos de falla de forma “razonablemente probable” sin necesidad de conocer las funciones y los estándares de desempeño.
- Esto generalmente es cierto para daños que causan pérdidas de producción.
- Sin embargo, puede conducir a la omisión de fallas de “calidad”, por ejemplo una válvula de control que no está controlando de manera precisa es una falla y puede disminuir la eficiencia, pero sería típicamente omitida.

2.2.1 Procedimiento de análisis metodología MSG-3

Ya conociendo las ventajas de utilizar un RCM ligero o simplificado a continuación explicamos el proceso lógico a seguir para aplicar la metodología:

- 1) Selección significativa de elementos
- 2) Diagramas de bloque funcional (División)
- 3) Identificación del Modo de Falla
- 4) Evaluación de modos de falla por análisis causa vs. Efecto y criticidad
- 5) Diagrama de decisión MSG3
- 6) Desarrollo de Programa y soporte logístico

- **Paso 1 – seleccionando un elemento significativo de mantenimiento**

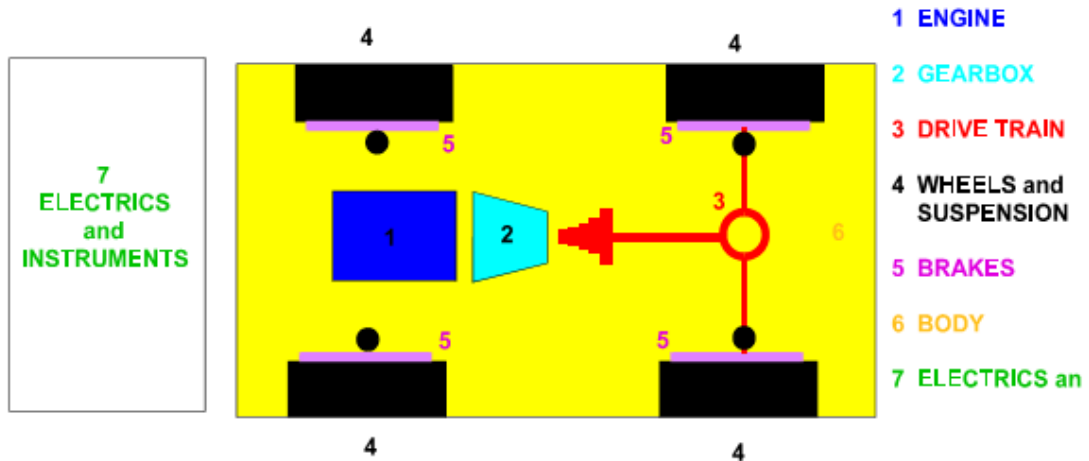
Un elemento cuya falla afecte la seguridad, producción o seguridad de función oculta

Si no cumple con lo arriba mencionado, normalmente sólo se realiza una lubricación para el uso o unas tareas Informales

- Puede afectar la Seguridad, y/o
- No es detectable durante un ciclo de producción, y/o
- Puede tener impacto significativo en la producción, y/o

- Puede causar altos costos de reparación
- **Paso 2 – el proceso de división**

Figura 18. Ejemplo de partición de un equipo



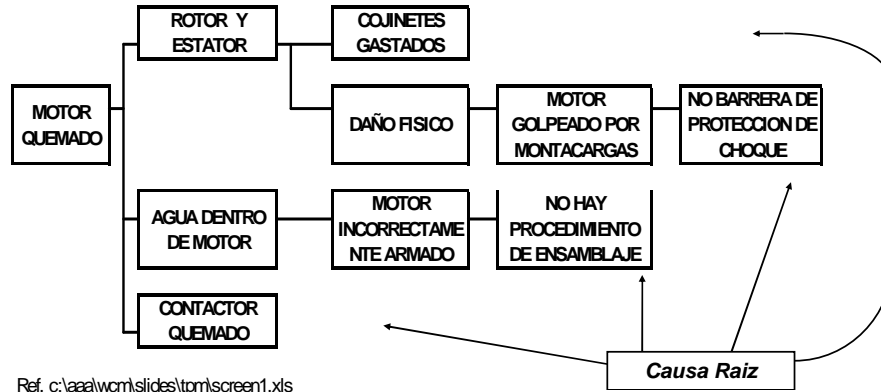
Fuente: Sabmiller Brewery

Paso 3 – Identificación Del Modo De Falla

- Luego de dividir el equipo, tenga en cuenta todos y cada uno de los componentes de la máquina e identifique la Causa de la Falla de cada elemento – cómo falla cada elemento en el desempeño de su función.
- Busque las causas de falla en las 5M a manera de lluvia de ideas. Podría haber una gran variedad de factores que causen la falla.

Relaciones causa / efecto

Figura 19. Ejemplo de relaciones causa - efecto



Fuente: Sabmiller Brewery

- **LAS 5 Ms & 1 E**

Mano de Obra- Competencias (v.g. operador, laboratorio, técnico, expertos), capacitación

Máquina - Partes de celda única, diseño, capacidad de procesos

Método - Instrucciones de trabajo, procedimientos (todos los departamentos.)

Medida - Estándares, instrumentos

Material - Partes de máquinas Químicos

Servicios industriales (Aire, CO2, Vapor etc.)

Envasado / Materia prima cervecera

Elementos Ambientales - Humedad, Polución, Temperatura

- **Paso 4 – monitoreando las fallas para determinar la causa raíz**

Luego de identificar todas las causas de falla, monitoree estas causas:

- Para asegurarse de que todas las causas son causas raíz y no el efecto de otras causas. Logramos esto preguntándonos repetidamente el *POR QUE* de cada causa de falla. Cuando finalmente no podemos encontrar una respuesta a la pregunta de *POR QUE*, probablemente hemos llegado a la causa raíz.
- Para establecer si podemos vincular el mantenimiento a las causas raíz, o si deben ser manejadas por fuera del programa de mantenimiento.

Por ejemplo, una causa de falla de una transportadora de botellas podría ser que el marco se dobló. Preguntando por qué, descubrimos que el montacargas lo golpea porque no existe una barrera contra choque cerca al transportador, y el montacargas estaba siendo manejado muy rápido. De modo que si construimos una barrera de choque cerca al transportador y nos aseguramos de que el montacargas disminuya su velocidad (modificando mecánicamente el montacargas o educando y entrenando al conductor), eliminaríamos la causa del marco doblado.

En tal caso, para asegurar que no nos olvidemos del tema, la causa raíz identificada se debe registrar en la “Lista de “brechas.”

También debemos tener en cuenta lo “crítico” de estas fallas descritas. Consideramos la “criticidad” como una función de la probabilidad y la consecuencia de la falla, como se ilustra a continuación en la Figura.20.

Figura 20. Matriz probabilidad Vs consecuencia

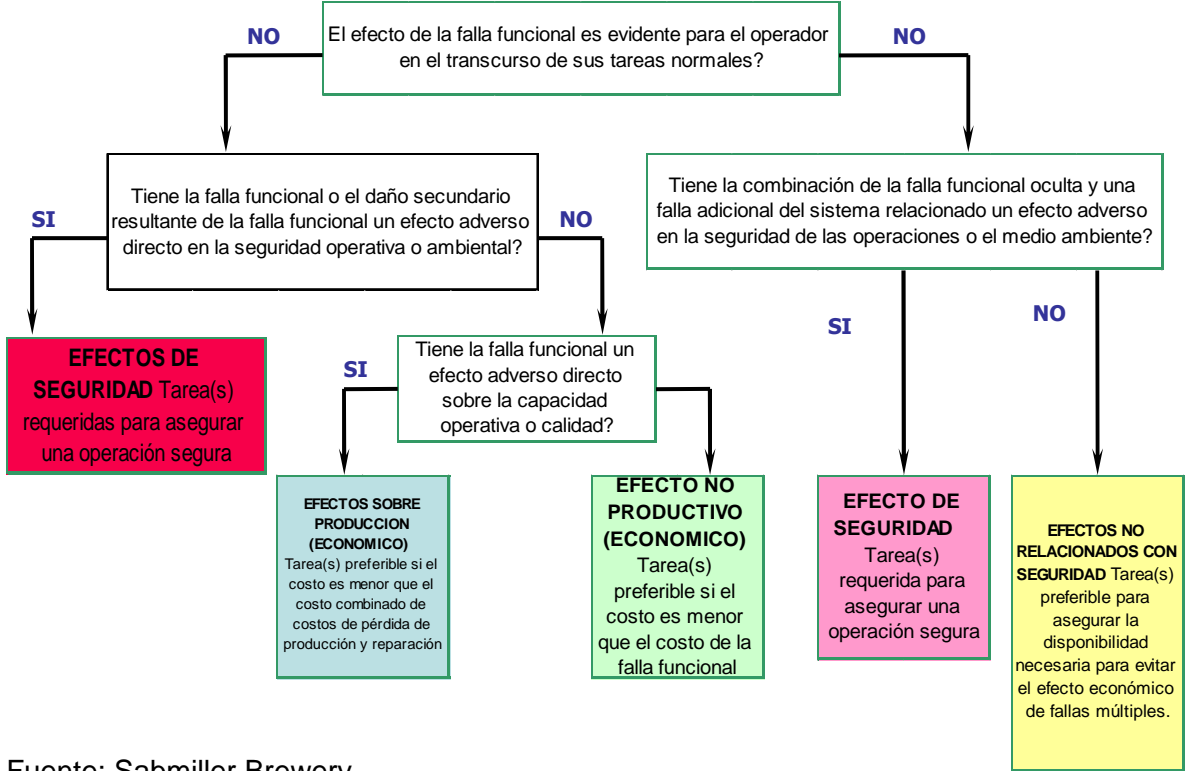
One Hour of Downtime = \$500			CONSECUENCIA		
Guías CAUSA Y EFECTO RCM			Más de \$5,000 o más de 8 Hrs perdidas	Más de \$1,000 o más de 1 Hr perdida	Menos de \$1,000 o menos de 1 Hr perdida
			3	2	1
PROBABILIDAD	Más de una vez por Mes	3	9 Alta	6 Alta	3 Med
	Más de una vez cada trimestre	2	6 Alta	4 Med	2 Baja
	Less than once per year	1	3 Med	2 Low	1 Low

A todos los efectos con consecuencia de Seguridad, Medio Ambiente y/o Calidad

Fuente: Sabmiller Brewery

- **Paso 5 - Lógica MSG3**

Figura 21. Diagrama de decisión nivel 1 de lógica MSG-3



Fuente: Sabmiller Brewery

- **Categorías de fallas evidentes**

- *consecuencias de seguridad industrial y medio ambiente*

Fallas que podrían tener como resultado en una persona lesionada o muerta o un incumplimiento de los estándares ambientales establecidos

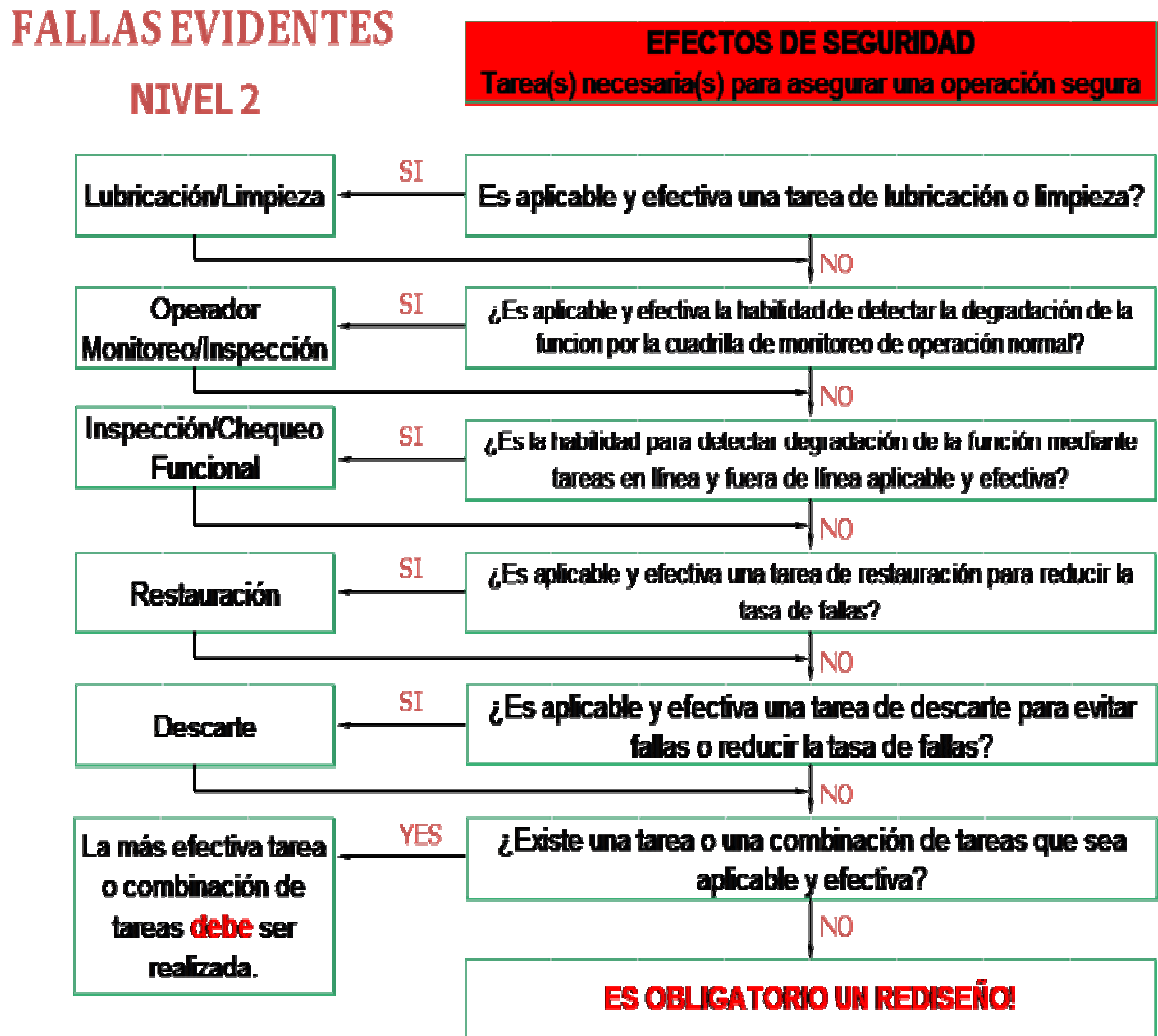
- *consecuencias operativas*

Fallas que puedan afectar la producción o las operaciones para mejorar la calidad del producto y el servicio al cliente.

- *consecuencias no operativas*

Fallas que no afecten la seguridad, el medio ambiente o la productividad (Estas fallas solo comprometen el costo directo de reparación).

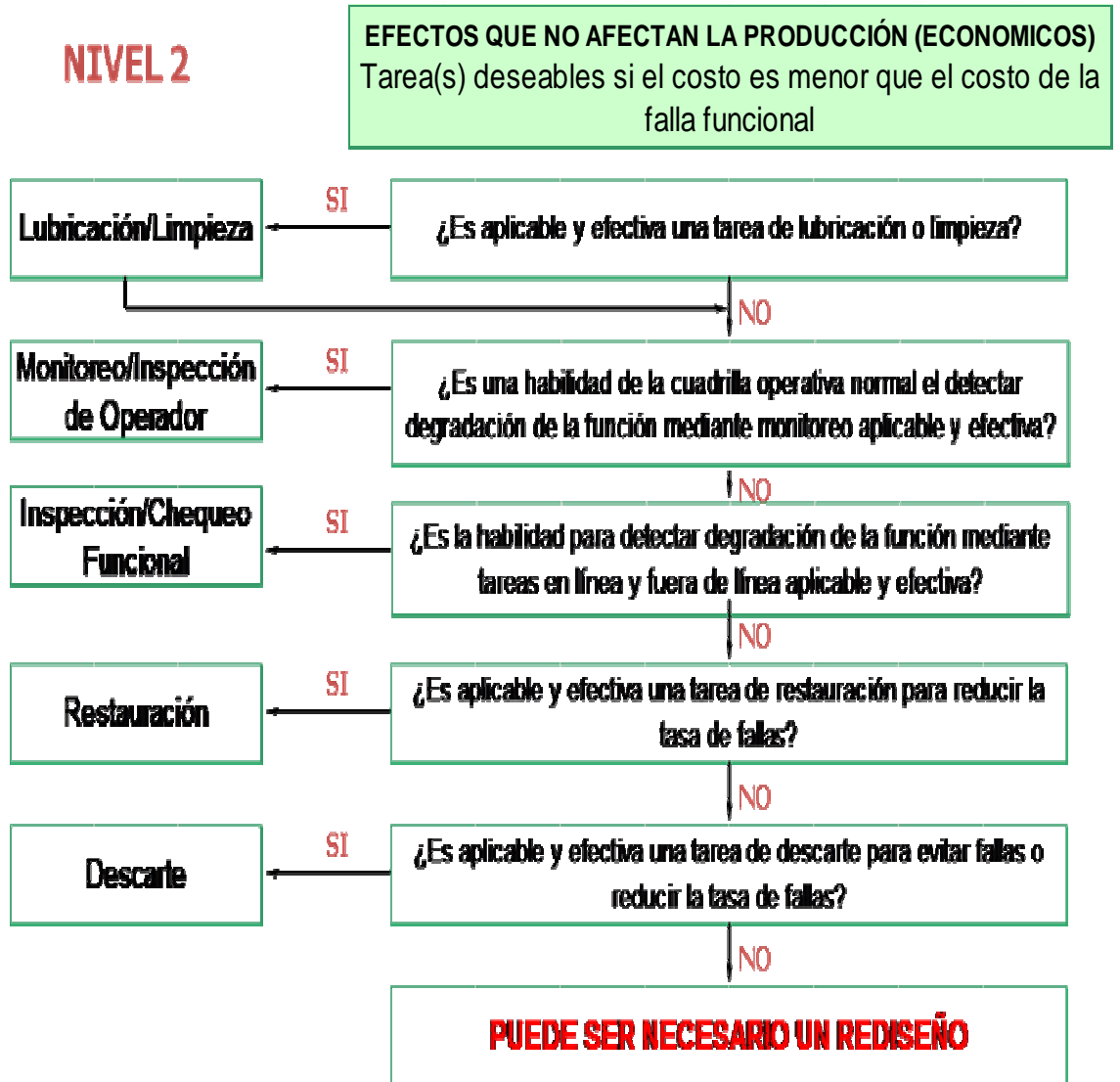
Figura 22. Diagrama fallas evidentes nivel 2 efectos de seguridad



Fuente: Sabmiller Brewery

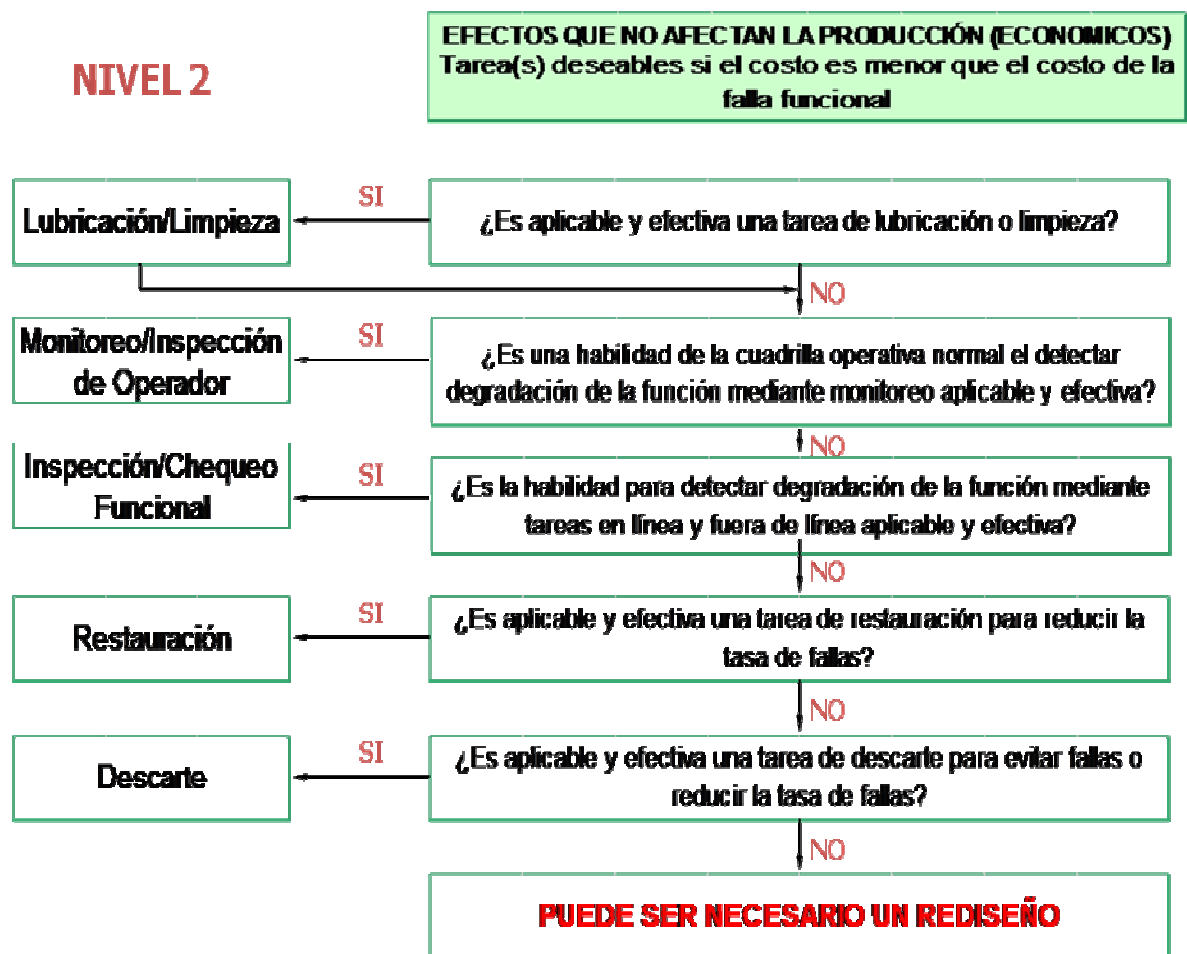
Figura 23. Diagrama fallas evidentes nivel 2 efectos de producción

FALLAS EVIDENTES



Fuente: Sabmiller Brewery

Figura 24. Diagrama fallas evidentes nivel 2 efectos no de producción



Fuente: Sabmiller Brewery

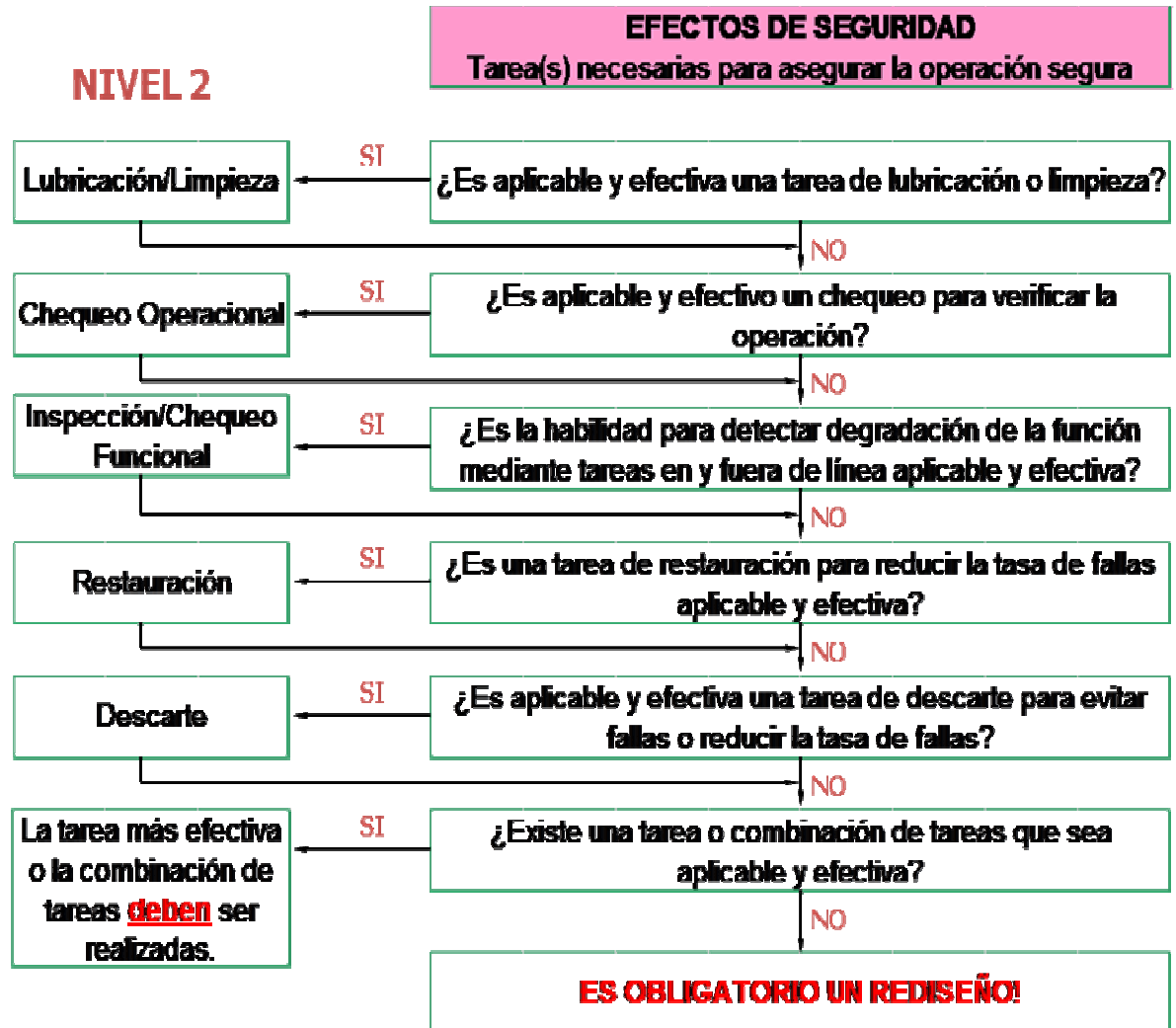
- **Categoría de fallas ocultas**

Las fallas ocultas se clasifican en dos categorías:

- *Consecuencias de seguridad y medio ambiente*
Fallas que pueden producir lesiones o muertes o un incumplimiento de los estándares ambientales establecidos.
- *Consecuencias no relacionadas con seguridad*

Tareas requeridas para asegurar la disponibilidad necesaria para evitar los efectos económicos de múltiples fallas.

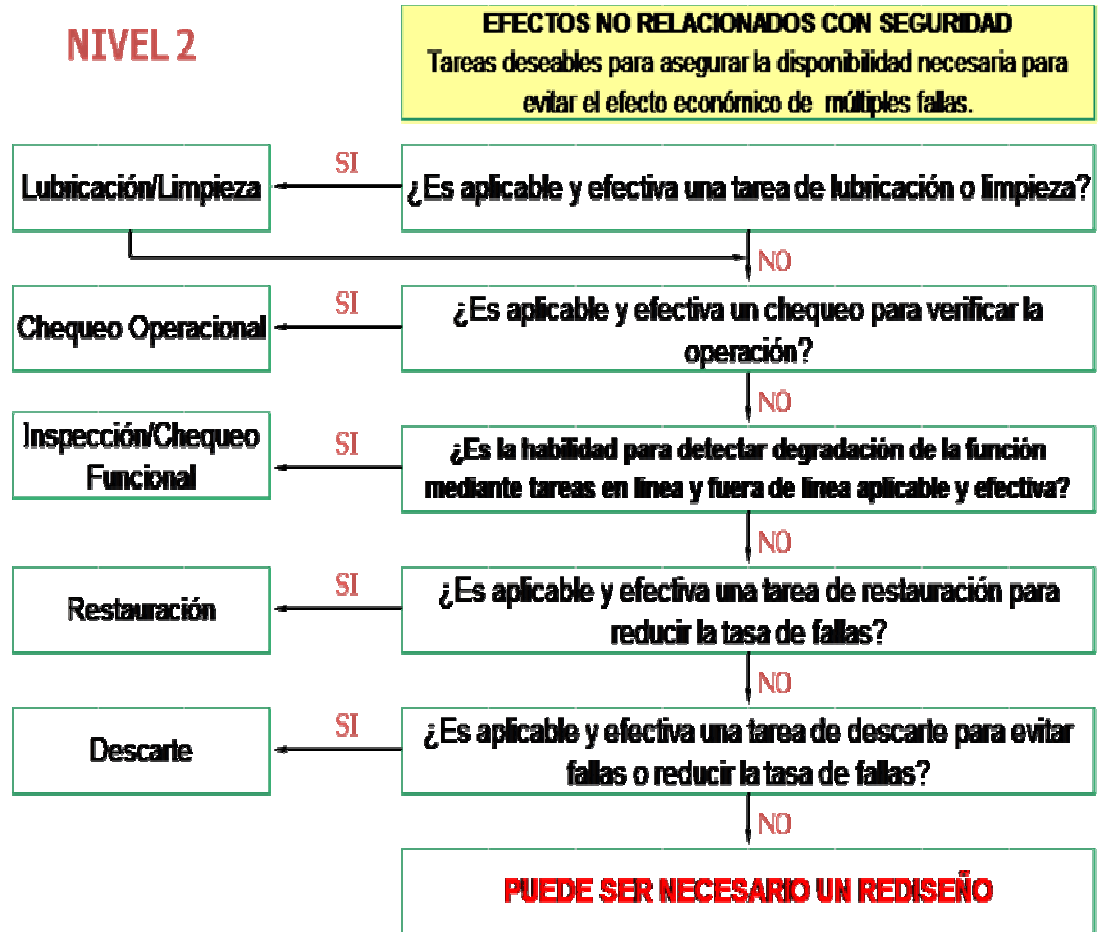
Figura 25. Diagrama fallas ocultas nivel 2 efectos de seguridad



Fuente: Sabmiller Brewery

Figura 26. Diagrama fallas ocultas nivel 2 efectos no de seguridad

FALLAS OCULTAS



Fuente: Sabmiller Brewery

- **Paso 6 – desarrollando el programa**

Una vez se ha identificado la política apropiada de gestión de la falla utilizando la lógica de decisión, se debe desarrollar una tarea de mantenimiento. Esta tarea incluirá:

- Una descripción clara y específica de la tarea
- La frecuencia de la tarea

- El estado de la máquina necesaria para realizar la tarea
- El oficio / recurso que realizará la tarea y la complejidad de la tarea.
- Un cálculo del tiempo necesario para realizar la tarea.

Estas tareas son luego agrupadas en grupos similares con base en el “estado” común de frecuencia, oficio y maquinaria.

2.3 MODULO DE MANTENIMIENTO PM – SAP

El objeto de este documento es capacitar a los usuarios en el manejo del módulo de mantenimiento PM de SAP, con el fin que todas las plantas del grupo empresarial Bavaria tengan un estándar de manejo, lo que permitirá hacer consultas ágiles y realizar consolidados entre todas las plantas.

En el ciclo del proceso de mantenimiento tenemos:

- **AVISO DE MANTENIMIENTO:** Información de un mal funcionamiento (aviso de avería) o requerimiento para una tarea particular (solicitud de mantenimiento).
- **CREACIÓN ORDEN DE TRABAJO:** Creación y planeación de una orden basado en un reporte de avería. Las tareas de planeación típicas incluyen creación de operaciones, elaboración de reservas para repuestos y planeación del tiempo necesario para la ejecución de los trabajos.
- **LIBERACIÓN Y PROGRAMACIÓN ORDEN:** Programación de la orden con chequeo de disponibilidad e impresión de las órdenes.
- **EJECUCIÓN ORDEN:** Ejecución del trabajo requerido, incluyendo la salida de materiales del almacén y los servicios contratados.
- **NOTIFICACIÓN ORDEN:** Reporte de tiempo, indicador de liberación reservas, y notificación final, que se ejecuta cuando se ha finalizado una determinada operación de

una orden de mantenimiento. Para que una orden de mantenimiento se le de Cierre Técnico, deben estar notificadas todas sus operaciones.

- **LIQUIDACIÓN ORDEN:** Proceso de traslado de los costos aglomerados en la orden de mantenimiento a una orden interna ya sea de gasto o inversión.
- **CIERRE:** Finalización del tratamiento en el módulo logístico de PM (Cierre Técnico), y en el módulo de controlling CO (Cierre Comercial).

2.3.1 Tipos de avisos módulo PM SAP

- Paro funcional (ZA)
- Cambio Ingeniería (ZD)
- Generado por Inspección (ZI)
- Solicitud de Mantenimiento (ZM)
- Causa Raíz (ZR)

TABLA 3. Tipos de avisos modulo PM SAP

CLASE DE AVISO	DESCRIPCION	ORDEN MTTO
ZI	AVISO GENERADO X INSPECCION	ZOT3
ZM	SOLICITUD DE MANTTO	ZT10-ZOT3
ZR	AVISO CAUSA RAIZ	ZOT3-ZT10-ZT11
ZA	AVISO PARO FUNCIONAL	ZOT1
ZD	AVISO MEJORAMIENTO ING.	ZT11

Fuente: Autores

Existen seis tipos de órdenes de mantenimiento:

- Orden mantenimiento emergente (ZOT1): Orden para mantenimiento de avería, producto de alteraciones o fallas que generan indisponibilidad en un activo, red de recursos.

- Orden mantenimiento preventivo (ZOT2): Orden utilizada para los planes de mantenimiento preventivo, por calendario o por contadores.
- Orden mantenimiento correctivo (ZOT3): Orden para mantenimiento correctivo programado, producto de las rutinas de inspección, predictivo y fallas no severas que no generan indisponibilidad total del activo o red de recursos.
- Orden mantenimiento predictivo (ZOT4): Orden para mantenimiento basado en condición, como vibraciones, medición de aislamiento, medición de carga, termografía, análisis de aceites e inspecciones.
- Orden de renovación de material (ZOT6): Orden para reparación con recurso propio de un equipo-repuesto. Esta orden incluye consumos de material del almacén liquidados contra un material que retorna al inventario con un mayor valor producto del consumo de repuestos.
- Orden de mantenimiento materiales consumibles (ZOT9): Orden para registrar los materiales consumibles que se utilizan en las áreas de proceso. Esta orden no requiere notificación y adicionalmente se debe crear una orden mensual por área de proceso (envasado, elaboración, servicios).
- Orden mantenimiento edificios (ZT10): Esta orden permite realizar actividades de mantenimiento a edificios, zonas de edificios o a equipos propios de los edificios.
- Orden Cambios de Ingeniería (ZT11): Orden para cambios de ingeniería de acuerdo a la Guía de Cambios de Ingeniería.
- Orden mantenimiento rutas de inspección (ZT12): Orden utilizada para los planes de mantenimiento a través de rutas de inspección operativa y funcional de los activos.

PUESTO DE TRABAJO: El puesto de trabajo es una unidad organizacional que puede ejecutar un trabajo. Los puestos de trabajo son básicos para los cálculos de costos, capacidades y programación de las operaciones.

- *Aviso ZI generado por las inspecciones*
- Proviene de una acción de una orden de Mantenimiento (ZT12).

- Permite reportar NO conformidades generadas desde la orden.
- Sirve de entrada para la generación del reporte CALCULO DE COMPONENTE DE OME.

- *Aviso solicitud de mantenimiento ZM*
 - Es una sugerencia de acción para ejecutar una actividad de mantenimiento correctivo programado sin que exista una falla que ocasione el paro de un Equipo o Instalación.

 - Origina la creación de:
 - Orden de Mantenimiento. correctivo programado ó
 - Orden de Mantenimiento. de Edificios
 - Este aviso permite iniciar la ejecución de un mantenimiento programado, de manera que se puedan evitar fallas mayores, manteniendo los equipos y edificios en buen estado, a niveles de eficiencia óptimos.

 - En el caso de equipos, sugiere su inspección para detectar posibles fallas en su fase inicial, de manera que se corrijan en el momento oportuno.

- *Aviso causa raiz (RCA) ZR*
 - Este aviso permite documentar con base a un análisis previo, los problemas más recurrentes sucedidos sobre un Equipo o Ubicación Técnica.

 - El historial de catálogos de los avisos que fueron registrados (notificados) alimenta al RCA, y se obtiene mediante la transacción IW69.

 - El RCA no requiere generar ninguna Orden de Mantenimiento, únicamente se utiliza para registrar el análisis.

- Este análisis se enfoca en identificar las causas que originan las fallas más recurrentes.
- Permite adoptar acciones correctivas o preventivas que mejorarán la confiabilidad de operación de los Equipo o Ubicaciones Técnica.

- *Aviso de paro funcional ZA*
 - Esta clase de aviso se utilizará para reportar Paradas funcionales de Equipos asociados a problemas de mantenimiento y debe ser atendida inmediatamente con una Orden de Mantenimiento tipo ZOT1.
 - Es una propuesta de acción originada por una avería o fallo funcional inesperado.
 - Generalmente provoca un paro de máquina.
 - Requiere de una intervención correctiva inmediata por parte de mantenimiento (para los equipos productivos).

- *Aviso de mejoramiento de ingeniería ZD*
 - Esta clase de aviso se utilizará para reportar la solicitud de mejoras de un activo o una ubicación técnica.
 - Es una sugerencia de acción originada por un plan de mantenimiento preventivo o un análisis Causa-Raíz.
 - Este aviso permite iniciar la ejecución de un mantenimiento programado, que permita mejorar el desempeño en que opera un equipo o instalación, por ejemplo:
 - Mover un equipo a otro lugar.
 - Reubicar el paso de una tubería.
 - Adicionar una mejora a algún equipo

2.3.2 Tipos de órdenes de mantenimiento

Figura 27. Tipos de órdenes de mantenimiento modulo PM SAP

Tipos de Ordenes		Clase de Aviso
→	ZOT1 <i>Mtto. Emergente</i>	ZA
→	ZOT2 <i>Mantenimiento Preventivo</i>	
→	ZOT3 <i>Mantenimiento Correctivo</i>	ZM-ZR-ZI
→	ZOT4 <i>Mantenimiento Predictivo</i>	
→	ZOT5 <i>Mantenimiento Proyectos</i>	ZD
→	ZOT6 <i>Renovación</i>	
→	ZOT9 <i>Mantenimiento Consumibles</i>	
→	ZT10 <i>Mantenimiento Edificios</i>	ZM-ZR
→	ZT11 <i>Mejoramiento o Cambios de Ing.</i>	ZD-ZR
→	ZT12 <i>Mantenimiento Rutas de Inspección</i>	

Fuente: Bavaria Tocancipá

Para visualizar los ciclos de mantenimiento desde la creación de los avisos registrados por operadores del proceso o técnicos de mantenimiento en donde se reportan las condiciones de funcionamiento anormal del activo en donde se puede ver reflejado en un paro funcional (aviso ZA) o avisos apoyados por las inspecciones (aviso ZI) o simplemente avisos de solicitudes de mantenimiento. Ver anexo B.

3 ANALISIS DE INFORMACION

3.1 ANALISIS DE CRITICIDAD DEL PROCESO




Conociendo las condiciones actuales del proceso, se realiza un análisis de criticidad de cada uno de los equipos que intervienen en el para determinar los puntos importantes que merecen la aplicación de una metodología como RCM-MSG3. El proceso de análisis utilizado se describe a continuación.

3.1.1 Clasificación ABC de maquinaria.

Para clasificar las máquinas de acuerdo a este procedimiento se utiliza el diagrama de decisión de la Fig. 27. Donde se realiza una ponderación de 6 aspectos principales como son: Seguridad, Calidad, Horas de operación, Impacto en productividad, Frecuencia de falla y mantenibilidad.

La clasificación de cada uno de los aspectos se resume en la tabla 4, a continuación.

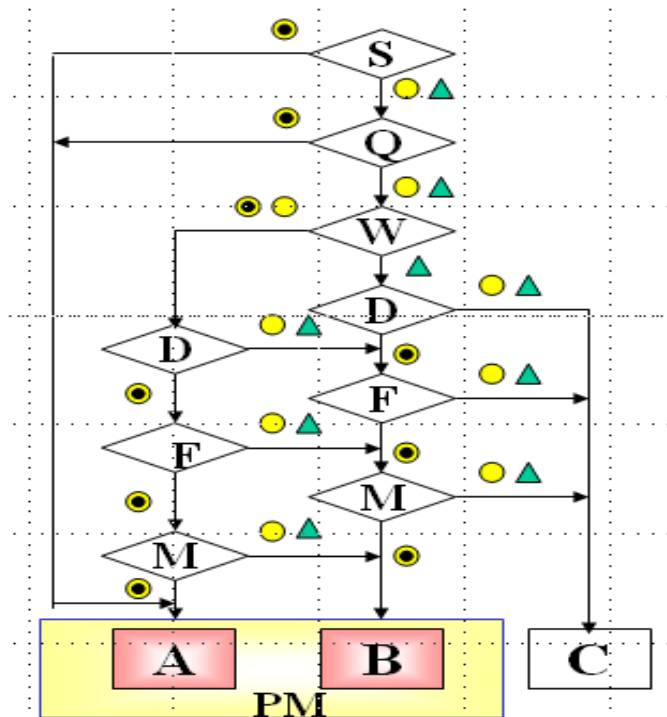
Tabla 4. Criterios de clasificación ABC de equipos.

		Clasificación		
				
S	Riesgo potencial de accidentes debido a fallas en el equipo.	Alto riesgo de accidente.	Bajo riesgo de accidente.	Riesgo despreciable de accidente.
Q	Pérdidas de potencial. Reclamos y reprocesos (fuente: calidad)	Alto potencial en causar pérdidas, reclamos o reprocesos	Bajo potencial en causar pérdidas, reclamos o reprocesos	Despreciable potencial en causar pérdidas, reclamos o reprocesos

W	Tiempo que el equipo está disponible para la producción	24 h / día	8 - 24 h / día	8 h / día
D	Impacto causado en la línea de producción (tiempo de proceso) debido a fallas en el equipo	La falla de la máquina interrumpe el siguiente proceso productivo	La falla de la máquina no interrumpe el siguiente proceso productivo, pero causa pérdidas.	La falla de la máquina no interrumpe el siguiente proceso productivo.
F	Frecuencia de falla del equipo	F > 1 falla / 2 meses	De 1 falla / 2 meses a 1 falla / 6 meses	F < 1 falla / 6 meses
M	Tiempo medio de reparación	MTTR >= 2 h	0,5 < MTTR < 2 h	MTTR < 0,5 h

Fuente: SABMiller Brewery

Figura 28. Clasificación ABC para equipos



Fuente: SABMiller Brewery

El procedimiento consiste en determinar la clasificación de cada uno de los aspectos en cada una de las máquinas y mediante el diagrama de decisión determinar el tipo de máquina, sea A, B o C.

Con la clasificación de cada equipo se determina el tipo de actividades de mantenimiento recomendadas o necesarias de acuerdo al siguiente resumen:

Figura 29. Tipos de mantenimiento aplicados por clasificación

Maquinas tipo A	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento predictivo • Mantenimiento preventivo • Análisis de cada una de las fallas y soporte en mantenimiento autónomo. • Enfoque a la reducción de fallas (equipo de trabajo) • Análisis de RCM (Reliability Centered Maintenance)
Maquinas tipo B	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento predictivo • Mantenimiento preventivo • Enfoque a la reducción de fallas (equipo de trabajo) • Análisis de fallas por el equipo de mantenimiento.
Maquinas tipo c	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento correctivo. • Mantenimiento preventivo y predictivo in utility equipment • Monitoreo de fallas por parte del área de mantenimiento para evitar que se vuelvan repetitivas.

Fuente: SABMiller Brewery

Con el procedimiento claro se realiza la recolección de la información necesaria para poder determinar la clasificación de los diferentes aspectos.

Se inicia con un análisis de las fallas presentadas, en el año 2008, en los diferentes equipos de una línea de envasado, para el caso de estudio se selección la línea 4 del salón de envasado, esta información se resume en la siguiente tabla 5:

Tabla 5. Resumen de tiempos perdidos línea 4 envasado año 2008

Máquina	Tiempo perdido total (h)	Numero de paradas
Lavadora de botellas (LAVA)	178,05	2459,00
Transportadores de envase con producto (TRBE)	133,75	2024,00
Transportadores de envase vacío (TREN)	61,18	962,00
Etiquetadora 1 (ETQ1)	44,01	657,00
Pasterizador (PAST)	36,40	663,00
Etiquetadora 2 (ETQ2)	34,75	522,00
Llenadora 2 (LLE2)	31,03	341,00
Etiquetadora 3 (ETQ3)	30,07	434,00
Paletizadora (PARE)	29,88	222,00
Llenadora 1 (LLE1)	27,24	413,00
Empacadoras (EMP)	24,99	268,00
Inspector de envase vacío 2 (INE2)	22,58	228,00
Lavadora de cajas (LAVC)	20,06	233,00
Almacén de cajas (AMCA)	19,27	334,00
Inspector de envase vacío 1 (INE1)	18,03	279,00
Transportadores de caja con envase vacío (TCEN)	15,54	112,00
Desempacadora (DEEM)	11,98	158,00
Inspector de caja con producto (INBE)	11,41	175,00
Transportadores de caja vacía (TCVA)	9,95	93,00
Transportadores de caja con producto (TCBE)	7,89	54,00
Depaletizadora (DEPA)	6,18	74,00
Codificadores (CODI)	5,24	69,00
Total general	779,480	10774,000

Fuente: Autores

Con esta información se realiza el cálculo de los parámetros como son tiempo medio entre falla (MTBF) y frecuencia de falla. Para el caso del cálculo de frecuencia de falla se toma como parámetro paradas superiores a 10 min., ya que por las condiciones de

operación, la complejidad del flujo del envase con frecuencia en las líneas se presentan microparadas, o paradas cortas generadas por pequeños problemas (ej. Caída de botella en la entrada del inspector de envase vacío) los cuales se ven reflejadas en disminuciones en la velocidad de operación. Los datos obtenidos se resumen a continuación:

1. En la tabla 6 se resume los tiempos programados y los tiempos de operación máquina de forma global para la línea 4 de envasado, durante el año 2008. Adicionalmente se calcula la disponibilidad de la línea mes a mes durante el año.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas de operacion maquinas (línea)}}{\text{Horas programadas (línea)}}$$

Tabla 6. Calculo de disponibilidad línea 4.

<i>Meses</i>	<i>Horas de operación máquinas (línea)</i>	<i>Horas programadas (línea)</i>	<i>Disponibilidad de línea</i>
1	421,5	484,4	87,0%
2	418,1	484,9	86,2%
3	365,5	415,2	88,0%
4	474,4	528,7	89,7%
5	470,1	527,6	89,1%
6	437,0	495,6	88,2%
7	498,6	545,9	91,3%
8	434,8	475,7	91,4%
9	346,8	382,9	90,6%
10	475,1	519,8	91,4%
11	387,1	429,5	90,1%
12	410,0	460,7	89,0%
Total	5139,1	5750,8	89,4%

Fuente: Autores.

2. Con los datos totales de tiempos de máquina se calcula el tiempo medio entre falla (MTBF) y la frecuencia de falla, para cada equipo. Resumido en la tabla 7.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Horas de operacion maquina (Total)}}{\text{Numero de fallas}}$$

$$\text{Frecuencia de Fallas} = \frac{1}{\text{MTBF}} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ Dias (mes)}$$

Tabla 7. Calculo de MTBF y frecuencia de falla equipos línea 4.

Máquinas	Cantidad de fallas > 10 min.	Tiempo perdido por fallas > a 10 min.	MTBF (horas)	Frecuencia fallas (mes)
LAVA	136	41,74	37,79	19,05
TRBE	86	29,85	59,76	12,05
TREN	46	17,56	111,72	6,44
PARE	45	17,00	114,20	6,30
LLE2	56	15,54	91,77	7,85
INE2	38	12,56	135,24	5,32
TCEN	33	10,19	155,73	4,62
LLE1	33	9,43	155,73	4,62
ETQ1	34	8,57	151,15	4,76
LAVC	25	8,31	205,56	3,50
EMPS	31	8,00	165,78	4,34
ETQ2	27	6,50	190,34	3,78
ETQ3	26	6,38	197,66	3,64
INE1	22	5,69	233,60	3,08
TCBE	18	5,29	285,51	2,52
TCVA	18	5,28	285,51	2,52

PAST	17	4,18	302,30	2,38
DEEM	8	3,38	642,39	1,12
INBE	10	2,49	513,91	1,40
DEPA	9	2,32	571,01	1,26
CODI	8	2,22	642,39	1,12
AMCA	4	0,82	1284,77	0,56
Total general	730	223,30	7,04	102,27

Fuente: Autores.

3. Finalmente se calculan los tiempos de mantenibilidad o MTTR tiempo medio de reparación. Tomando en cuenta solamente fallas significativas o superiores a 10 min., con el objetivo de depurar la información y evitar realizar un análisis de las microparadas. El resumen de los datos se muestra en la tabla 8.

$$MTTR = \frac{\text{Horas de tiempo perdido}}{\text{Numero de fallas}}$$

Con la información ya recopilada y los diferentes parámetros calculados se realiza el análisis de criticidad mediante el diagrama de flujo del proceso (ver figura 26) obteniendo los siguientes resultados, (ver tabla 9)

Tabla 8. Calculo de MTTR equipos línea 4.

<i>Máquinas</i>	<i>Cantidad de fallas > 10 min.</i>	<i>Tiempo perdido por fallas > a 10 min.</i>	<i>MTBF (horas)</i>	<i>Frecuencia fallas (mes)</i>	<i>MTTR (min.)</i>
LAVA	136	41,74	37,79	19,05	18,41
TRBE	86	29,85	59,76	12,05	20,83
TREN	46	17,56	111,72	6,44	22,90
PARE	45	17,00	114,20	6,30	22,67
LLE2	56	15,54	91,77	7,85	16,65
INE2	38	12,56	135,24	5,32	19,83
TCEN	33	10,19	155,73	4,62	18,53
LLE1	33	9,43	155,73	4,62	17,15
ETQ1	34	8,57	151,15	4,76	15,12
LAVC	25	8,31	205,56	3,50	19,94
EMPS	31	8,00	165,78	4,34	15,48
ETQ2	27	6,50	190,34	3,78	14,44
ETQ3	26	6,38	197,66	3,64	14,72
INE1	22	5,69	233,60	3,08	15,52
TCBE	18	5,29	285,51	2,52	17,63
TCVA	18	5,28	285,51	2,52	17,60
PAST	17	4,18	302,30	2,38	14,75
DEEM	8	3,38	642,39	1,12	25,35
INBE	10	2,49	513,91	1,40	14,94
DEPA	9	2,32	571,01	1,26	15,47
CODI	8	2,22	642,39	1,12	16,65
AMCA	4	0,82	1284,77	0,56	12,30
Total general	730	223,30	7,04	102,27	18,35

Fuente: Autores.

Tabla 9. Clasificación ABC de equipos línea 4.

	Seguridad	Calidad	Horas de operación	Entrega	Frecuencia de falla	MTTR	Clasificación
Etiquetadora 1	●	●	●	●	●	▲	A
Etiquetadora 2	●	●	●	●	●	▲	A
Etiquetadora 3	●	●	●	●	●	▲	A
Inspector de envase vacío 1	●	●	●	●	●	▲	A
Inspector de envase vacío 2	●	●	●	●	●	▲	A
Llenadora 1	●	●	●	●	●	▲	A
Llenadora 2	●	●	●	●	●	▲	A
Pasterizador	●	●	●	●	●	▲	A
Lavadora de botellas	●	●	●	●	●	▲	A
Depaletizadora	●	▲	●	●	●	▲	C
Paletizadora	●	▲	●	●	●	▲	C
Almacén de cajas	●	▲	●	▲	●	▲	C
Codificadores	●	●	●	●	●	▲	C
Desempacadora	●	▲	●	●	●	▲	C
Empacadoras	●	▲	●	●	●	▲	C
Inspector de caja con producto	●	●	●	●	●	▲	C
Lavadora de cajas	●	▲	●	●	●	▲	C
Transportadores de caja con	●	▲	●	●	●	▲	C
Transportadores de caja con	●	▲	●	●	●	▲	C
Transportadores de caja vacía	●	▲	●	●	●	▲	C
Transportadores de envase con	●	▲	●	●	●	▲	C
Transportadores de envase vacío	●	▲	●	●	●	▲	C

Fuente: Autores.

Un análisis simple de la tabla de criticidad nos muestra que los equipos más importantes o de clasificación A son: Etiquetadoras, llenadoras, inspectores de envase vacío, pasterizador y lavadora. Para determinar cuál de los cinco equipos debe ser tomado con mayor prioridad se analiza su impacto en el proceso tomando como referencia aspectos.

Como entrega, frecuencia de falla, tiempo medio entre falla y tiempo medio de reparación (ver tabla 10).

Tabla 10. Comparación de aspectos de equipos críticos línea 4.

<i>Equipo</i>	<i>Entrega</i>	<i>Frecuencia de falla (mes)</i>	<i>MTBF (horas)</i>	<i>MTTR (min)</i>
Etiquetadora 1	●	4,76	151,15	15,12
Etiquetadora 2	●	3,78	190,34	14,44
Etiquetadora 3	●	3,64	197,66	14,72
Llenadora 1	●	4,62	155,73	17,15
Llenadora 2	●	7,85	91,77	16,65
Inspector de envase vacío 1	●	3,08	233,60	15,52
Inspector de envase vacío 2	●	5,32	135,24	19,83
Pasterizador	●	2,38	302,30	14,75
Lavadora	●	19,05	37,79	18,41

Fuente: Autores.

Como se puede observar la lavadora de botellas presenta los valores más altos en frecuencia de falla (mayores a 10 min), tiempo medio entre falla y tiempo medio de reparación. Por ende estos resultados soportan más la elección de la lavadora de botellas como equipo prioritario para un análisis de RCM.

3.2 CONDICIONES DE MANTENIMIENTO ACTUALES

Habiendo escogido la lavadora de botellas como equipo a analizar, es importante conocer algunos datos referentes al mantenimiento como son: costos de mantenimiento y tiempo de mantenimiento programado, para tener un panorama claro de lo que se quiere lograr con la implementación del programa de mantenimiento.

3.2.1 Costos de mantenimiento

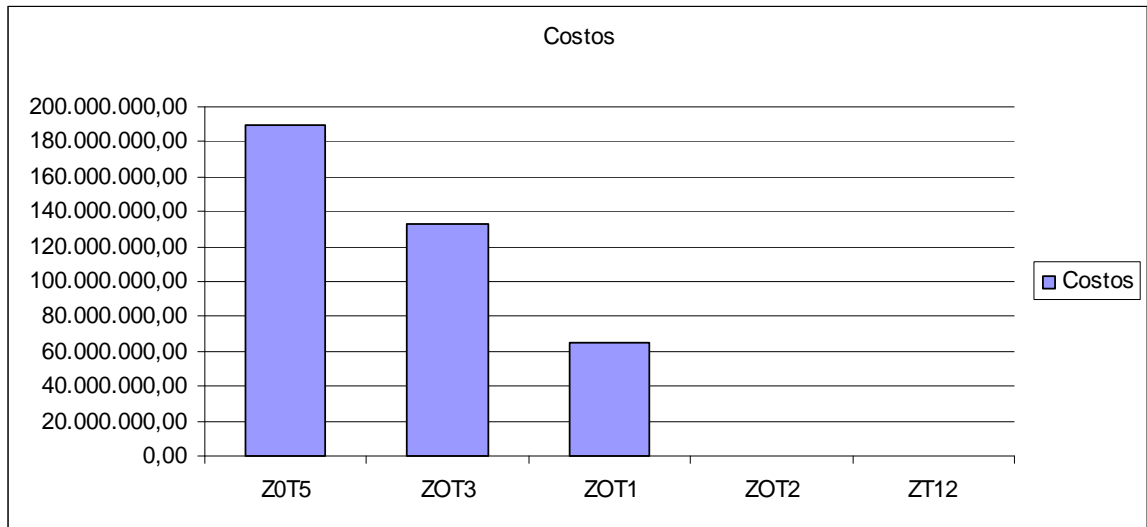
Para el año fiscal F09 que va desde Abril de 2008 hasta Marzo de 2009 el comportamiento de costos de mantenimiento de la lavadora de botellas fue el siguiente: en la tabla 11 se realiza una discriminación de los consumos del equipo de acuerdo al tipo de orden de trabajo es decir al tipo de trabajo realizado:

Tabla 11. Costos de mantenimiento línea 4 año 2008

Clases de ordenes	Costos	%
ZOT5 (Renovación de equipo)	189.720.445,49	48,90 %
ZOT3 (Correctivo)	132.981.236,69	34,28 %
ZOT1 (Emergente)	64.929.725,91	16,74 %
ZOT2 (Preventivo)	209.048,00	0,05 %
ZT12 (Inspecciones)	135.393,00	0,03 %
Total	387.975.849	100 %

Fuente: Autores.

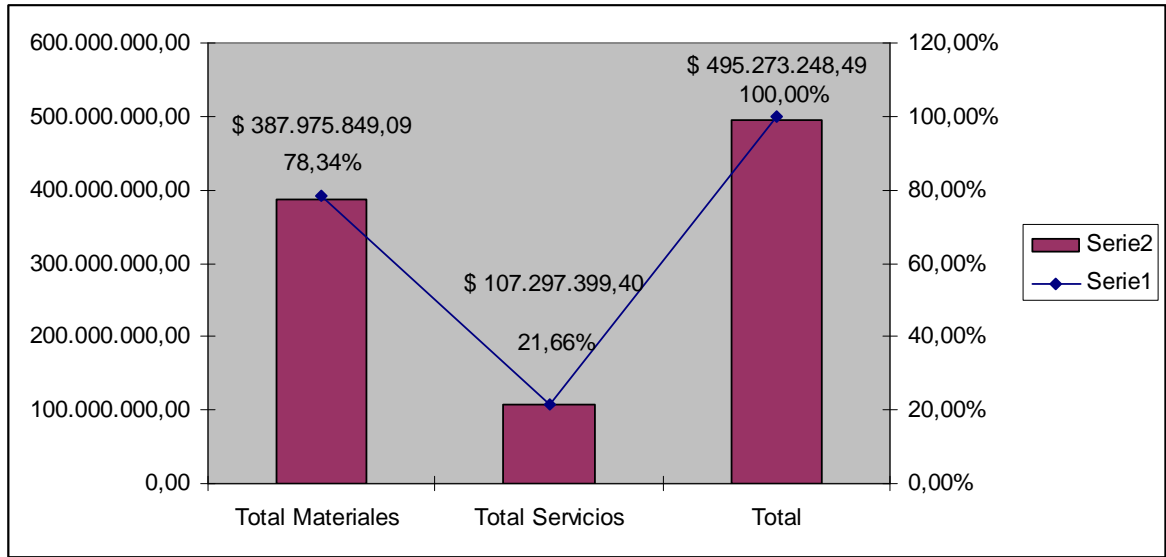
Figura 30. Gráfica de costo por tipos de orden de mantenimiento línea 4 año 2008



Fuente: Autores.

El valor de inversión en contratación de servicios de mantenimiento fue de \$ 107.297.399

Figura 31. Gráfica de costos por tipo de operación línea año 2008.



Fuente: Autores.

3.2.2 Tiempos de mantenimiento programado

Tomando como referencia el mismo periodo fiscal F09 se realiza una recolección de los tiempos de mantenimiento programados mensualmente y el porcentaje que representaron con respecto al total de tiempo programado (horas fábrica). Cabe aclarar que el parámetro que tiene es que los tiempos de mantenimiento debe ser aproximadamente el 10% del tiempo total.

Estos resultados se resumen a continuación en la tabla 12 y en la Figura 32.

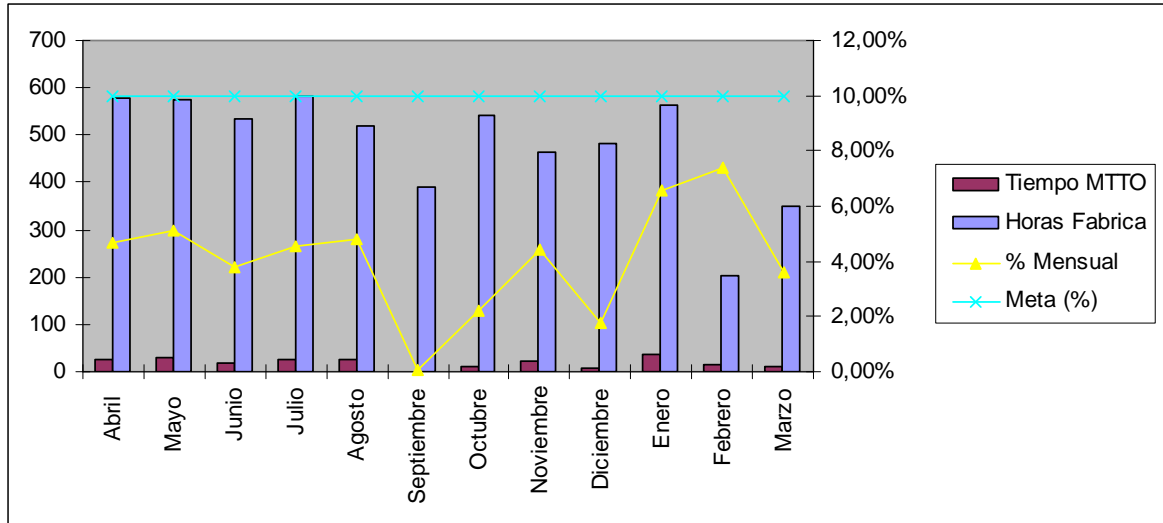
Tabla 12. Resumen de tiempos programados de mantenimiento línea 4 año 2008.

Mes	Mantenimiento	Horas Fabrica	%
Abril	27	577,96	4,67%
Mayo	29,26	575,31	5,09%
Junio	20,25	533,6	3,79%
Julio	26,6	582,92	4,56%
Agosto	24,88	521	4,78%
Septiembre	0,14	391,11	0,04%
Octubre	11,92	542,88	2,20%
Noviembre	20,46	466	4,39%

Diciembre	8,53	483,75	1,76%
Enero	36,76	562	6,54%
Febrero	15,05	204	7,38%
Marzo	12,47	348,42	3,58%
Total	233,32	5788,95	4,03%

Fuente: Autores.

Figura 32. Gráfica de tiempos programados de mantenimiento línea 4 año 2008.



Fuente: Autores.

3.3 ANALISIS DE FALLAS

Con los resultados obtenidos en el análisis de criticidad se inicia un estudio minucioso del equipo seleccionado, para determinar la criticidad de los diferentes subconjuntos y componentes del mismo. Para comenzar se realizará una breve descripción de la máquina y sus diferentes subconjuntos.

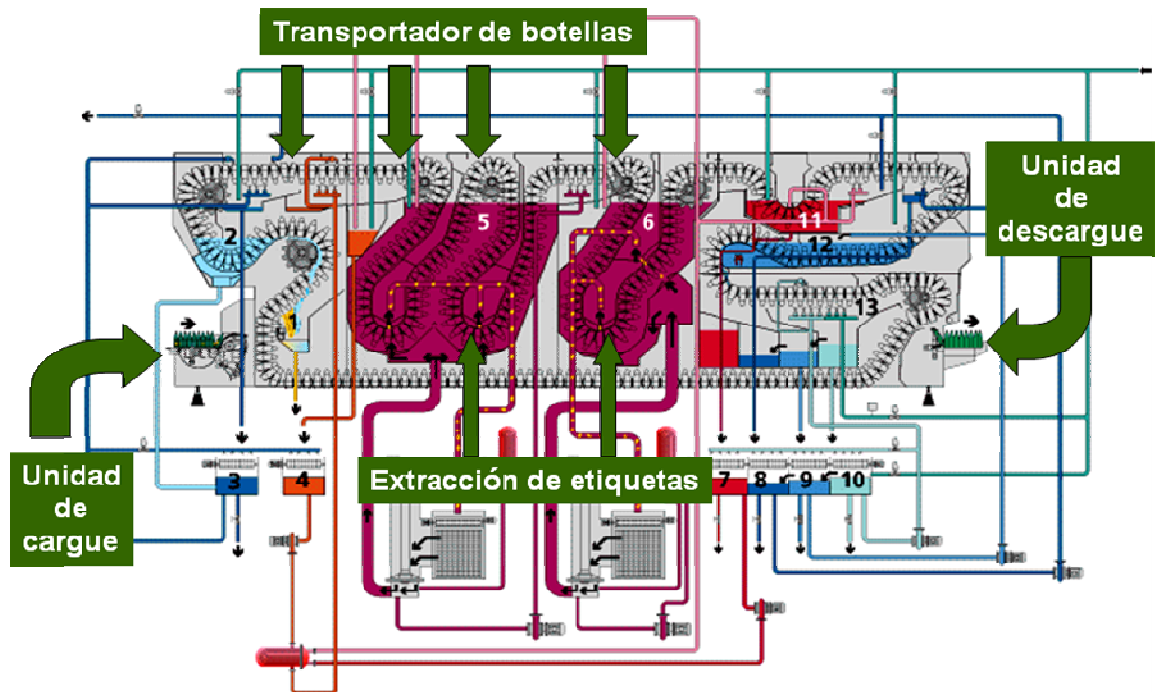
La lavadora es la encargada de realizar dos operaciones principales: Limpieza mecánica de las botellas y remoción y asepsia de microorganismos dañinos a la cerveza. Para ejecutar estas operaciones se deben tener en cuenta los siguientes procesos:

1. *Efecto de inmersión*: la remoción de la suciedad y de las etiquetas requiere un tiempo de empape y de disolución de 10 a 20 minutos en solución de soda.

2. *Efecto mecánico de los chorros de solución de soda.*
3. *Temperatura de lavado:* Las temperaturas altas siempre aceleran la remoción de la mugre. 65 a 85 °C se utilizan para tener una buena limpieza biológica.
4. *Agente limpiador:* La soda mata los microorganismos; también ablanda y disuelve mugre.

Los principales subconjuntos de la máquina son:

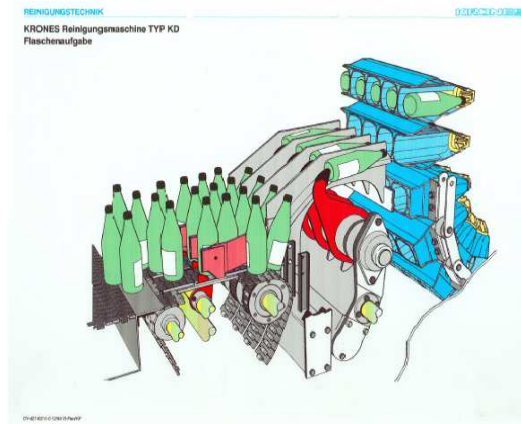
Figura 33. Diagrama de subconjuntos lavadora de botellas



Fuente: Bavaria S.A

1. Sistema de cargue de botellas (CALA): Colocar las botellas en las canastas o transportador de botellas.

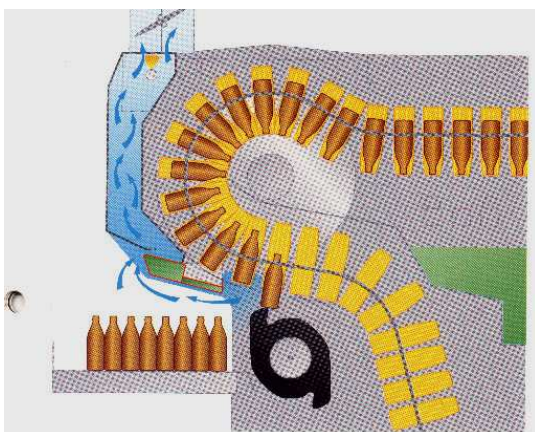
Figura 34. Sistema de carga lavadora.



Fuente: Catalogo lavadora Krones

2. Sistema de accionamiento principal (APRI): Es el conjunto de reductores y motor principal que mueven el transportador de botellas (portacanastas), el sistema de carga y descarga.
3. Sistema de manejo de botellas (MABO): hace referencia a las canastas portabotellas
4. Sistema de descarga de botellas (DSL): se encarga de retirar la botella de máquina.

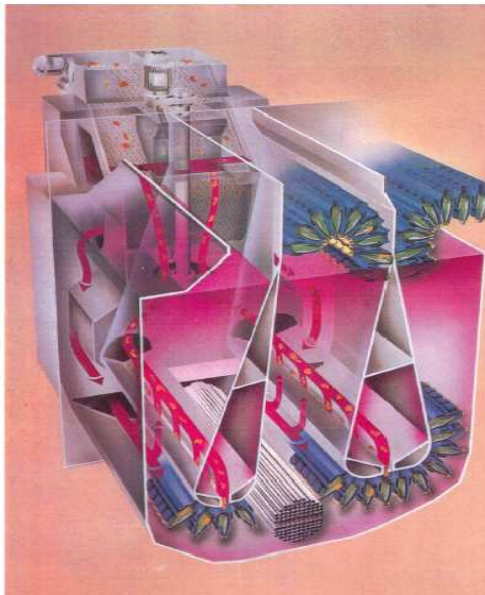
Figura 35. Sistema de descarga lavadora.



Fuente: Catalogo Lavadora KHS.

5. Sistema eléctrico (ELEC): comprende los sistemas eléctrico y de control de la máquina.
6. Sistemas de extracción de etiqueta (EETQ): Se encarga de extraer la etiqueta de los tanques de soda.

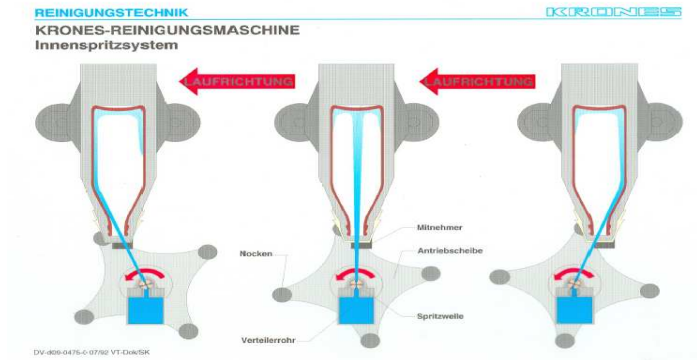
Figura 36. Sistema de extracción de etiquetas



Fuente: Catalogo lavadora KHS

7. Sistemas de bombeo y enjuague (AGUA): corresponde a los sistemas de bombeo y flautas de enjuague externo e interno de las botellas.

Figura 37. Sistema de enjuague presión botellas.



Fuente: Catalogo lavadora Krones.

Conociendo ya los subconjuntos podemos realizar un seguimiento del último año en cuanto al comportamiento de los tiempos perdidos atribuibles a cada uno de ellos. En la tabla 13 se realiza un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 13 Resumen de fallas subconjuntos lavadora línea 4.

Subconjunto	Numero de paradas > 10 min	Tiempo de parada (horas)
Descarga Lavadora (DSL)	71	21.62
Cargue Lavadora (CAL)	31	9.18
Accionamiento Principal (APRI)	16	5.87
Sistema Eléctrico (ELEC)	8	2.79
Manejo de botellas (MABO)	5	1.23
Sistema de bombeo y Agua (AGUA)	4	0.78
Sistema de extracción de	1	0.27

etiqueta (EETQ)		
TOTAL	136.00	41.74

Fuente: Autores.

Al analizar la cantidad de fallas y el total de tiempos perdidos de cada uno de los subconjuntos encontramos en cada uno los siguientes modos de falla:

Tabla 14. Resumen de modos de falla para subconjuntos de lavadora línea 4.

Subconjunto	Modos de falla	Tiempo perdido total (Horas)
Descarga Lavadora DSLA	Perturbación de sistema de embrague. Pérdida de tiempo de entrega.	4,93
	Falla de láminas de deslizamiento o deslizaderos de entrega de botella.	5,64
	Fallas por botella caída o atascada.	11,05
Cargue Lavadora CALA	Perturbación de sistema de embrague. Pérdida de tiempo de entrega.	7,08
	Botella caída mesa cargue.	2,1
Accionamiento Principal (APRI)	Sobrecargas en motor principal y cajas reductoras	5,87
Sistema Eléctrico (ELEC)	Fallas en sensores y perturbaciones por sobrecargas en motores	2,79
Manejo de botellas (MABO)	Fallas en canastas portabotella y bolsillos defectuosos.	1,23
Sistema de bombeo y Agua (AGUA)	Fallas en flautas de enjuague por fugas	0,39

Sistema de extracción de etiqueta (EETQ)	Perturbaciones en accionamiento de sistemas de extracción	0,17
	Atascamiento de mallas extractoras	0,1

Fuente: Autores.

Al conocer los diferentes modos de falla de los subconjuntos los podemos clasificar de acuerdo a su consecuencia y aplicar sobre los más críticos la metodología de análisis de falla y poder así determinar la causa raíz.

A continuación se explica la metodología de análisis de falla utilizada para el caso de estudio.

- Identificación de las probables causas que ocasionan los modos de falla.
- Generar acciones correctivas y preventivas. Las cuales servirán como base para el análisis de RCM.

A continuación en la tabla 15 se resumen las posibles causas atribuibles a los diferentes modos de falla y las acciones correctivas y preventivas cercanas a prevenirlos:

Tabla 15. Acciones preventivas y correctivas para los diferentes modos de falla.

Subconjunto	Modos de falla	Causas	Acciones correctivas y preventivas
Descarga Lavadora (DSL A)	Perturbación de sistema de embrague. Pérdida de tiempo de entrega.	Botella rota dentro de la máquina	1. Garantizar funcionamiento de sistema de control de temperatura para evitar choque térmico. 2. Realizar revisiones internas de la máquina periódicamente para verificar desgaste de guías y láminas.

	Desgaste y desajuste de los elementos del embrague	1. Realizar limpieza y calibración de los sistemas para evitar oxidación y desajuste.
	Botella invertida	1, Mantenimiento de mesa de alimentación cargue para evitar botella caída
Falla de láminas de deslizamiento o deslizaderos de entrega de botella.	Desgaste de láminas	1, Realizar revisiones internas de la periódicamente para verificar desgaste de guías y láminas
	Deformación de láminas por botellas atascadas	1, Mantenimiento de mesa de alimentación cargue para evitar botella caída. 2, Realizar revisiones internas de la periódicamente para verificar desgaste de guías y láminas
Fallas por botella caída o atascada.	Vidrio en los bolsillos de la canasta porta botella	1, Garantizar funcionamiento de sistema de control de temperatura para evitar choque térmico. 2, Realizar revisiones internas de la máquina periódicamente para verificar desgaste de guías y láminas.

Cargue Lavadora (CALA)	Perturbación de sistema de embrague.	Desgaste y desajuste del embrague	1, Realizar limpieza y calibración del sistemas para evitar oxidación y desajuste.
	Pérdida de tiempo de entrega.	Desgaste y desajuste de los elementos del embrague	1, Realizar limpieza y calibración del sistemas para evitar oxidación y desajuste.
	Botella caída mesa cargue.	Desgaste de cadenas y cintas transportador	1, Mantenimiento de mesa de alimentación cargue para evitar botella caída
Accionamiento Principal (APRI)	Sobrecargas en motor principal y cajas reductoras	Elongación de la cadena porta canastas	1, Realizar revisiones internas de la máquina periódicamente para verificar desgaste de guías y láminas, además realizar verificación de la elongación de la cadena
		Daño de rodamientos ejes principales	1, Garantizar frecuencia de lubricación. 2, Realizar inspección visual del rodamiento para verificar su estado de desgaste.
		Daño de guías de rodadura internas	1, Realizar revisiones internas de la máquina periódicamente para verificar desgaste de guías y láminas, además realizar verificación de la elongación de la cadena

		Freno electromecánico atascado	1, Realizar limpieza y calibración periódicamente
		Daño en acoples y sistemas de transmisión de potencia	1, Realizar inspección visual del estado de los sistemas de transmisión
		Fallas en rodamientos de cajas reductoras	1, Garantizar frecuencia de lubricación. 2, Realizar análisis de vibraciones
Sistema Eléctrico (ELEC)	Fallas en sensores y perturbaciones por sobrecargas en motores	Exceso de humedad	1, Identificar referencias instaladas y grado de protección 2, Diseñar sistemas de protección para evitar contaminación
		Cables abiertos	1, Realizar rutina de verificación de motores y cableado
Manejo de botellas (MABO)	Fallas en canastas portabotella y bolsillos defectuosos.	Rotura de canasta	1, Realizar inspección general de canastas y bolsillos periódicamente
		Rotura de botellas por bolsillo defectuoso	1, Realizar inspección general de canastas y bolsillos periódicamente
Sistema de bombeo y Agua (AGUA)	Fallas en flautas de enjuague por fugas	Daño de empaques	1, Realizar mantenimiento general de flautas

Sistema de extracción de etiqueta (EETQ)	Perturbaciones en accionamiento de sistemas de extracción	Elongación de cadena de accionamiento	1, Realizar verificación de funcionamiento periódicamente
	Atascamiento de mallas de extractoras	Elongación de cadena de malla	1, Realizar verificación de funcionamiento periódicamente
		Exceso de suciedad	1, Realizar saneamiento general de máquina periódicamente.

Fuente: Autores.

3.4 CALCULO DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO CRÍTICO.

Como parte final del análisis de las condiciones actuales de la lavadora de botellas se realizará un cálculo de los indicadores de mantenimiento de cada uno de los subconjuntos, esto para tener una base para poder corroborar el mejoramiento del equipo en el momento en que se inicie la ejecución de las tareas planteadas en el análisis de RCM.

A continuación se resumen los resultados de los indicadores.

Tabla 16. Calculo de indicadores para subconjuntos.

Subconjunto	Numero de paradas > 10 min	Tiempo de parada (horas)	MTTR (min)	MTBF (horas)	Frecuencia de falla (mes)
Descarga Lavadora (DSL A)	71	21,62	18,27	72,38	9,95
Cargue	31	9,18	17,77	165,78	4,34

Lavadora (CALA)					
Accionamiento Principal (APRI)	16	5,87	22,01	321,19	2,24
Sistema Eléctrico (ELEC)	8	2,79	20,90	642,39	1,12
Manejo de botellas (MABO)	5	1,23	14,76	1027,82	0,70
Sistema de bombeo y Agua (AGUA)	4	0,78	11,70	1284,77	0,56
Sistema de extracción de etiqueta (EETQ)	1	0,27	16,20	5139,10	0,14
TOTAL	136,00	41,74	18,41	37,79	19,05

Fuente: Autores.

4. PROPUESTA DE APLICACIÓN DE RCM AL EQUIPO

4.1 ESTUDIO METODOLOGIA DE RCM

De acuerdo a como se explicó en el capítulo 2 se aplica el procedimiento lógico de la metodología MSG-3 que consisten en los siguientes pasos:

- 1) Selección significativa de elementos
- 2) Diagramas de bloque funcional (División del equipo)
- 3) Identificación del Modo de Falla
- 4) Evaluación de modos de falla para causa vs. Efecto y criticidad
- 5) Lógica MSG3
- 6) Desarrollo de Programa y soporte logístico.

A continuación se desarrollaran cada uno de los pasos de la metodología.

1. Selección significativa de elementos de mantenimiento.

Para el paso 1 podemos utilizar la información analizada en el capítulo anterior donde se determinó la influencia de cada uno de los subconjuntos del equipo y describir los elementos de mantenimiento más significativos de cada uno de ellos.

Tabla 17. Elementos significativos en subconjuntos.

Subconjunto	Elementos significativos de mantenimiento
Descarga Lavadora DSLA	a. Sistema de embrague (sistema de seguridad para sobrecargas) b. Laminas de deslizamiento

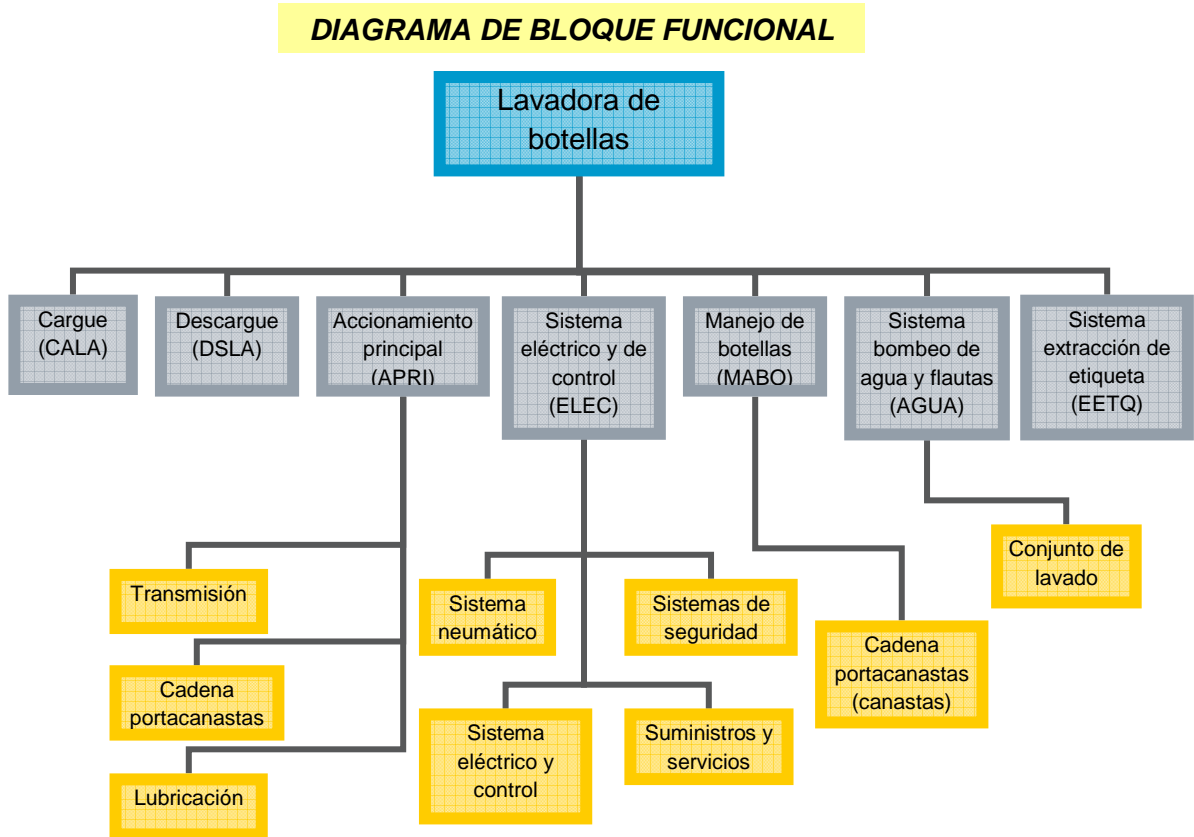
Cargue Lavadora CALA	<ul style="list-style-type: none"> a. Sistema de embrague (sistema de seguridad para sobrecargas) b. Mesa de alimentación
Accionamiento Principal (APRI)	<ul style="list-style-type: none"> a. Sistemas de seguridad para sobrecargas b. Acoples de transmisión y rodamientos ejes principales c. Reductores d. Cadena de rodillos portacanas
Sistema Eléctrico (ELEC)	<ul style="list-style-type: none"> a. Sensores de seguridad y sobrecarga b. Freno electromecánico motor principal c. Motores eléctricos. d. Variadores de velocidad accionamiento motores.
Manejo de botellas (MABO)	<ul style="list-style-type: none"> a. Canastas portabotella
Sistema de bombeo y Agua (AGUA)	<ul style="list-style-type: none"> a. Sellos mecánicos de bombas
Sistema de extracción de etiqueta (EETQ)	<ul style="list-style-type: none"> a. Cadenas de accionamiento y/o transporte

Fuente: Autores.

2. Diagramas de bloque funcional (División del equipo)

Tomando como base la información sobre los subconjuntos del equipo y los elementos significativos de mantenimiento se determinan las siguientes divisiones:

Figura 38. Diagrama de división de máquina lavadora de botellas línea 4.




Fuente: Autores.

1. CARGUE
2. EXTRACCIÓN DE ETIQUETAS
3. CONJUNTO LAVADO
4. TRANSMISION
5. CADENA PORTACANASTAS
6. DESCARGUE
7. SUMINISTROS Y SERVICIOS
8. SISTEMA NEUMATICO
9. SISTEMA ELECTRICO Y CONTROL
10. LUBRICACIÓN
11. SISTEMA DE SEGURIDAD

Con los subconjuntos o ensambles principales definidos se inicia la partición de cada uno de ellos en sub ensambles con sus respectivas partes significativas de mantenimiento. A continuación se muestra un ejemplo del formato utilizado.

Figura 39. Formato de división del equipo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1		Bavaria S.A.							
2		Cervecería	----->	Tocancipá					
3									
4		Línea:	L4						
5		Equipo:	LAVADORA BOTELLAS KHS INNOCLEAN R1532129 / 129 97 41 532						
6									
7									
8	Item	Nivel 1 Partición (Ensamble)	Item	Nivel 2 Partición (Sub-Ensamble)	Item	Nivel 3 Partición (Componente)	Item	Nivel 4 Partición (sub-Componente)	
9	1.1	CARGUE							
10			1.1.1	Mesa de acumulación de botellas					
11					1.1.1.1	Piñones plasticos (69)			
12					1.1.1.2	Cadena TT 2 5/8			
13					1.1.1.3	Cintas de desgaste			
14					1.1.1.4	Eje motriz			
15					1.1.1.5	Eje de retorno			
16					1.1.1.6	Casquillos de soporte eje motriz (3)			
17					1.1.1.7	Chumaceras de soporte ejes (4)			
18					1.1.1.8	Reductor mesa			
19			1.1.2	Sistema enfilador de botellas					
20					1.1.2.1	Reductor agitador			
21					1.1.2.2	Rotulas sistema de agitacion			
22					1.1.2.3	Platinas enfiladoras			
23					1.1.2.4	Guias plasticas subebotellas (costillar)			
24			1.1.3	Eje subebotellas					
25					1.1.3.1	Puntas de soporte bridadas (2)			
26					1.1.3.2	Chumaceras			
27					1.1.3.3	Puntera metalica subebotellas (276)			
28					1.1.3.4	Buje de acople embrague			
29			1.1.4	Sistema empujador de botellas					
30					1.1.4.1	Compuertas de empuje (4)			
31					1.1.4.2	Perfil plastico empujador(4)			

Fuente: SABMiller Brewery.

3. Identificación del Modo de Falla

Con la división o partición de la máquina conocida se toma el último nivel, que puede ser componente o subcomponente, y se realiza una identificación de modos de falla , se utiliza como base la tabla 14 realizada con anterioridad donde se mencionan los modos de falla más comunes de los principales subconjuntos y sus posibles causas.

A continuación se muestra un ejemplo del formato utilizado.

Figura 40. Formato de análisis de modo de falla.

A	B	C	D	E	F	G
1	Bavaria S.A.					
2	Cervecería	Tocancipá				
3						
4	Línea:	L4			No de Equipo en SAP:	1000504
5	Equipo:	R1532129 / 129 97 41 532			Ubicación Técnica en SAP:	
6					Fecha:	
7					Revisado por:	
8	Item No.	Nombre de Partición	Modo de Falla	Causa	Efecto	Probabilidad Consecuencia
9	1.1.1.1	Piñones plasticos (69)	DESGASTE	X		baja Si
10	1.1.1.2	Cadena TT 2 5/8	ELONGACION	X		baja Si
11	1.1.1.3	Cintas de desgaste	DESGASTE	X		baja Si
12	1.1.1.4	Eje motriz	ROTURA		X	baja No
13	1.1.1.5	Eje de retorno	AGARROTAMIENTO		X	baja No
14	1.1.1.6	Casquillos de soporte eje motriz (3)	DESGASTE	X		baja Si
15	1.1.1.6	Casquillos de soporte eje motriz (3)	FALTA DE LUBRICACION		X	baja No
16	1.1.1.7	Chumaceras de soporte ejes (4)	AGARROTAMIENTO		X	baja No
17	1.1.1.7	Chumaceras de soporte ejes (4)	DESGASTE	X		baja Si
18	1.1.1.8	Reductor mesa	FALTA DE LUBRICACION		X	baja No
19	1.1.1.8	Reductor mesa	DESGASTE	X		baja Si
20	1.1.1.8	Reductor mesa	DESGASTE DE RETENEDORES	X		baja Si
21	1.1.2.1	Reductor agitador	FALTA DE LUBRICACION		X	baja No
22	1.1.2.1	Reductor agitador	DESGASTE	X		baja Si
23	1.1.2.1	Reductor agitador	DESGASTE DE RETENEDORES	X		baja Si

Fuente: SABMiller Brewery.

4. Evaluación de modos de falla para causa vs. Efecto y criticidad

En el mismo formato donde se identifican los modos de falla se evalúa su consecuencia y su probabilidad de falla utilizando la siguiente tabla, la figura 41.

Figura 41. Matriz de probabilidad Vs consecuencia

RCM CAUSE AND EFFECT GUIDELINES			CONSEQUENCE		
One Hour of Downtime = \$500			More than \$5,000 or more than 8 Hrs Down	More than \$1,000 or more than 1 Hr Down	Less than \$1,000 or less than 1 Hr Down
			3	2	1
PROBABILITY	More than once per Month	3	9 High	6 High	3 Med
	More than once per Quarter	2	6 High	4 Med	2 Low
	Less than once per year	1	3 Med	2 Low	1 Low
All Effects with Safety, Environmental and/or Quality Consequences will be assigned a number three (3) at a minimum					

Fuente: SABMiller Brewery.

De acuerdo a los resultados de este análisis de probabilidad vs consecuencia se estable que modos de falla deben ir al diagrama de decisión de MSG 3, ya sea porque son la causa raíz de un problema o porque su probabilidad o su consecuencia son muy altas.

En el mismo formato se coloca en la última casilla que modos de falla deben ser analizados, a continuación se muestra un ejemplo de los resultados

Figura 42. Formato de análisis de modo de falla mostrando decisión sobre que elementos se deben analizar con el diagrama de decisión.

8	Item No.	Nombre de Partición	Modo de Falla	Causa	Efecto	Probabilidad Consecuencia	MSG III
9	1.1.1.1	Piñones plasticos (69)	DESGASTE	X		baja	Si
10	1.1.1.2	Cadena TT 2 5/8	ELONGACION	X		baja	Si
11	1.1.1.3	Cintas de desgaste	DESGASTE	X		baja	Si
12	1.1.1.4	Eje motriz	ROTURA		X	baja	No
13	1.1.1.5	Eje de retorno	AGARROTAMIENTO		X	baja	No
14	1.1.1.6	Casquillos de soporte eje motriz (3)	DESGASTE	X		baja	Si
15	1.1.1.6	Casquillos de soporte eje motriz (3)	FALTA DE LUBRICACION		X	baja	No
16	1.1.1.7	Chumaceras de soporte ejes (4)	AGARROTAMIENTO		X	baja	No
17	1.1.1.7	Chumaceras de soporte ejes (4)	DESGASTE	X		baja	Si
18	1.1.1.8	Reductor mesa	FALTA DE LUBRICACION		X	baja	No
19	1.1.1.8	Reductor mesa	DESGASTE	X		baja	Si
20	1.1.1.8	Reductor mesa	DESGASTE DE RETENEDORES	X		baja	Si
21	1.1.2.1	Reductor agitador	FALTA DE LUBRICACION		X	baja	No
22	1.1.2.1	Reductor agitador	DESGASTE	X		baja	Si
23	1.1.2.1	Reductor agitador	DESGASTE DE RETENEDORES	X		baja	Si
24	1.1.2.2	Rotulas sistema de agitacion	AGARROTAMIENTO		X	baja	No
25	1.1.2.2	Rotulas sistema de agitacion	DESGASTE	X		baja	Si
26	1.1.2.3	Platinas enfiladoras	DESGASTE		X	baja	No
27	1.1.2.4	Gulas plasticas subbotellas (costillar)	DESGASTE	X		baja	Si
28	1.1.2.4	Gulas plasticas subbotellas (costillar)	DESGASTE		X	baja	No

Fuente: SABMiller Brewery.

5. Lógica MSG3

Como se explicó anteriormente ya se determinó qué los modos de falla deben ser analizados mediante el árbol de decisión. Como se explicó en su momento en el capítulo 2 se determina el efecto que la falla generaría en el proceso, los cuales se describen a continuación, y se determina el camino que se debe seguir en el diagrama de decisión.

ESE = Efecto Evidente de seguridad. Este tipo de efecto de falla sea evidente para el operador en el curso normal de sus tareas. La falla funcional o daño secundario resultante de la falla tendrá un efecto adverso sobre la seguridad de la operación.

EPE = Efecto evidente sobre la producción. Este tipo de efecto de falla será evidente para el operador en el curso de sus tareas normales. La falla funcional o daño secundario resultante de la falla tendrá un efecto adverso sobre la seguridad de la operación. El efecto de la falla tendrá un efecto directo sobre la capacidad de operación.

ENP = Efecto no evidente sobre la producción. Este tipo de efecto de falla será evidente para el operador en el curso de sus tareas normales. La falla funcional o daño secundario resultante de la falla no tendrá un efecto adverso sobre la seguridad de la operación. El efecto de la falla no tendrá un efecto adverso directo sobre la capacidad de operación.

HSE = Efecto oculto sobre la seguridad. Este tipo de efecto de falla no será evidente para el operador en el curso de sus tareas normales. La combinación de la falla funcional oculta y una falla adicional del sistema o backup tendrá un efecto adverso directo sobre la seguridad del operador.

HNS = Efecto oculto sin efecto sobre la seguridad. Este tipo de efecto de falla no será evidente para el operador en el curso de sus tareas normales. La combinación de la falla funcional oculta y una falla adicional del sistema o sistema de respaldo no tendrá un efecto adverso directo sobre la seguridad del operador. Tareas son deseables para asegurar la disponibilidad necesaria para evitar los efectos económicos de fallas múltiples.

Figura 43. Formato de administración de tareas.

ITEM NO.	EQUIPO, ENSAMBLE O COMPONENTE	MODO DE FALLA	EFECTO	TAREA	DESCRIPCION DE LA TAREA
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

Fuente: SABMiller Brewery.

Finalmente se determina de acuerdo al efecto y a la consecuencia el tipo de tarea a realizar, procedimiento explicado con anterioridad en el capítulo 2, para mejor comprensión las actividades se clasifican en:

L/C – Describe tareas de lubricación y limpieza. La condición definida puede ser alcanzada o por tareas efectivas de limpieza programadas o por tareas efectivas de lubricación programadas.

O/I – Describe tareas del operador. La condición del elemento es mantenida por observación del operador. El operador es responsable de atender condiciones eminentes de falla. (Ejemplo, realizar ajustes básicos o contactar especialista para realizar reparaciones).

I/F – Describe tareas de inspección. El ítem será inspeccionado o revisado por especialistas para determinar la condición y saber si mantiene condiciones para evitar una falla.

RE – Describe tareas de restauración. El elemento será restaurado a condición, como nuevo, de acuerdo a una programación regular.

DS – Describe tareas de descarte. El elemento será retirado y reemplazado por uno nuevo, de acuerdo a una programación regular.

RTF – Describe tareas de ir a falla. No existen tareas que sean aplicables o efectivas para mitigar la falla.

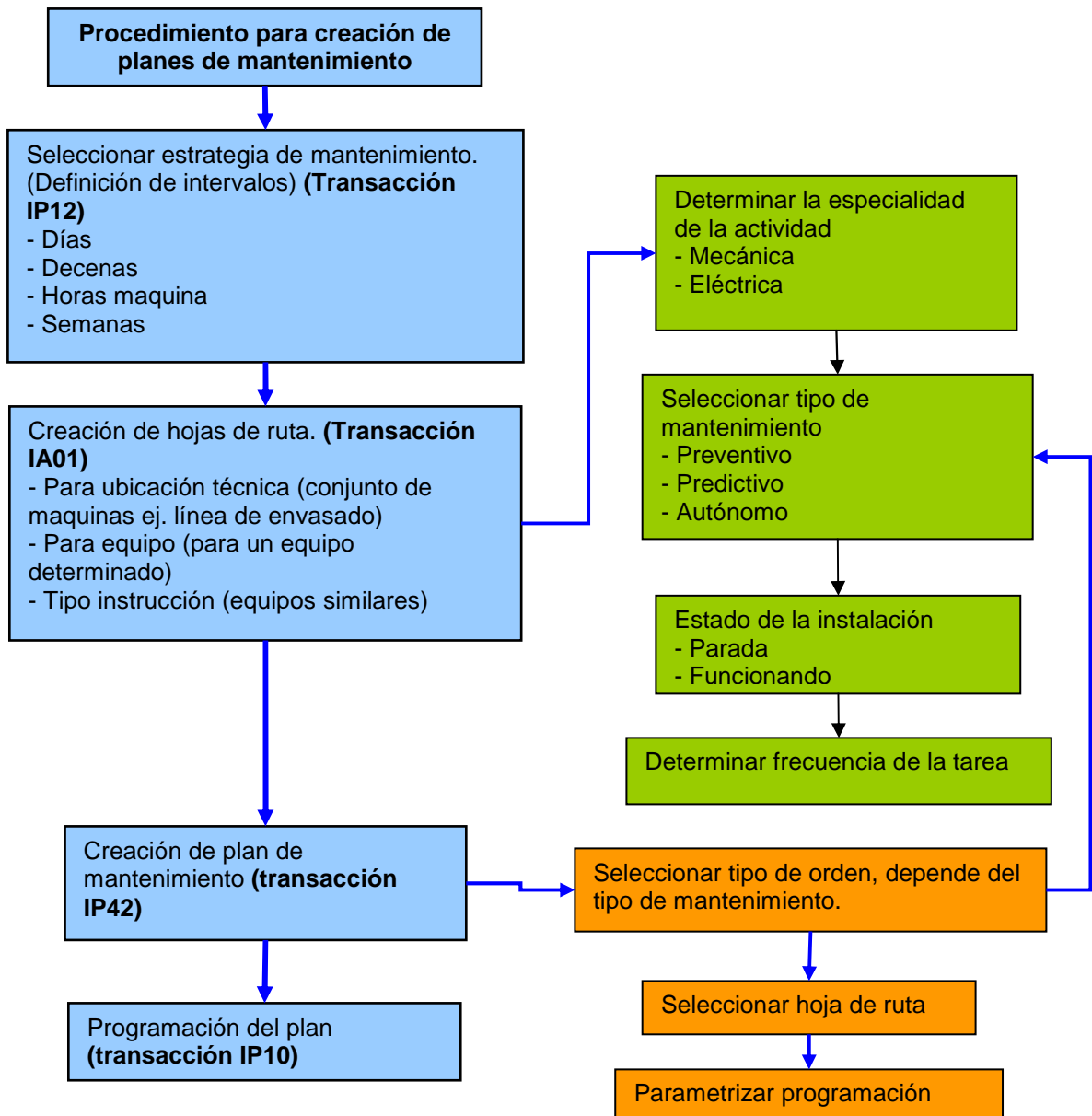
La selección de la actividad a aplicar se determina de acuerdo a la siguiente secuencia de pasos. Ver ejemplo (imagen 22)

El paso final es realizar una descripción breve de la tarea, calculando la frecuencia, el número de personas, y la especialidad de la persona que va a ejecutar la actividad.

5. IMPLEMENTACION DE PROGRAMA EN SAP.

El procedimiento para la generación de un plan de mantenimiento es el siguiente. Y será el que se aplicará para el montaje de plan en el software de administración SAP.

Figura 44. Procedimiento para la generación de planes de mantenimiento.



Fuente: Autores.

Conociendo el proceso de implementación de los planes en SAP. La creación de las hojas de ruta (guía de actividades) se realizará siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Organización de las tareas en hojas de ruta (HR)
2. Creación de hojas de ruta de acuerdo al siguiente procedimiento:

Mantenimiento Autónomo (Hoja de ruta para equipo)

- HR con equipo funcionando

Inspección operativa: Las inspecciones se harán con el tipo de orden PM ZT12

Limpieza y lubricación: Debemos separar lubricación claramente de limpieza, para la lubricación se usara el tipo de orden PM ZOT2

- HR con equipo detenido

Limpieza y lubricación: Debemos separar lubricación claramente de limpieza, para la lubricación se usara el tipo de orden PM ZOT2

Inspección operativa: las inspecciones se harán con el tipo de orden PM ZT12

Mantenimiento predictivo (Hoja de ruta para equipo)

Todo el tema de predictivo como está enunciado abajo se cubre con el tipo de orden PM ZOT4

- HR con equipo funcionando

Termografías

Vibraciones

- HR con equipo detenido

Pruebas eléctricas

Mediciones de aislamiento

Inspección de variables

Análisis de aceites

Preventivo (Hoja de ruta por frecuencia)

- HR con equipo funcionando

Inspecciones funcionales: las inspecciones se harán con el tipo de orden PM ZT12

- HR con equipo detenido

Inspecciones funcionales: las inspecciones se harán con el tipo de orden PM ZT12

Actividades de descarte y restauración D/R: Los cambios D/R se harán con el tipo de orden PM ZOT2. Se crearán de acuerdo a conjuntos de máquina creados en la partición y serán de tipo:

Mecánicas

Eléctricas

Instrumentación

3. Organización de hojas de ruta considerando que cada grupo de hojas de ruta se debe programar la misma fecha.
4. Creación de planes de mantenimiento.
5. Programación de planes de mantenimiento y supervisión de plazos.

Inicialmente se realiza la organización de las tareas de acuerdo al procedimiento mencionado, se muestra un resumen en el anexo 1 (plan de mantenimiento completo), donde se clasifican las tareas de acuerdo al tipo de mantenimiento y al estado de operación de la máquina.

Finalmente se crearon los siguientes planes de mantenimiento:

Tabla 18. . Planes de mantenimiento creado para lavadora de botellas línea 4

Plan de mantenimiento	Descripción
8269	RCM MTTO PREV MEC LAVADORA L4 DET
8470	RCM MTTO PREV MEC LAVADORA L4 FUN
8850	RCM MTTO PREV MEC DS LAVADORA L4
8258	RCM MTTO PREV ELE LAVADORA BOT L4
8400	PLAN METROLOGIA LAVADORA BOTELLAS L4
10274	RCM MTTO PRED ELE LAVADORA B. L4 FUN

Fuente: Autores.

Figura 45. Plan de mantenimiento SAP.

 **Visualizar plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia 00000008**

Plan mant.prev. RCM MTTO PREV ELE LAVADORA BOT L4

Cab.plan mant.

Ciclos plan de mantenimiento 2009.09.02 Parám.programación plan mantenimiento Datos adicionales...

Ciclo	Unidad	Texto ciclo mantenimiento	Offset
	15 SEM	C/15 SEMANAS	0
	18 SEM	C/18 SEMANAS	0
	26 SEM	C/26 SEMANA	0

Resumen de posiciones Posición Lista objeto posición Emplazamiento posición Llamadas...

Posición PM 1 / 2

Objeto de referencia

Ubic.téc. LINEA 4 ENVASADO EN BOTELLAS

Equipo  LAVADORA DE BOTELLAS - L4

Conjunto

Datos de planificación

Centro planif. Tocancipá Grupo planif. Mto Envasado

Clase de orden OT Mantenimiento Rutas de Insp. Clase actividad PM Inspeccionar y/o Ajusta

Fuente: SAP.

6. ANALISIS DE RESULTADOS

En el desarrollo de la metodología se encontraron las siguientes situaciones que facilitaban o desviaban el desarrollo de la metodología como son:

1. La coordinación del equipo de trabajo no era sencilla ya que la disponibilidad de personal operativo y técnico no estaba garantizada y esto impedía contar con el mismo personal en cada una de las sesiones de trabajo. Sabiendo que el tiempo utilizado para el desarrollo de este análisis fue aproximadamente 3 semanas de trabajo (lunes a Viernes) con 8 horas diarias, había el cruce de diferentes turnos de trabajo lo que dificultó el desarrollo de la metodología.
2. La selección del personal indicado entre operadores, quienes conozcan claramente las condiciones de operación del equipo, técnicos e ingenieros fue de vital importancia en la medida en que permitía realizar un análisis más acertado y más cercano a las causas reales de las fallas. Ya que el éxito de la metodología depende en gran medida del conocimiento aportado por los integrantes del equipo de trabajo.
3. En el momento de realizar la partición del equipo en subconjuntos y subcomponentes fue importante la experiencia y el conocimiento que se tuviera del equipo en su conjunto y de los elementos críticos, ya que en algunas partes se incurrió en análisis de elementos de los cuales no se tenía historial y no se conocía en la planta modos de falla que pudieran presentarse en ellos. Y esto de cierta forma demoraba el análisis ya que no se tenía una idea clara de que tipo de actividad se le podría realizar.
4. Una de las barreras más importantes encontradas dentro del proceso realizado fue la falta de experiencia del personal en el manejo de la metodología, que en algunas ocasiones generó malas interpretaciones de los lineamientos y por ende reproceso en los trabajos ya acordados con el grupo de trabajo.

5. Queda como experiencia que la mayor profundidad o detalle que se le de a la partición o división del equipo trae como consecuencia el análisis de una mayor cantidad de componentes y la generación de gran cantidad de tareas que en la práctica, puede ser posible, no se alcancen a cumplir con el número de personas que forman parte del equipo de mantenimiento.
6. la puesta en práctica de los planes de mantenimiento generados a partir de este análisis puede acarrear correcciones sobre la marcha ya sea por sobrecarga hacia los técnicos de mantenimiento o por tareas ineficaces que no le apuntan a la causa raíz de los problemas que se intentan corregir.
7. La implementación de una metodología como el RCM requiere un proceso de cambio cultural de la organización en todas sus estructuras ya que no es sólo el plan en sí mismo, también se debe establecer una política clara del manejo de repuestos ya que como resultado del análisis algunos se deben mantenerse en el almacén para que sean utilizados cuando se necesiten, además la integración de los operadores a las operaciones de mantenimiento requiere un esfuerzo significativo en capacitación y recursos que permita el correcto flujo de la información a través del ERP.

Pero este proceso de cambio no se logra fácilmente ya que la inercia de la organización la lleva a continuar con las cosas como están y le impiden implementar de manera efectiva metodologías que mejorarían y facilitarían el desempeño tanto de la empresa como la del personal.

8. En el proceso de establecer un procedimiento correcto de manejar el programa de mantenimiento en el sistema de información o ERP se intentó crear una forma sencilla donde la administración de las diferentes tareas que permitiera el flujo de información desde la parte operativa hasta el grupo de mantenimiento y en su defecto al planificador.

CONCLUSIONES

1. Se logró generar seis planes de mantenimiento preventivo y predictivo que cubren un 75% de las tareas generadas y las restantes dependen de un trabajo a nivel de listas de materiales. Ej. Elementos llevados a falla (RTF) o es necesario una nueva validación para garantizar que cumplan su cometido.
2. La aplicación de la metodología permite establecer un estándar más acertado en la realización de un plan de mantenimiento completo para un equipo.
3. La colaboración y disposición del personal administrativo, operativo y técnico es la base para garantizar el éxito de los resultados en el momento de la implementación del programa que arroje el estudio.
4. El proceso de cambio cultural dentro de la organización desde la llegada de SABMiller ha sido un proceso que en el inicio generó actitudes negativas pero con el tiempo ha ido cambiando el semblante de la misma para convertirla poco a poco en una compañía de clase mundial.
5. La aplicación de la metodología resumida de RCM disminuye significativamente los tiempos necesarios para la realización de un análisis sobre un equipo crítico, pero como experiencia de esta investigación se encontró que el ambiente que se maneja en el área de envasado, una presión constante por los resultados, es muy difícil en algunos momentos mantener un control sobre la disponibilidad del personal y visión clara sobre los estándares que controlan el proceso.
6. Se ha logrado una mejor relación, comunicación y ejecución de las tareas preventivas por parte del personal operativo con el personal técnico, minimizando de esta manera las brechas existentes entre las dos áreas y encaminarnos más a los estándares de clase mundial.

BIBLIOGRAFIA

1. BAVARIA S.A, Capacitación modulo gestión de activos I, Febrero 2008.
2. MILLER BREWERY COMPANY, Asset Management Procedure – RCM development procedure, Segunda revision, Junio 2006.
3. SABMILLER, Module 4 and 5 Developing an RCM Program, 2002
4. JHON MOUBRAY, RCM II Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, edición en español – 2004, de Aladon.
5. MANTCONFIABILIDAD, www.maconsultora.com