

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM2 PARA UNA
LINEA DE ENVASADO DE COCA-COLA FEMSA**

**HENRY GERSON GIL GONZALEZ
BRAYAN SOLANO HOYOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2014

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM2 PARA UNA
LINEA DE ENVASADO DE COCA-COLA FEMSA**

**HENRY GERSON GIL GONZALEZ
BRAYAN SOLANO HOYOS**

Monografía de Grado presentada como requisito para optar por el título de
Especialista en gerencia de Mantenimiento

**Director: EDGAR ARDILA
Especialista en gerencia de Producción**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

A Dios por cada una de sus bendiciones, a mis padres, mi esposa y amigos por su apoyo, a mi hija victoria por ser la luz de mi vida en todas y cada una de mis mañanas.

Henry Gil

La elaboración y el resultado de este trabajo se lo dedico a mi Dios, a mis padres, a mis hermanos, a mi sobrino, a mi novia, a todos mis familiares, amigos y compañeros que de alguna forma me apoyaron para lograr este objetivo que me permitió crecer en mi desarrollo profesional y personal.

Bryan Solano Hoyos

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestros agradecimientos a:

A COCA-COLA FEMSA por su apoyo durante la Especialización y desarrollo de la Monografía.

Al Ingeniero Edgar Ardila por su tiempo, dedicación y compromiso en la dirección de esta monografía.

Al Ingeniero Holguer Velandia por su disposición como Coordinador del Programa de Especialización Gerencia de Mantenimiento y diligencia en la respuesta de solicitudes académicas.

Al cuerpo docente de la Universidad Industrial de Santander por toda la dedicación y el conocimiento compartido.

A la Universidad Autónoma Del Caribe por el uso de sus instalaciones y al ingeniero Mauricio Márquez por la colaboración prestada, que hicieron posible la realización de esta Especialización.

A todos los compañeros de la Especialización Gerencia de Mantenimiento de la Tercera Cohorte de Barranquilla que nos brindaron su amistad.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. COCA-COLA FEMSA SA	17
1.1 MARCO LEGAL	18
1.2 ESTRATEGIA COMPETITIVA Y NEGOCIO	18
1.3 PROCESO OPERATIVO DE ENVASADO	21
1.3.1 Descripción general de funcionamiento	21
1.3.2 Sistemas funcionales	23
1.4 MANEJO DE BOTELLA	24
1.4.1 Manejo de Botella para sistema de enjuagado	24
1.4.2 Manejo de Botellas para sistema de llenadora	25
1.4.3 Manejo de Botellas para sistema de capsulador	25
1.5 ENJUAGADO	26
1.5.1 Funcionamiento Enjuague	27
1.6 LLENADO	28
1.6.1 Control de nivel	30
1.6.2 Control de contrapresión	31
1.6.3 Operación en modo CIP	31
1.7 CAPSULADO	33
1.7.1 Suministro de botella	34
1.7.2 Suministro de tapas al capsulador	34
1.7.3 Sistema de taponado	35
1.8 TRANSMISIÓN	35
1.9 REQUISITOS DEL SISTEMA	37
1.9.1 Requisitos de seguridad	37
1.9.2 Requisitos de calidad	37
1.9.3 Requisitos de medio ambiente	39

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	40
2.1. OBJETIVOS	41
2.1.1 OBJETIVO GENERAL	41
2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
2.2 JUSTIFICACIÓN	42
3. MARCO TEORICO	44
3.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	44
3.1.1 Introducción	44
3.1.2 Evolución Histórica de RCM	45
3.1.3 El proceso general y principios de RCM	48
3.2 RCM2 como estrategia de Negocio.	50
3.2.1 Ciclo de Mejora del Sistema de Mantenimiento	50
3.2.2 Administrando un Cambio Complejo	51
3.2.3 Visión	52
3.2.4 Habilidad	52
3.2.5 Recursos	53
3.3 RELACIÓN ENTRE RCM2 Y LAS PRIORIDADES DE LA DIRECCIÓN	54
3.3.1 Seguridad	54
3.3.2 Calidad	55
3.3.3 Volumen	56
3.3.4 Costos	57
3.4 Relación con el Modelo de Gestión	57
3.4.1 Planeación de Mantenimiento	59
3.4.2 Programación de Mantenimiento	60
3.4.3 Ejecución de Mantenimiento	60
3.4.4 Almacén de Refacciones	60
4. ANÁLISIS RCM2 Y MODELO DE OPTIMIZACIÓN	62
4.1 SÍNTESIS DEL PROCESO	62
4.1.1 Alcance	62
4.1.2 Metodología RCM2	62

5 RESULTADOS RCM2_____	65
5.1 Plan táctico_____	65
5.1.1 Formación de Facilitadores_____	66
5.1.2 Aplicación del proceso de RCM_____	67
5.1.3 Dirigir el análisis_____	68
5.1.4 Conducir las reuniones_____	68
5.1.5 Administrar el tiempo_____	69
5.1.6 Administrar la lógica e interacción con los niveles superiores_____	69
5.1.7 Desarrollo de Facilitadores_____	70
5.2 Plan operativo_____	70
5.2.1 Selección de analistas de RCM (Equipo de análisis)_____	71
5.2.2 Desarrollo del análisis_____	72
5.2.3 Capacitación a grupo de análisis_____	73
5.2.4 Elaboración del contexto operacional_____	73
5.2.5 Análisis RCM_____	74
5.2.6 Refaccionamiento_____	74
5.2.7 Comparativo con rutinas actuales_____	74
5.2.8 Reunión de cierre_____	75
5.2.9 Envío a GSM formatos de alta de hr_____	76
5.2.10 Alta de hr_____	76
5.2.11 Envío a GSM formatos altas y extensiones materiales_____	76
5.2.12 Envío a GSM plan de trabajo de capacitaciones, procedimientos, checklist, tareas de una vez_____	77
5.2.13 Evaluación impacto de Rediseños_____	77
5.3 Revisión de análisis_____	79
6 CONCLUSIONES_____	80
BIBLIOGRAFIA_____	81
ANEXOS_____	82

LISTA DE IMAGENES

	Pág.
Figura 1. Logo COCA-COLA Femsa_____	17
Figura 2. Información División Colombia_____	19
Figura 3. Diagrama Monoblock_____	21
Figura 4. Juego Estrellas_____	24
Figura 5. Selectores para Botellas_____	27
Figura 6. Sistema de Alimentación de Agua_____	27
Figura 7. Juego de Pinzas y Leva_____	28
Figura 8. Juego de Pinzas y Leva_____	29
Figura 9. Sistema de Llenado_____	29
Figura 10. Controles Contrapresión y Mezclador_____	31
Figura 11. Sistema de Saneamiento_____	32
Figura 12. Sistema de Saneamiento_____	32
Figura 13. Etapa de Capsulado_____	33
Figura 14. Almacenamiento y Suministro Capsulador_____	35
Figura 15. Sistema de Transmisión_____	36
Figura 16. Evolución Cronológica RCM_____	48
Figura 17. Ciclos de Cambio y estabilización en Mejora Continua_____	51
Figura 18. Componentes de Cambio_____	51
Figura 19. Evolución de SICKOF al Modelo de Gestión_____	58
Figura 20. Diagrama de flujo del Sistema de Gestión de Mantenimiento _____	59
Figura 21. Modelo Hoja de Información RCM2_____	63
Figura 22. Modelo Hoja de Decisión RCM2_____	63
Figura 23. Diagrama de decisión RCM2_____	64
Figura 24. Equipo de análisis_____	72
Figura 25. Etapas de Desarrollo del Análisis_____	73
Figura 26. Cronograma Etapa de Análisis_____	74
Figura 27. Listado de Tareas_____	76
Figura 28. Listado de Tareas Etapa 3_____	78
Figura 29. Diagrama de flujo de análisis RCM_____	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ficha técnica Monoblock.....	22
Tabla 2. Tabla Monoblock Bluestar 2000.....	22

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Tabla AMEF.....	82
Anexo B: Plan de Mantenimiento.....	98

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCMII PARA UNA LINEA DE ENVASADO DE COCA-COLA FEMSA

AUTOR: BRYAN SOLANO HOTOS, HENRY GIL GONZALEZ

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento centrado en confiabilidad, RCM2, PM.

DESCRIPCION: La presente monografía consiste de un estudio teórico y diseño del plan de mantenimiento para una máquina de embotellado y cómo es posible administrar y obtener mejoras en las actividades y los análisis de causa para dicha máquina.

El alcance del presente documento es especificar en un modelo la forma cómo es posible administrar cada parte de la estrategia diseñada por la estrategia RCM2, este modelo permitirá tener la información requerida para posteriormente hacer análisis de la misma para determinar la efectividad de la gestión. El modelo es totalmente teórico, no se desarrollará en el sistema.

En el marco teórico en el que de forma independiente se describen las principales características tanto del modelo de gestión RCM2, mientras que en el análisis de la información recopilada, buscando hacer un enlace entre las características requeridas para la gestión de RCM2 y las herramientas del módulo con las que cuenta la empresa y las características que no se pueden suplir con estas herramientas. Finalmente se presenta un modelo que busca resumir y establecer la forma como se puede realizar la administración de la información y la forma como se pueden manejar las diferentes actividades de la maquina

También se presentan unas breves guías de implantación que proporcionan luces sobre lo que se debe tener en cuenta cuando se desea implantar la gestión de RCM2, se intentó homologar sistemas que han obtenido resultados y aplica el modelo para tener una propuesta de mejoramiento para la línea embotelladora.

* Monografía

**Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de mantenimiento. Director: Ing. Edgar Ardila

SUMMARY

TITLE: DESIGN OF A MAINTENANCE PLAN BASED ON RCMII FOR PACKAGING LINE IN COCA-COLA FEMSA

AUTHOR: BRYAN SOLANO HOTOS, HENRY GIL GONZALEZ

KEY WORDS: RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE, RCM, PM.

SUBJECT: This monograph consists of a theoretical and maintenance plan design for a bottling machine and how you can manage and get improvements in activities and cause analysis for the machine.

The scope of this document is to specify a model the way you can manage every part of the strategy designed by RCM2 strategy, this model will have the information required to subsequently make the same analysis to determine the effectiveness of management. The model is entirely theoretical, not develop in the system.

In the theoretical framework in which independently describes the main features of both RCM2 management model , while in the analysis of the information gathered, looking to make a link between the characteristics required for RCM2 management module and tools with which the company has and the features that cannot be supplemented with these tools. Finally, a model that seeks to summarize and establish how you can make the management of information and the way it can handle the different activities of the machine

Also presented a brief introduction guides that provide light on what to consider when implementing desired RCM2 management, systems attempted to standardize results have been obtained, and applies the model to have an improvement proposal for the bottling line.

* Monograph

**School of Mechanical Engineering. Maintenance management Specialization. Director: Ing. Edgar Ardila

INTRODUCCION

Dentro de un marco global cambiante, la competitividad se convirtió en un factor determinante para la supervivencia y prolongación de las empresas en sus actividades comerciales. 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 la actualidad un pilar de sostenibilidad en donde la organización que no adopte medidas para estructurar estos pilares, tendría la tendencia a desaparecer o a ser absorbida por sus competidores.

Es allí donde encontramos que algunos campos de la ingeniería no están siendo aprovechados en sus máximas dimensiones, y que aunque cambian drásticamente de un año a otro, con avances radicales en la tecnología está aún no ha sido aplicada a nuestras empresas productivas.

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 embotelladores de los Estados Unidos con excelentes resultados y adaptarlas a nuestro medio.

1. COCA-COLA FEMSA

Coca-Cola FEMSA S.A. de C.V. ("KOF") es la embotelladora de Coca-Cola más grande en el mundo, en términos de volumen de ventas durante el 2011, distribuyendo más de 2.5 billones de cajas unidad al año.

Coca-Cola FEMSA, S.A.B. de C.V. produce y distribuye Coca-Cola, Fanta, Sprite, Del Valle y otros productos de las marcas de The Coca-Cola Company en México (una parte importante del centro de México, incluyendo la ciudad de México y el Sureste y Noreste de México), Guatemala (la ciudad de Guatemala y sus alrededores), Nicaragua (todo el país), Costa Rica (todo el país), Panamá (todo el país), Colombia (la mayoría del país), Venezuela (todo el país), Brasil (São Paulo, Campiñas, Santos el estado de Mato Grosso do Sul, parte del estado de Goias y parte del estado de Minas Gerais) y Argentina (capital federal de Buenos Aires y sus alrededores), además de agua embotellada, jugos, té, isotónicos, cerveza y otras bebidas en algunos de estos territorios. La Compañía cuenta con 34 plantas embotelladoras en los países en Latinoamérica y atiende a más de 1,600,000 detallistas en la región.¹

Figura 1. Logo COCA-COLA Femsa



Fuente: COCA-COLA Femsa. Acerca De [en Línea]

¹. COCA-COLA Femsa. Acerca De [en Línea] <http://www.coca-colafemsa.com/kof/index.htm>

1.1 MARCO LEGAL

La compañía se constituyó el 30 de octubre del 1991 como una sociedad anónima de capital variable de conformidad con las leyes mexicanas, con una duración de 99 años. Por modificaciones a la Ley del Mercado de Valores, se convierte en una sociedad anónima bursátil de capital variable el 5 de diciembre del 2006. La denominación social es Coca-Cola FEMSA, S.A.B. de C.V.

El 48.9% de del capital social es propiedad de Fomento Económico Mexicano, S.A. de C.V. (FEMSA), el 28.7% es propiedad de subsidiarias de The Coca-Cola Company, y el 22.4% es propiedad de inversionistas públicos. Las acciones que cotizan públicamente son acciones Serie L con derechos de voto limitados, listadas en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV: KOF L) y como Certificados de Depósito Americanos (ADR por sus siglas en inglés), en el mercado de valores de Nueva York (NYSE: KOF). Cada ADR representa diez acciones de la serie L.²

1.2 ESTRATEGIA COMPETITIVA Y NEGOCIO

Una de las metas es maximizar el crecimiento y la rentabilidad con el fin de crear valor para los accionistas. Los esfuerzos para alcanzar esta meta se basan en:

1. La transformación de modelos comerciales para enfocarnos en el potencial de valor de sus clientes y el uso de un enfoque de segmentación basado en el valor para capturar el potencial de la industria.
2. La implementación de estrategias de multi-segmentación en los principales mercados para identificar distintos grupos de mercado, divididos por ocasión de consumo, intensidad competitiva y nivel socioeconómico.

². COCA-COLA Fems. Compañía [en Línea] <http://www.coca-colafemsa.com/kof/index.htm>

3. La implementación de estrategias de producto, empaque y precios a través de diferentes canales de distribución;
4. Impulsar la innovación a lo largo de distintas categorías de productos
5. Alcanzar el más alto potencial operativo/ comercial y de procesos para impulsar mejoras operativas a lo largo de las operaciones.

Figura 2. Información División Colombia



Fuente: COCA-COLA Femsa. Overview – Agosto 2013 [en Línea]

COCA-COLA Femsa Colombia cuenta hoy en día con una capacidad de producción de 265 millones de cajas unidades no retornables y 76 millones de cajas unidades retornables en 6 Plantas en el país, Bogotá, Manantial, Barranquilla, Cali Bucaramanga y Medellín.

Además posee 32 Centros de Distribución y más de 395 mil puntos de venta para un mercado de más de 47 millones de consumidores, para los cuales hoy en día KOF cubre el 100% de la población.³

³. Plan de Ejecución COCA-COLA Femsa, 2013.

Debido a que la complejidad del negocio continua incrementándose, KOF trabaja para aumentar la eficiencia de sus activos, mientras evoluciona de un modelo comercial enfocado al volumen a un modelo de segmentación basado en el valor de la industria para capturar su potencial.

Para la planta Ubicada en Barranquilla tenemos los procesos de:

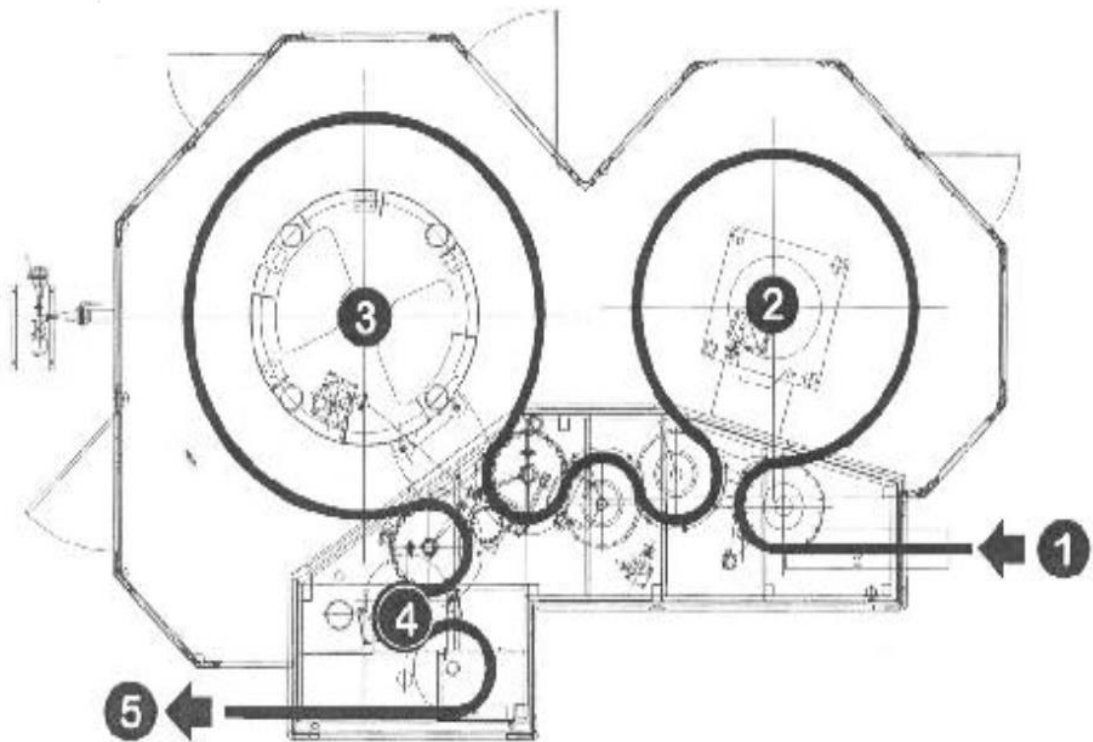
1. Tratamiento de Agua: El agua es uno de los principales ingredientes de nuestras bebidas. El agua pasa por un tratamiento multibarrera para adecuarse a los requerimientos de la Organización Mundial de la Salud, Legislaciones locales y Nacionales y a los estándares establecidos por The Coca-Cola Company (TCCC). Cada una de las fases del tratamiento de aguas es monitoreada por rigurosos controles de Calidad.
2. Elaboración de Jarabe Simple: El agua tratada en la fase anterior es mezclada con azúcar en cantidades adecuadas en función de la fórmula obteniendo así el jarabe simple, el cual es pasteurizado y filtrado eliminando así cualquier impureza o contaminación microbiológica.
3. Al jarabe simple se le agrega el concentrado (definido para cada fórmula), el cual es proporcionado por The Coca-Cola Company
4. La bebida sin gas (agua-Jarabe) es impulsada por una bomba al carbonatador donde la bebida obtiene su toque final de carbonatación (en caso de tratarse de bebidas carbonatadas). En este punto la bebida es ya considerada Bebida Terminada y es enviada directamente a la llenadora.
5. Proceso de envasado el cual será motivo de estudio y análisis para el desarrollo de este trabajo de investigación y detallado en el siguiente punto.

1.3 PROCESO OPERATIVO DE ENVASADO

1.3.1 Descripción general de funcionamiento

La botella vacía ingresa al monoblock por medio de un transportador aéreo (1). La botella es llevada al enjuagador (2) donde son eliminadas las impurezas que pudiese contener, para posteriormente pasar a la etapa de llenado (3). En donde las botellas son llenadas con producto carbonatado de manera uniforme y con contenido neto según sea el producto a embotellar. Una vez tapada la botella por el capsulador (4), la botella llena y tapada sale del monoblock por un transportador de salida (5) que dirige el producto a las siguientes etapas del proceso.⁴

Figura 3. Diagrama Monoblock



⁴. Diagrama de Monoblock. COCA-COLA FEMSA, 39 p.

1. Entrada de botellas.
2. Enjuagado
3. Llenado
4. Capsulado
5. Salida de botellas.

El proceso es realizado por una máquina de llenado MONOBLOCK BLUESTAR 2000 con las siguientes características:

Tabla 1. Ficha técnica Monoblock

Ficha técnica monoblock bluestar 2000	
MARCA	SARCOMI
FABRICANTE	SASIB BEBERAGE MACHINERY M.S.S.P.A ITALY
MODELO	BLUESTAR 2000 63-81 14/H
SERIE	C-9800
AÑO	1999
HURLY OUTPUT	12000-24000 P/H

La función principal del equipo es llenar botellas PET con bebida como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 2. Tabla Monoblock Bluestar 2000

PRESENTACIÓN	VEL. NOMINAL
400 ml Coca Cola	24,000 BPH
600 ml Coca Cola	24,000 BPH
250 ml Fresh	24,000 BPH
500 ml Fresh	24,000 BPH
400 ml MP	24,000 BPH
1400 ml Coca Cola	18,000 BPH
2000 ml Fresh	12,000 BPH
2500 ml Coca Cola	12,000 BPH

Para operar requiere el suministro de los siguientes servicios:

- Una fuente de alimentación eléctrica principal de 440 VAC. Con una potencia total instalada de 16 kVA.

- Una fuente de alimentación eléctrica auxiliar de 24 VDC.
- Un sistema de alimentación de aire seco de 4 a 6 bar, con cuatro filtros de marca SMC: 1.- Filtro de línea 3µm para eliminar impurezas 2.- Separador de neblina micrónico 0.01 µm (eliminar aceite) 3.- Filtro para eliminación de olores 0.01 µm (carbón) y un cartucho filtrante 0.2 µm para evitar crecimiento bacteriano.
- Un sistema de alimentación de aire comprimido lubricado de 6 a 12 bar con un caudal de 300 NL/min.
- Un sistema de alimentación de agua tratada de 1.5 a 2.5 bar con un caudal de 65 lt/min.
- Un sistema de alimentación de agua cruda de 1.5 a 2.5 bar con un caudal de 65 lt/min.

1.3.2 Sistemas funcionales

El monoblock se ha dividido en los siguientes sistemas funcionales para su análisis:

- **Manejo de la botella:** Transporta la botella de la entrada del monoblock hacia el enjuagado, llenado y capsulado. Una vez enjuagada, llenada y tapada, se envía la botella a etapas posteriores del proceso.
- **Enjuagado:** Enjuaga por rociado de agua para eliminar las posibles impurezas contenidas en el interior de las botellas vacías.
- **Llenado:** Ya enjuagadas se llenan las botellas uniformemente con bebida.
- **Capsulado:** Una vez llenas, las botellas son tapadas con la aplicación roscada de tapa plástica.
- **Transmisión.** Acciona las partes móviles de los sistemas de manejo, enjuagado, llenado y capsulado de manera síncrona y a velocidades necesarias para cada presentación de producto.

1.4 MANEJO DE BOTELLA

El sistema de manejo de botella es el responsable de suministrar botellas a los sistemas de enjuagado, llenado y capsulado, así como de enviar las botellas a etapas posteriores de la producción mediante el transportador de salida.

Las botellas son transportadas mediante un juego de ruedas con cavidades semicirculares (llamadas estrellas) en conjunto con guías de cuello, en las cuales se alojan las botellas para ser llevadas a los diferentes sistemas sin apoyar la base de la botella hasta llegar a la estrella de salida del capsulador.

Figura 4. Juego Estrellas



Cada conjunto de estrella consiste en un disco fijo con cavidades para sujetar el cuello de la botella y otros dos discos inferiores que son ajustables manualmente por medio de un mecanismo de corredera. Estos discos se ajustan de acuerdo al tipo de botella a llenar, para mantener la vertical a lo largo del recorrido.

1.4.1 Manejo de Botella para sistema de enjuagado

Las botellas son suministradas por un transportador aéreo y son entregadas a un transportador similar, propio del sistema de manejo de botella, el cual cuenta con

un bloqueador que permite pasar las botellas de manera automática o manual hacia la estrella de entrada.

Una vez que la botella es entregada a la estrella separadora, esta posiciona las botellas en las cavidades de la primera estrella de transferencia y se tienen guías hasta la estrella para evitar la entrada de doble botella simultáneamente en una cavidad. Las cavidades de las estrellas han sido diseñadas para crear un espacio entre botellas, equivalente a la distancia entre pinzas de agarre del enjuagador, para entregarlas a éstas últimas de forma centrada. Si la botella no es entregada de manera centrada esta puede ser tomada inadecuadamente, caer o inclusive dañar las pinzas de agarre del sistema enjuagador. En el caso de un aflojamiento de los tornillos de agarre de la pinza esta se cae ligeramente hasta lograr activar un limit switch que a su vez para la máquina de emergencia. Dependiendo de la gravedad de la falla, puede llevarse desde unos minutos hasta 40 minutos para su reparación.

1.4.2 Manejo de Botellas para sistema de llenadora

Al terminar el ciclo de enjuague, las botellas son entregadas por las pinzas de agarre y colocadas en posición a la estrella de salida del enjuagador. Ésta a su vez entrega las botellas a la estrella de transferencia que sincronizadas, alineadas y niveladas correctamente se evitan daños en el cuello de las botellas y se asegura una correcta transportación y entrega a los centradores de las válvulas de llenado.

1.4.3 Manejo de Botellas para sistema de capsulador

Al salir la botella de la llenadora es recibida por la estrella de salida que la entrega a la estrella central del capsulador. La estrella de salida de la llenadora sujeta la botella por el cuello y la desliza sobre una ceja. Cuenta con una estrella intermedia

con un mecanismo de ajuste mediante 2 engranes, si este ajuste no es realizado correctamente, la botella entra inclinada al capsulador. Si la botella no se entrega centrada y vertical a los cabezales del capsulador estos no aplicarán la tapa de manera correcta.

Después de ser tapada la botella es entregada a la estrella de salida, la cual traslada la botella al transportador unifilar para continuar con las etapas posteriores del proceso.

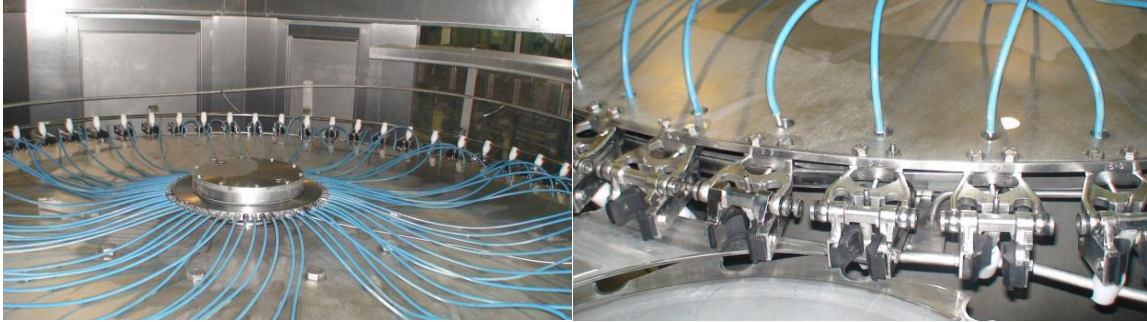
1.5 ENJUAGADO

El manejo de botellas entrega las botellas vacías a la enjuagadora, con un espacio equivalente al paso de las pinzas de agarre de la máquina. La botella es sujeta por la rosca con dichas pinzas, montadas sobre un brazo deslizable, el cual corre sobre una leva que hace girar la botella a 180°. Este movimiento asegura que la botella venga volteada sobre la espina de rociado propia de la pinza.

El ciclo de enjuague consta de dos etapas:

- A. La primera etapa es un rociado que se realiza con agua tratada (sin cloro), para productos sensibles. En el caso de productos no sensibles cuenta con alimentación de agua tratada clorada. Para las dos se maneja una presión de 2kg. /cm².
- B. La segunda etapa es un escurrimiento. Se cuenta con un tanque para recuperar el agua de enjuague.

Figura 5. Selectores para Botellas

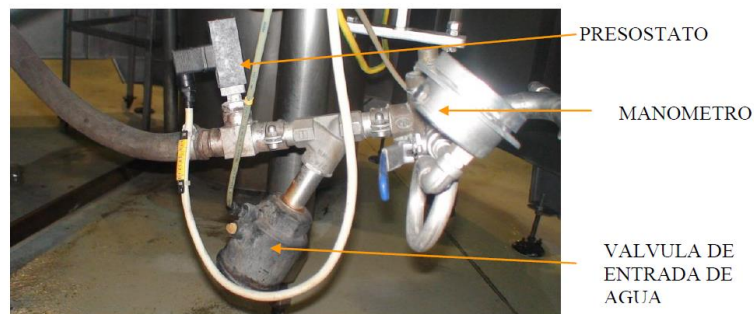


Para terminar, mediante la misma leva se giran las botellas a posición original, y mediante una leva positiva libera la botella y salen de la enjuagadora para ser entregadas al manejo.

1.5.1 Funcionamiento

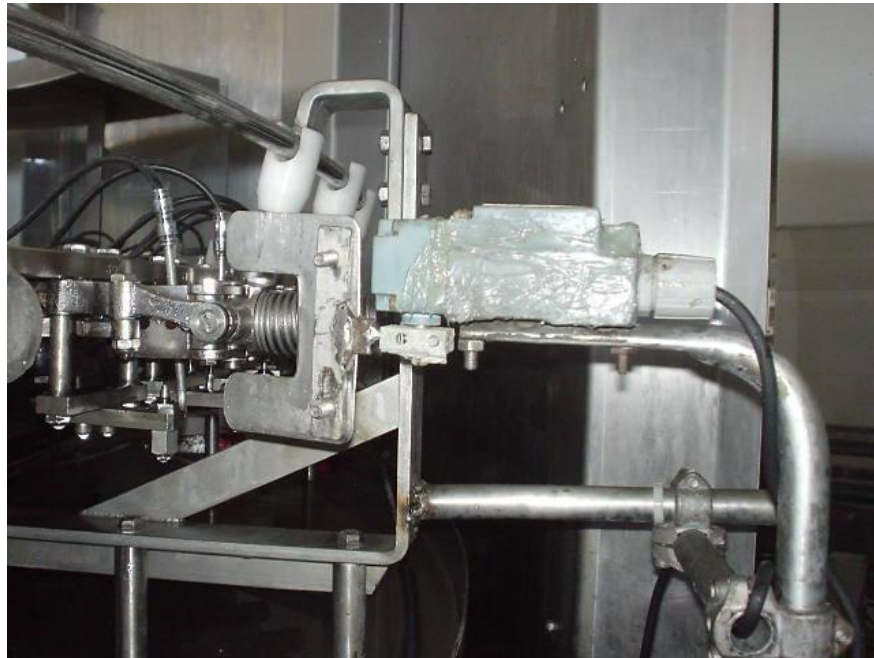
El modo de operación del enjuagador es seleccionado por el operador desde la interfase en modo manual, automático o fuera. La esprea de la pinza permanece abierta aunque no haya botellas no importando el modo seleccionado. El sistema de alimentación de agua cuenta con un regulador que permite ajustar la presión entre 1.5 y 3 kg. /cm² y un presostáto que manda una señal de paro de máquina en caso de estar debajo de 1kg/cm² evitando la salida de botellas sin enjuagar. El agua pasa por un filtro que eliminan posibles partículas sólidas de 20 micras.

Figura 6. Sistema de Alimentación de Agua



En la sección del carrusel donde inicia el giro de la botella se encuentra instalado un sensor de límite que envía una señal de paro del monoblock en caso de detectar alguna pinza fuera de posición y así evitar daños en las pinzas y leva.

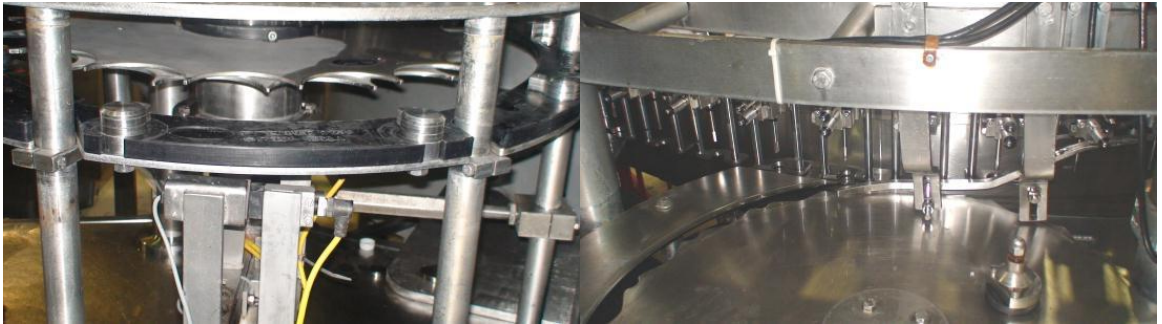
Figura 7. Juego de Pinzas y Leva



1.6 LLENADO

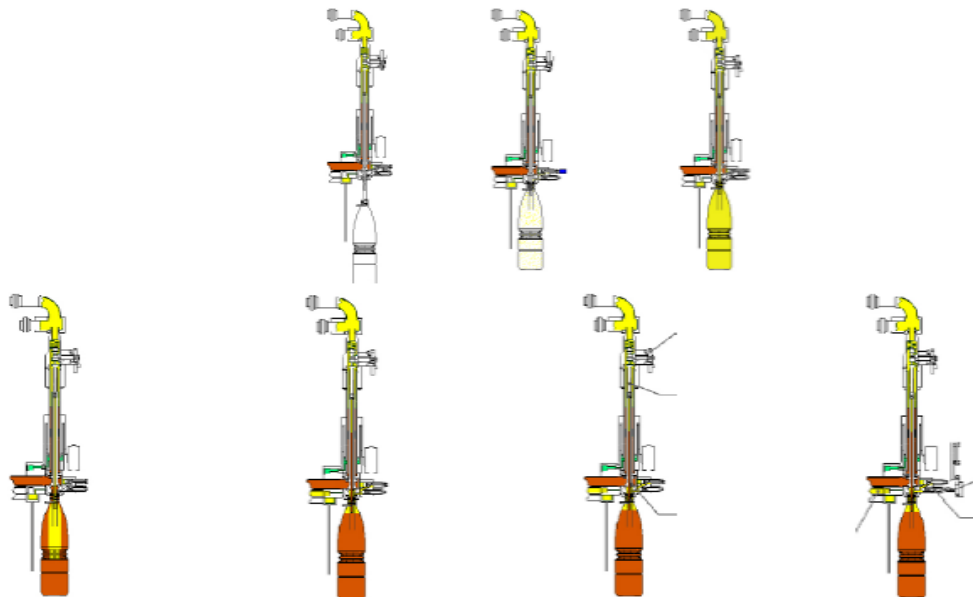
En este sistema se reciben las botellas ya enjuagadas por medio de la estrella de entrada de llenadora, que las entrega de manera sincronizada a los centradores. Un sensor ultrasónico instalado debajo de la guía de la estrella de entrada, detecta la botella, en conjunto con el sensor inductivo del paso de válvulas, genera la señal de control hacia el mecanismo de apertura de las válvulas. Los centradores elevan la botella a la altura de las copas centradoras de tal forma que se sella herméticamente la boca de la botella contra la goma tulipa de la válvula de llenado.

Figura 8. Juego de Pinzas y Leva



La primera etapa del llenado consiste en la presurización de la botella, la cual inicia al abrir la válvula de llenado. Se inyecta la presión del tanque a la botella por medio del tubo de aire de la parte interna de la válvula.

Figura 9. Sistema de Llenado



Al igualarse las presiones de la botella y el tanque, el proceso de llenado se realiza por gravedad. El producto cae por la válvula de llenado en la periferia exterior del tubo de venteo, golpeando al deflector que genera un cono de bebida

en las paredes de la botella. Al ir ocupando el producto carbonatado el interior de la botella, el gas con el que se presurizó anteriormente es regresado al tanque por el interior del tubo de venteo. Una vez ocupado el espacio hasta la punta del tubo de venteo, se deja de llenar la botella ya que la bebida misma sella el tubo de venteo impidiéndose desplazar el gas por encima del nivel. Posteriormente se cierra la válvula de llenado mediante un mando de cierre fijo, para todas las válvulas, simultáneamente la punta del pulsador del módulo de snift es presionada gradualmente por la pista de desfogue, con lo que se libera la presión sobrante en el espacio del cuello de la botella (head space).

Al terminar este proceso de desfogue de presión de snift, se separa la botella de la copa centradora y es bajada hasta ser entregada por el centrador a la estrella de salida de la llenadora.

Los centradores suben por medio de la presión de aire en los pistones y bajan al deslizarse los pistones sobre la leva positiva ubicada después de la zona de despresurización.

1.6.1 Control de nivel

La bebida es suministrada al tanque de la llenadora desde el tanque estabilizador del mezclador. El flujo es regulado por una válvula moduladora (A) accionada neumáticamente a través de un transductor I/P, de presión regulada. Este transductor recibe una señal eléctrica (mA) proveniente del PLC. El nivel del tazón es controlado mediante el transmisor programable (C) en máximo y mínimo.

Cuando la sonda (B) detecta el mínimo nivel preestablecido envía la señal, permitiendo la válvula moduladora el flujo de producto para no desabastecer el tanque. Cuando se alcanza el nivel máximo preestablecido, se manda la señal de accionamiento para cerrar la válvula modulante. Los niveles máximo y mínimo son

ajustados de acuerdo con el producto y presentación a embotellar para mantener el nivel de producto necesario.

1.6.2 Control de contrapresión

El aire (estéril) para contra presionar el tanque es suministrado por medio de un regulador (2), accionado manualmente por el operador, dicha presión es necesaria para el control de nivel de llenado y para ejercer una presión tal que a la hora que ingresa producto desde el mezclador sirve de amortiguación, evitando que el producto genere espuma al agitarse. La presión recomendada varía desde 55 bar para presentaciones de 1000 ml; 40 bar para 2000 ml...

Figura 10. Controles Contrapresión y Mezclador



1.6.3 Operación en modo CIP

Una vez terminada la producción, la llenadora debe entrar en proceso de saneamiento según el caso de 3 o 5 pasos llamado CIP, este es ejecutado mediante una receta especial grabada en el sistema de control del Mezclador, que sincroniza los equipos de mezclador y llenadora.

Desde el panel de interfase el operador activa el estado saneamiento y automáticamente ajusta la altura de las camas de saneamiento.

Figura 11. Sistema de Saneamiento



Inmediatamente se colocan las falsas botellas. En la parte trasera de la llenadora se cierra tubería del desfogue de snift y desfogue de seguridad del tanque de producto. Abriendo la válvula de recirculación de tubería. Se confirma que se ha instalado la falsa botella en el panel del operador, el monoblock realiza una vuelta de reconocimiento y queda listo para iniciar el saneamiento.

Figura 12. Sistema de Saneamiento

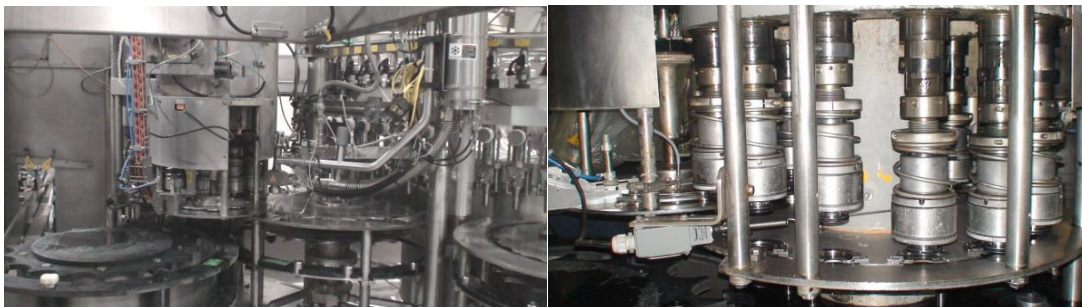


Una vez terminado el proceso de saneamiento el mezclador manda la señal de que ha finalizado el CIP y esto dura aprox. 3 hrs. en 5 pasos y 1 hr en 3 pasos. Aparece la señal en la torreta de que esta liberado el monoblock. Se procede a retirar la falsa botella y a regresar las camas a su posición normal para producción. Y regresando las válvulas de desfogue de snift y desfogue de seguridad del tanque de producto en posición abierta y se cierra la válvula de recirculación incluyendo el cerrado de la válvula de desfogue de presión del tanque. En el proceso de inicio del saneamiento el operador verifica que hayan sido posicionadas o activadas la pista de pre-inyección para asegurar que no quede arrastre de detergente o residuos del mismo.

1.7 CAPSULADO

El capsulador es un equipo rotativo que cuenta con 14 cabezales capsuladoras y se encuentra montado junto a la llenadora. Este sistema es el responsable de colocar la tapa a las botellas entregadas por la llenadora mediante los chucks capsuladoras, cumpliendo con las normativas de calidad establecidas por la compañía de un torque de apertura de 7 a 15 lbs/pulg².

Figura 13. Etapa de Capsulado



Si la botella sale del capsulador sin tapar, mal tapada, con tapa dañada o botella dañada, se considera producto no conforme a rechazar en línea. Este sistema

tiene la capacidad de suministrar tapa desde una tolva especial de almacenaje, mediante una tubería de transporte neumático. Cuenta con un Ciclón desacelerador (canasta) encargado de reducir la velocidad de la tapa para evitar el daño físico de la misma, llegando a la tolva del disco selector.

1.7.1 Suministro de botella

La botella es suministrada al capsulador por una estrella de transferencia la cual aloja las botellas por el cuello para ser depositadas a la entrada del capsulador. Las estrellas deben de estar perfectamente sincronizadas con la salida de la llenadora y la recepción del capsulador; si se desincronizan producen atoramientos, merma de botella, taparrosca y paros del monoblock.

1.7.2 Suministro de tapas al capsulador

Las tapas son depositadas de manera manual en la tolva de almacenaje. El sistema de suministro de tapa se realiza mediante un sensor que controla el nivel de tapa, ubicado en la tolva del disco selector, este envía una señal al transportador neumático para su activación.

La tolva de almacenaje del transportador neumático tiene un sensor de nivel de tapas, el cual, al faltar estas emite una alarma visual ubicada en la llenadora que el operador reconoce, para reabastecerla.

La tolva del disco selector se encarga de abastecer tapas a la carrillera, mediante un disco selector, el cual orienta la tapa y la coloca en posición de aplicación para su ingreso a la carrillera. En la carrillera la tapa se desliza por gravedad e impulsada por aire comprimido en su sección vertical. Al llegar a la parte inferior de la carrillera, dos espreas de aire comprimido impulsan la tapa hacia la estrella de salida (cap in head).

Figura 14. Almacenamiento y Suministro Capsulador



1.7.3 Sistema de taponado

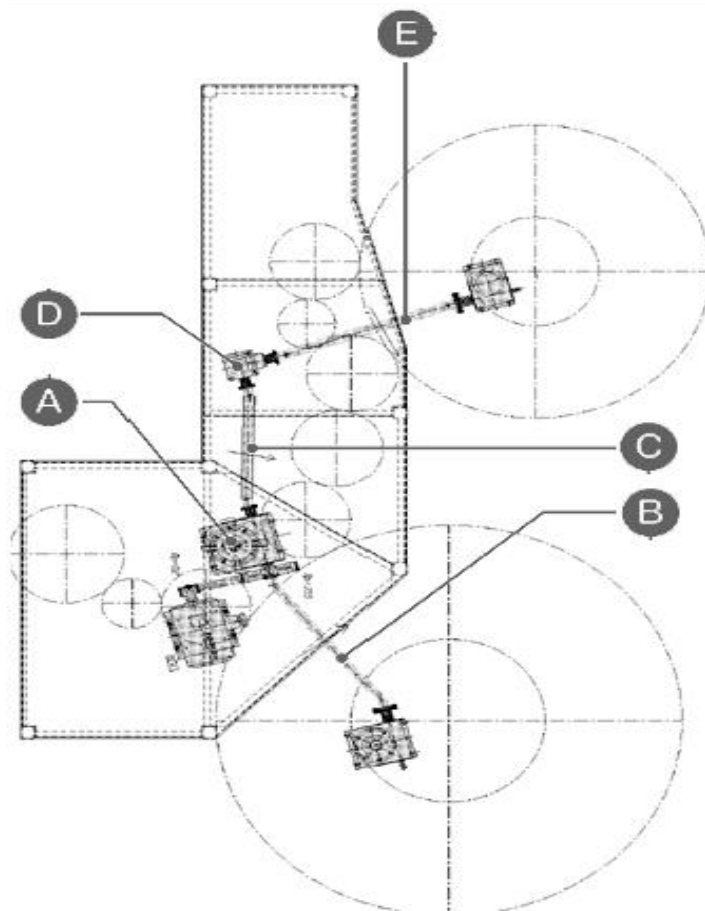
La estrella de salida de la llenadora entrega botella de manera sincronizada a la estrella central del Capsulador, sujetándola por medio de soportes de los anti-giros, que la sostiene en posición vertical y evita que gire durante la aplicación del torque. Durante la operación del capsulador, los cabezales giran sobre su propio eje en sentido horario. Este giro les es inducido por una cremallera entrelazada con los engranes de los árboles de los cabezales. Los cabezales tapan la botella aplicando una carga vertical dada por un resorte de forma simultánea al giro. El torque especificado se obtiene mediante el ajuste del entrehierro entre dos discos magnéticos que a manera de embrague, provocan un deslizamiento del chuck respecto al árbol del cabezal una vez tapada la botella.

1.8 TRANSMISIÓN

Este sistema es el responsable de dar movimiento a los sistemas de manejo, enjuagado, llenado y capsulado. Está compuesto por un motor eléctrico de 25 HP controlado por un variador de frecuencia por medio del cual se controla la velocidad de producción desde el panel del operador. El motor eléctrico está

conectado a una polea accionada mediante tres bandas de transmisión acoplada al reductor principal (A) y por el otro lado de la polea conecta a un eje cardan (B) que da transmisión al reductor del carrusel de llenado. El otro extremo del reductor principal (A) le transfiere movimiento al reductor angular (D) y de este al reductor del enjuagador mediante ejes cardan (C y E). El reductor principal (A) transmite el movimiento a las estrellas del manejo de botella y estrella del capsulador por medio de un piñón que está acoplado en la parte superior del reductor principal (A), este piñón está acoplado a un tren de engranes entrelazados y calculados para estar perfectamente sincronizados. Todos los componentes de este sistema se ubican en la base de la máquina, en la parte baja del chasis, que cuenta con guardas de protección.

Figura 15. Sistema de Transmisión



1.9 REQUISITOS DEL SISTEMA

1.9.1 Requisitos de seguridad

Los requisitos de seguridad por TCCC son los siguientes:

- El equipo deberá contar con botones de paro de emergencia.
- Los motores y sistemas de transmisión deberán contar con guardas o protecciones fijas.
- Los sistemas deben de contar con dispositivos de seguridad y/o microswitch en los principales accesos parando el proceso al ser activados.
- Todo gabinete y sistema eléctrico debe estar sellado para evitar daños y/o accidentes ocasionados por humedad.
- Todo sistema de fuerza deberá contar con instalaciones a tierra física.

1.9.2 Requisitos de calidad

- **Olor:** No debe tener un sabor No característico al producto embotellado.
- **Microbiología:** Tabla de Especificaciones de Microbiología.
- **Apariencia de producto:** El producto embotellado no debe presentar ninguna de las siguientes desviaciones:
- **Hongo:** Materia orgánica amorfa que se encuentran en el interior de la botella, que para ser observados más fácilmente se les impregna de un colorante llamado Azul de Metileno.
- **Materia Biológica:** Generalmente insectos se encuentran adheridos al envase o en suspensión.
- **Materia extraña:** Papel, plástico, cigarrillos, pitillos, etc.

- **Floc:** Son grumos color blanco que se forman generalmente en los tratamientos Químicos principalmente provocada por la deficiente sedimentación de la cal y sulfato de aluminio
- **Aceite o cera:** Se detecta en la superficie del líquido, provocado principalmente por la mala lubricación en la llenadora.
- **Partículas de carbón:** Son pequeñas partículas de color negro, que generalmente son arrastradas desde los filtros de carbón por cualquier falla en los mismos.
- **Sedimento:** Se forma en la base de la botella y se encuentra como una especie de polvo fino. Algunas veces se desvanece al agitar el líquido.
- **Fibras:** Pequeños trozos de hilo muy delgado, se encuentran flotando en el líquido.
- **Anillo:** Es un polvo fino similar al Sedimento y se forma alrededor de la parte superior del líquido; la causa principal por la formación del mismo es la deficiente dilución de las partes que conforman los concentrados al realizar la preparación de los jarabes.
- **Nube:** Son partículas de polvo fino que se encuentran adheridas a la pared del envase, ligeramente abajo de la superficie del líquido, se mezcla con el mismo cuando se agita.
- **Decolorado:** Este se da cuando pierde color lo cual ocasiona que a simple vista se vea transparente el líquido.
- **Apariencia de empaque:** El producto embotellado no debe tener rayado, con rebaba o desgastado el anillo; de tal manera que pueda causar daño al destapar el producto. Tampoco raspaduras, hendiduras, deformaciones o mala verticalidad la botella embotellada.

1.9.3 Requisitos de medio ambiente

El equipo de llenado de línea 4 impacta a su ambiente en proceso de trabajo al exceder límites normales de ruido a los 65 dB requiriendo que el personal involucrado utilice equipo de protección auditiva.

El agua utilizada en el enjuagador es dirigida a una cisterna de recuperación para cumplir con cultura de cuidado del agua.

Los químicos de limpieza son dosificados y diluidos a la entrada al drenaje conforme a normatividad local sin excederse concentraciones para no afectar al ambiente. Siendo procesados en un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Los residuos de aceites y grasas son seleccionados y confinados como desperdicio industrial así como refacciones y materiales obsoletos del equipo. Manejo de residuos peligrosos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La actual demanda del mercado de la costa Caribe y la rigurosa competencia de precios en el sector de bebidas gaseosas obliga a la compañía a dar lineamientos de estándares de desempeño para la fabricación de sus productos orientados a aumento de productividad, reducción de costos de materia prima, costos de mantenimiento y optimización de procesos

Dado las condiciones actuales de operación donde la utilización de los activos está por encima del 90% y la eficiencia de la línea de producción en 70%; se plantea el reto de aumentar la eficiencia en 10 puntos considerando las variables operacionales del proceso y condición de funcionamiento de los equipos mediante una estrategia que permita integrarse al modelo actual de mantenimiento de la planta.

Basado en la premisa y cultura de gestión de activos de COCA-COLA Femsa se hace necesario la homologación de sistemas de mantenimiento para garantizar la continuidad operativa de estos activos. El Modelo de Mantenimiento y Gestión de activos sigue la estrategia del ciclo de mejora continua: Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

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.

2.1. OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVO GENERAL:

Diseñar un plan de mantenimiento basado en RCM2 para optimizar el ciclo de vida de los activos de la línea 4 asegurando su función, disponibilidad, confiabilidad y costo de mantener; operando dentro de un ciclo de mejora continua.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar un análisis del contexto operacional de los equipos críticos de la línea de producción para definir modelo funcional.
- Realizar análisis de modos de falla y consecuencias para cada uno de los equipos.
- Definir estrategia de mantenimiento a implementar con base en el análisis de consecuencias, afectación en seguridad, medio ambiente; costos de reparación y tiempos perdidos en producción.
- Establecer refacciones estratégicas; máximos y mínimos acorde a tendencias de consumo, costo y criticidad.
- Definir indicadores y metas para medir la efectividad de la implementación de la estrategia de mantenimiento.

2.2 JUSTIFICACIÓN

La implementación de una estrategia de mantenimiento basada en RCM2 maximiza la productividad y fortalece la posición de la compañía ante la rigurosa competencia del negocio de envasado de bebidas gaseosas dado que aumenta la confiabilidad y disponibilidad de los equipos de las líneas de producción; obteniendo productos con altos estándares de calidad producidos al menor costo y preservando los recursos con los cuales son fabricados.

RCM2 es uno de los más rigurosos procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad existentes en el mundo, y ha tenido gran aceptación en la industria manufacturera debido a que su aplicación proporciona elementos para establecer estrategias de mantenimiento que responden a las expectativas que los negocios tienen hoy sobre la función mantenimiento.

Esta estrategia de mantenimiento facilita la planeación del mantenimiento dando como resultado final la optimización de las rutinas de mantenimiento preventivo, disminución de inventario de refacciones, disminución de tiempos improductivos, equipos confiables y disminución en costos de reparaciones imprevistas.

Como carácter metodológico, esperamos que el resultado del estudio nos ayude a la formulación final de la estrategia de mantenimiento alineado con a los objetivos específicos planteados. Dentro de un marco global cambiante, la competitividad se convirtió en un factor determinante para la supervivencia y prolongación de las empresas en sus actividades comerciales. 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 la actualidad un pilar de sostenibilidad en donde la organización que no adopte medidas para estructurar estos pilares, tendría la tendencia a desaparecer o a ser absorbida por sus competidores.

Es allí donde encontramos que algunos campos de la ingeniería no están siendo aprovechados en sus máximas dimensiones, y que aunque cambian drásticamente de un año a otro, con avances radicales en la tecnología está aún no ha sido aplicad a nuestras empresas productivas.

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 embotelladores de los Estados Unidos con excelentes resultados y adaptarlas a nuestro medio.

3. MARCO TEORICO

3.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

3.1.1 Introducción

RCM, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad por sus siglas en inglés (Reliability Centered Maintenance), es un proceso para determinar qué debe hacerse para que cualquier recurso físico o sistema continúe realizando lo que sus usuarios quieren de él en condiciones establecidas.

En la actualidad, se entiende como RCM cualquier proceso que cumpla con los criterios establecidos en el Estándar JA1011 de la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices). Este estándar establece que para que un proceso pueda ser llamado RCM, debe responder satisfactoriamente a todas las siguientes preguntas y en esta misma secuencia:

1. ¿Cuáles son las funciones y los modelos ideales de rendimiento del recurso en su actual contexto operativo (funciones)?
2. ¿En qué formas no puede cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
3. ¿Qué ocasiona cada falla funcional (modos de falla)?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de la falla)?
5. ¿En qué forma es importante cada falla (consecuencias de la falla)?
6. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de labores)?
7. ¿Qué debe hacerse si una tarea proactiva adecuada no puede ser encontrada (acciones por defecto)?

Una característica fundamental del proceso RCM es la aplicación de un diagrama de decisión para contestar a las preguntas 5, 6 y 7 para cada modo de falla. Este

diagrama integra los procesos de decisión en una estructura estratégica única, con criterios específicos para seleccionar una tarea. Otro aspecto primordial de este proceso es el reconocimiento de que Mantenimiento no puede responder por sí mismo las siete preguntas en su totalidad, por lo que se hace necesario formar un grupo de análisis en el que participen tanto los responsables del mantenimiento del activo como sus usuarios.

3.1.2 Evolución Histórica de RCM

Al final de la década del 1950, la aviación comercial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues (si actualmente se estuviera presentando la misma tasa de accidentes, se estaría oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo). Esto ocurría a pesar de que los aviones eran sujetos a numerosas tareas de mantenimiento con un costo elevado. En consecuencia, la industria área estaba inconforme con las prácticas de mantenimiento existentes. Se formó entonces por la Agencia Federal de Aviación de los Estados Unidos y las aerolíneas, un equipo para investigar las capacidades del mantenimiento preventivo. A lo largo de esta investigación se aprendió que las intervenciones programadas tienen poco efecto sobre la confiabilidad de los sistemas complejos a menos que haya un modo de falla dominante, y que no tienen efecto del todo sobre algunos componentes.

Después de años de investigación se acuñó un diagrama de decisión rudimentario para la selección de tareas de mantenimiento, acompañado de un informe sobre la aplicación del mismo. Hacia finales de la década de los 60's, los resultados de la investigación fueron vertidos en un proceso denominado MSG1. Este proceso fue aplicado por primera vez al avión Boeing 747.

Ya en la década de los 70's, el proceso MSG1 evolucionó hacia el MSG2, que fue aplicado a los aviones Lockheed 1011 y Douglas DC 10. Como un ejemplo de los

beneficios económicos de este enfoque, la estrategia de mantenimiento para un modelo anterior, el Douglas DC 8, diseñada con el enfoque tradicional del mantenimiento preventivo incluía el reemplazo periódico de 339 componentes, mientras que la estrategia de mantenimiento para el Douglas DC 10, diseñada con el proceso MSG2 llevó al reemplazo periódico de sólo 7 componentes. Uno de los componentes que ya no se sujetó a los límites del reemplazo fue el motor de la turbina de propulsión. La eliminación de los reemplazos programados para los motores condujo a importantes reducciones en los costos de materiales y mano de obra, como también del inventario de repuestos requeridos para cubrir el taller de mantenimiento en más del 50%. Dado que los motores para los grandes aviones costaban más de 1 millón USD cada uno, éste era un ahorro considerable.

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos supo que la aviación comercial había encontrado un enfoque revolucionario para el mantenimiento programado y esperaba beneficiarse con esa experiencia. Le solicitó entonces a United Airlines un reporte sobre cómo las aerolíneas desarrollaban sus programas de mantenimiento. En 1978 Stanley Nowlan y Howard Heap emitieron el reporte titulado "Reliability Centered Maintenance / Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad". Esa fue la primera vez que se empleó el término RCM para referirse a este proceso de formulación de estrategias de mantenimiento. El proceso presentado entonces por Nowlan y Heap es lo que hoy día se conoce como "RCM Clásico".

Basada en el informe de Nowlan y Heap, la Asociación del Transporte Aéreo de los Estados Unidos publicó en 1980 el documento MSG3, que tuvo posteriores revisiones publicadas en 1988 y 1993 y las más recientes actualizaciones MSG3.2001 y MSG3.2002. De forma paralela a la creación del documento MSG3, el informe de Nowlan y Heap sirvió como base para la emisión de los Estándares para el Ejército Americano publicados en 1986.

En los documentos MSG el proceso RCM vio limitada su aplicación en otros tipos de equipos por su enfoque sumamente conciso y muy especializado, sin embargo tras la publicación del informe de Nowlan y Heap, el proceso empieza a trascender las fronteras de la aviación. En 1983, inicia por EPRI (Instituto de Investigación de la Energía Eléctrica) y sus comercializadores la aplicación de 2 programas piloto de RCM en empresas de energía nuclear. Sin embargo la aplicación que se realizó fue menos rigurosa que el RCM original, ya que:

- El principal objetivo era reducir las cargas de trabajo de mantenimiento programado sin reducir la confiabilidad y la seguridad.
- La confiabilidad y el mejoramiento de la seguridad no eran objetivos.
- Las protecciones no fueron incluidas en los estudios.
- Fue un proceso RCM abreviado para lograr objetivos limitados.
- El retorno financiero fue bajo debido a que el enfoque fue hecho principalmente en las cargas de trabajo y no en el desempeño de la empresa.

A partir de 1990, los comercializadores de EPRI llevaron su versión de RCM fuera de la industria nuclear (principalmente en los ramos de generación por energía fósil, distribución de la electricidad y petroleras). Esto dio pie a que empezaran a surgir otras versiones abreviadas de RCM.

Así como el informe de Nowlan y Heap sirvió de antecedente para el establecimiento de procesos RCM abreviados, se gestaron también procesos más rigurosos. Su aplicación en las industrias minera y manufacturera condujo a la promulgación del RCM2 en 1990.

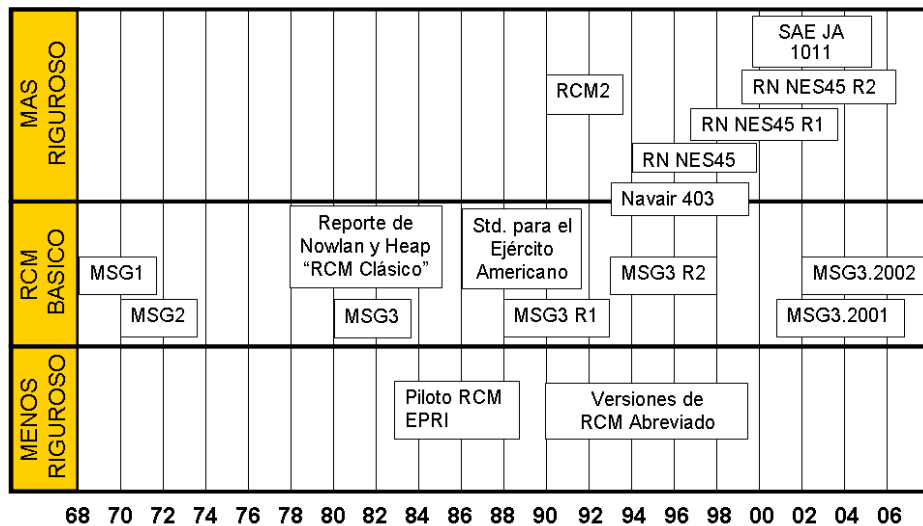
De los estándares para el ejército americano publicados en 1986 surgió la Guía 403 RCM US Navair publicada en 1993. Por otro lado, tomando elementos de los estándares para el ejército americano y de RCM2 se publicó la edición 1 del estándar británico RN NES45 en 1994, con una segunda emisión en 1997 y una

tercera en 1999. Los documentos 403 RCM US Navair y RN NES45 fueron los primeros estándares enfocados a establecer criterios específicos para definir qué proceso puede ser llamado RCM.

Esto finalmente llevó a la publicación en 1999-2000 del Estándar JA1011 de la SAE. Es un documento breve que fija los criterios que debe satisfacer cualquier proceso para ser llamado RCM cuando es aplicado a cualquier recurso o sistema.

A manera de resumen, en la Imagen 1 se puede observar la evolución histórica de RCM a partir del documento MSG1.

Figura 16. Evolución Cronológica RCM



3.1.3 El proceso general y principios de RCM

Los pasos generales del proceso son:

- 1 Describir el contexto operacional.
- 2 Listar las funciones del equipo en conjunto con los estándares de funcionamiento deseado.

- 3 Definir las fallas funcionales.
- 4 Listar los modos de falla que razonablemente sean causantes de cada pérdida de función.
- 5 Describir los efectos de las fallas asociados con cada modo de falla.
- 6 Evaluar las consecuencias de las fallas.
- 7 Seleccionar las tareas de rutina que traten apropiadamente los modos de falla y sus consecuencias.
- 8 Seleccionar las frecuencias de las tareas.
- 9 Describir las tareas adecuadamente.
- 10 Medición de los resultados del RCM.

Los pasos 1 – 9 se llevan a cabo mediante la aplicación de la metodología RCM2, contestando las siete preguntas respectivas. Por la naturaleza de las preguntas Mantenimiento no puede por sí sólo contestar en su totalidad todas ellas, por lo que es necesario formar un grupo de analistas integrado por personal de Mantenimiento, Producción, Calidad y cualquier otro que tenga algo que decir sobre cómo se debe e comportar del activo. Este grupo de analistas trabajan bajo la asesoría de un especialista bien entrenado en RCM, que se conoce como facilitador. En el marco de la implementación debería estudiarse el proceso de formación de los facilitadores RCM2 en Coca-Cola FEMSA.

El proceso se lleva a cabo de acuerdo con los principios, que resumen la filosofía de RCM son:

- Orientado a la función. Busca preservar la función del sistema o equipo, no únicamente la operatividad en sí.
- Enfocado a sistemas. RCM busca mantener las funciones de los sistemas más que las de los componentes individuales.
- Centrado en la confiabilidad.

- Reconoce las limitaciones de diseño. RCM reconoce que con actividades puras de mantenimiento no es posible incrementar la capacidad del activo más allá de su confiabilidad inherente por el diseño.
- Impulsado por seguridad y economía.
- Define falla como una condición no satisfactoria.
- Emplea un árbol lógico para la selección de tareas.
- Las tareas deben ser técnicamente factibles.
- Las tareas deben merecer la pena.
- Reconoce tres tipos de tareas de rutina: mantenimiento predictivo, preventivo y de búsqueda de fallas.
- Es un sistema vivo. RCM no es un proyecto estático; los resultados de cada caso implementado retroalimentan al mismo para identificar necesidades de actualización.

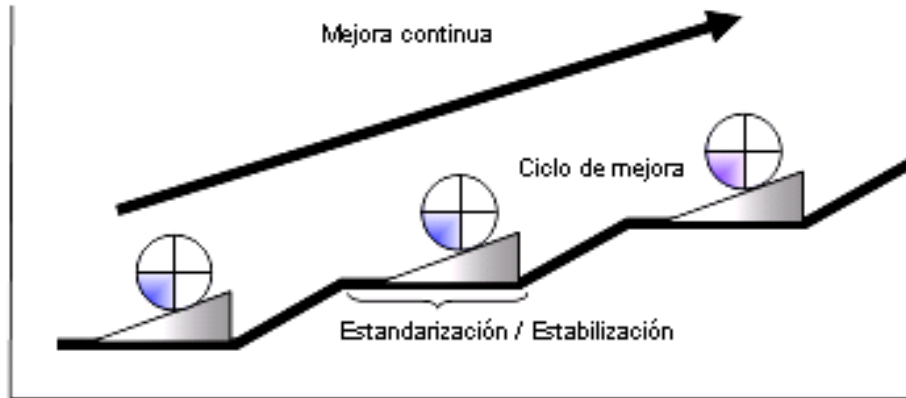
3.2 RCM2 COMO ESTRATEGIA DE NEGOCIO.

3.2.1 Ciclo de Mejora del Sistema de Mantenimiento

El cambio consiste en realizar actividades que desarrollamos cotidianamente de una forma diferente. El objetivo del cambio es tener mejores beneficios. Debe ser documentado, comunicado, probado, evaluado y pasar por un proceso de estabilización. La iniciativa o búsqueda permanente del cambio por el personal, grupos de trabajo y la organización es la mejora continua.

Tanto los productos, servicios, procesos y sistemas tienen un ciclo de vida en donde son óptimos, por lo que es necesario revisar continuamente los sistemas y establecer cada cuánto deben de cambiar. Parte fundamental es estabilizar los sistemas antes de los ciclos de mejora, como se muestra en la *Imagen 2*, de lo contrario hay riesgo de descontrol.

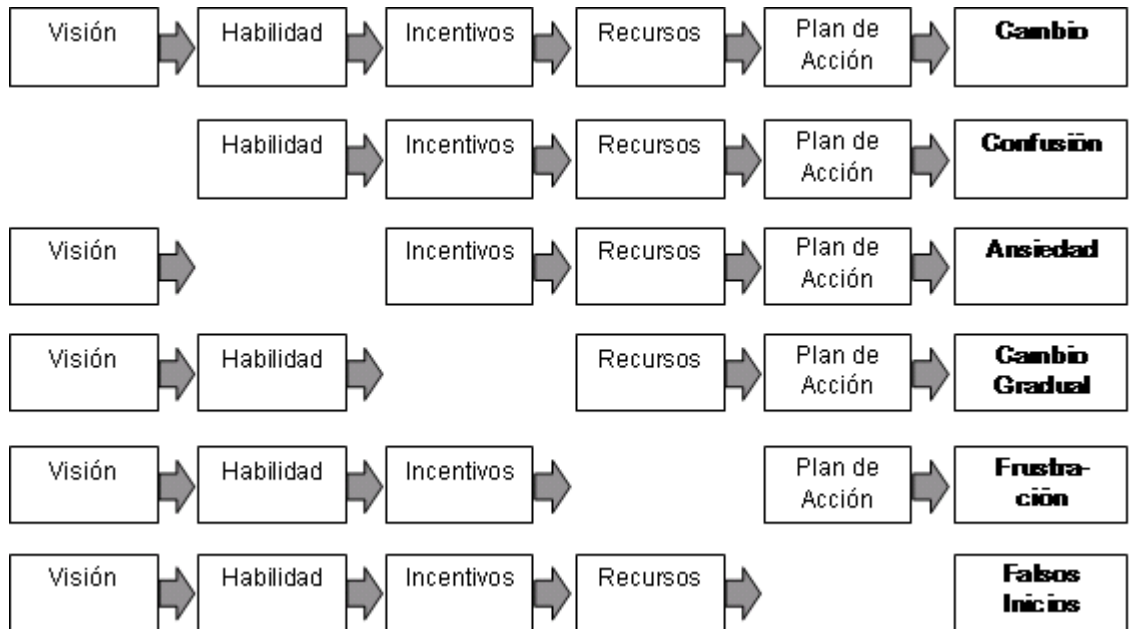
Figura 17. Ciclos de Cambio y estabilización en Mejora Continua



3.2.2 Administrando un Cambio Complejo

Para que una iniciativa de cambio se concrete en mejoras reales, es necesario que se presenten las cinco componentes: visión, habilidad, incentivos, recursos y plan de acción. La falta de cualquiera de estos elementos obstaculiza el cambio.

Figura 18. Componentes de Cambio



La introducción de la metodología RCM2 forma parte del ciclo de mejora al Sistema de Mantenimiento de Coca – Cola FEMSA. Esto implica un cambio en la forma de establecer las estrategias de mantenimiento de los activos.

3.2.3 Visión

Mediante el diseño y la implementación de RCM2 en Coca – Cola FEMSA se fortalecerán los procesos de gestión de mantenimiento con enfoque en la visión SAD de mantenimiento:

- Todos los activos de la organización operan con una eficiencia mecánica mínima del 95%.
- Las estrategias de mantenimiento de los activos contribuyen a la elaboración de bebidas con nivel de calidad 6 sigma.
- Las estrategias de mantenimiento de los activos contribuyen al cumplimiento de la normatividad en calidad, seguridad y medio ambiente.
- Todas las refacciones en el maestro de materiales están planificadas.

3.2.4 Habilidad

Coca – Cola FEMSA ha realizado una inversión significativa en la formación de facilitadores RCM2 seleccionados de los departamentos de Ingeniería y Mantenimiento de las Unidades de Manufactura y el Staff de Mantenimiento, en mayo de 2006.

Cada facilitador a su vez ha participado en la formación de técnicos de mantenimiento, operadores de producción y analistas de calidad para la realización de los análisis. En el periodo de un año (junio 2006 – mayo 2007) más de un centenar de personas en el Sistema han sido formadas y participado activamente como analistas en RCM2.

En febrero de 2007 se realizó una auditoría por un consultor externo a los análisis realizados durante el 2006, con el objetivo de retroalimentar a los facilitadores sobre el desarrollo de sus habilidades resultantes en la calidad técnica de los análisis.

Finalmente, en julio de 2007 se realizó un curso introductorio a RCM2 con la participación de 23 personas formándose como analistas, de los cuales 12 continuaron en el programa de formación de facilitadores, con los que se tiene una segunda ola de facilitadores para mayor despliegue de la aplicación de la metodología.

La formación de futuras olas de facilitadores se tiene prevista, en función del crecimiento de aplicación de la metodología en las Unidades de Manufactura.

3.2.5 Recursos

La Dirección de Cadena de Suministro, convencida de los beneficios que la implementación de la metodología RCM2 tendrá sobre los procesos de manufactura, asignaría recursos humanos, económicos y materiales en los siguientes rubros:

Inversión en consultoría externa:

- Formación introductorio a Directores y Gerentes
- Entrenamiento básico a Gerentes y Staff
- Formación de facilitadores a Coordinadores y Staff
- Auditoría de casos desarrollados en 2006
- Formación de segunda ola de facilitadores

Para la realización de los análisis:

- Un facilitador RCM2 del Staff de Mantenimiento de tiempo completo por cada caso de análisis durante la fase de transferencia de tecnología.
- Un facilitador RCM2 por cada Unidad Operativa.
- Un grupo de análisis compuesto por personal de las diferentes áreas. De acuerdo con el tipo de activo analizado, el grupo oscila entre cuatro y ocho participantes.

Para el seguimiento de los casos:

- Presupuesto CAPEX para rediseños.

3.3 RELACIÓN ENTRE RCM2 Y LAS PRIORIDADES DE LA DIRECCIÓN

RCM2 presenta una empatía natural con las prioridades de la Dirección, estableciendo claras estrategias para modos de falla que impactan en:

3.3.1 Seguridad

RCM2 identifica y da un tratamiento especial a los modos de falla que afectan a la seguridad. Esto es: cuando el modo de falla provoca una pérdida de función que pueda lesionar o matar a alguien. En nuestro ramo industrial, esto incluye tanto las causas de lesión o muerte del personal, como las causas de que los productos contengan algo que pueda lesionar o matar al cliente / consumidor.

Una vez identificados los modos de falla con consecuencias sobre la seguridad, el siguiente paso en la aplicación del método es seleccionar la tarea apropiada para el manejo de cada modo de falla. En el apartado 3.3.2 de este manual se tratará con detalle la selección de tareas, por ahora baste mencionar que cualquiera que sea la tarea elegida debe de cumplir con el siguiente requisito: *reducir el riesgo a un nivel tolerable*.

Así, la aplicación de RCM2 colabora en la creación de mejores condiciones de seguridad:

- Evaluando las consecuencias antes de la falla operacional. RCM2 es estricto tratándose de seguridad: si las consecuencias son muy graves, se deben listar incluso los modos de falla menos probables. Esto nos permite establecer estrategias para evitar, eliminar o minimizar las consecuencias de fallas que nunca se han presentado.
- Estableciendo tareas predictivas, preventivas o una combinación de ellas que consigan reducir a un nivel tolerable el riesgo de fallas que afecten a la seguridad.
- Estableciendo la frecuencia de prueba de los dispositivos de seguridad que consigan reducir el riesgo a un nivel tolerable.
- Mejorando dispositivos de seguridad. RCM2 ayuda a identificar dispositivos de seguridad cuya confiabilidad inherente no brinda la protección suficiente para mantener la probabilidad de fallo a un nivel tolerable. En estos casos es necesario mejorarlos agregando redundancias o modificando el sistema de protección.
- Agregando nuevos dispositivos de seguridad. Instalación de dispositivos de seguridad inexistentes en el contexto operacional actual.

3.3.2 Calidad

Al responder la pregunta “¿Cuáles son las funciones y los modelos ideales de rendimiento del recurso en su actual contexto operativo?” los requisitos de calidad se traducen en parámetros de funcionamiento deseado del sistema. Con el desarrollo de los pasos siguientes de RCM2 se establecen estrategias de mantenimiento para tratar modos de falla que conllevan a una no-conformidad:

- Estableciendo tareas predictivas o preventivas cuyo costo en un periodo de tiempo sea menor a la suma de los costos imputables a la falla, entre ellos los costos de no calidad.
- Identificando mejores prácticas operativas para reducir el riesgo de falla.
- Proponiendo modificaciones para incrementar la confiabilidad inherente y en consecuencia reducir el riesgo de falla.

3.3.3 Volumen

La aplicación adecuada de RCM2 lleva a estrategias de mantenimiento para tratar los modos de falla que impactan al volumen, ya sea provocando tiempo de paro o velocidad de operación reducida:

- Estableciendo tareas predictivas o preventivas cuyo costo en un periodo de tiempo sea menor a la suma de los costos imputables a la falla, entre ellos el costo del tiempo de paro o velocidad reducida.
- Reduciendo o eliminando paros provocados por modos de fallo que son en realidad efectos secundarios, al identificar y prevenir la causa raíz.
- Identificando mejores prácticas operativas para reducir el riesgo de falla.
- Identificando y reconociendo posibles restricciones de diseño y proponiendo modificaciones para alcanzar los estándares de funcionamiento deseados.

Asimismo, se contribuye a la reducción de pérdidas de volumen fomentando, a través de la documentación del análisis, un mejor diagnóstico de las fallas y en consecuencia tiempos de paro menores por reparación de fallas durante la operación.

3.3.4 Costos

La estrategia de mantenimiento diseñada mediante la aplicación de RCM2 contribuye a la optimización de los costos:

- Estableciendo tareas predictivas o preventivas cuyo costo en un periodo de tiempo sea menor a la suma de los costos imputables a la falla (costo directo de la reparación más costo de la producción perdida por el tiempo de paro).
- Eliminando tareas rutinarias innecesarias que no contribuyen a mantener la confiabilidad del sistema, únicamente incrementando el gasto de mantenimiento.
- Estableciendo las frecuencias adecuadas de las tareas. Por ejemplo, si se realiza diariamente una tarea que se podría realizar mensualmente, esa sola tarea le está costando a la organización 30 veces más de su costo óptimo. Por otro lado, si se realiza bimestralmente una tarea que se debería de realizar mensualmente, las fallas se estarán anticipando al mantenimiento, teniendo mayores costos por mantenimiento correctivo.
- Estableciendo estrategias de mantenimiento diferentes para sistemas únicos y de reserva.

3.4 Relación con el Modelo de Gestión

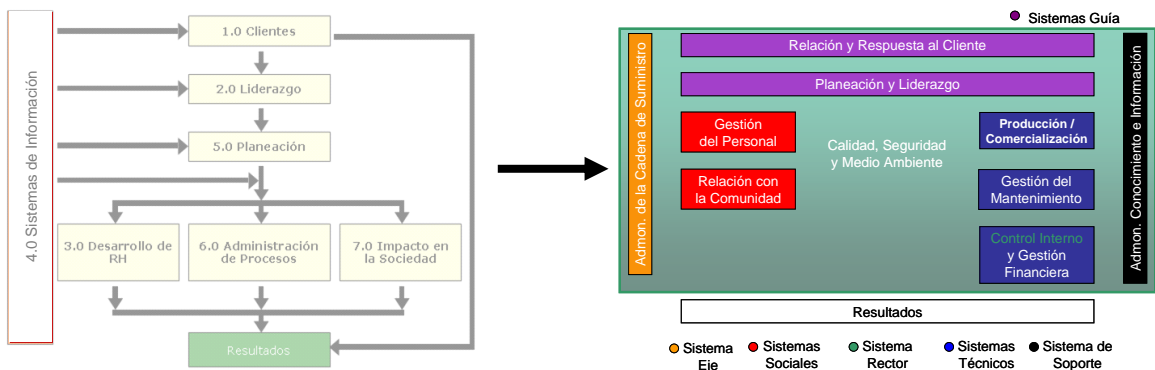
Convencidos de que sólo ofreciendo productos y servicios de calidad superaremos los éxitos que hemos alcanzado para mantenernos como una empresa líder en el mercado, orientada hacia la mejora continua, que genere valor agregado a los **Accionistas, Clientes, Personal y Comunidad** Coca-Cola FEMSA desarrolló el **Sistema Integral de Calidad Coca-Cola FEMSA – SICKOF**.

SICKOF se definió entonces como *un sistema de Calidad Total que administra a la “Organización como un conjunto de SISTEMAS que interactúan entre sí, en donde*

el principio y el fin es el Cliente, involucrando a Proveedores, Procesos, Personal y recursos”.

Afines a la cultura de mejora continua, en el año 2007 SICKOF evoluciona hacia el Modelo de Gestión de la Cadena de Suministro, como se muestra en la siguiente imagen, al cual comprende los aspectos fundamentales de la visión del programa.

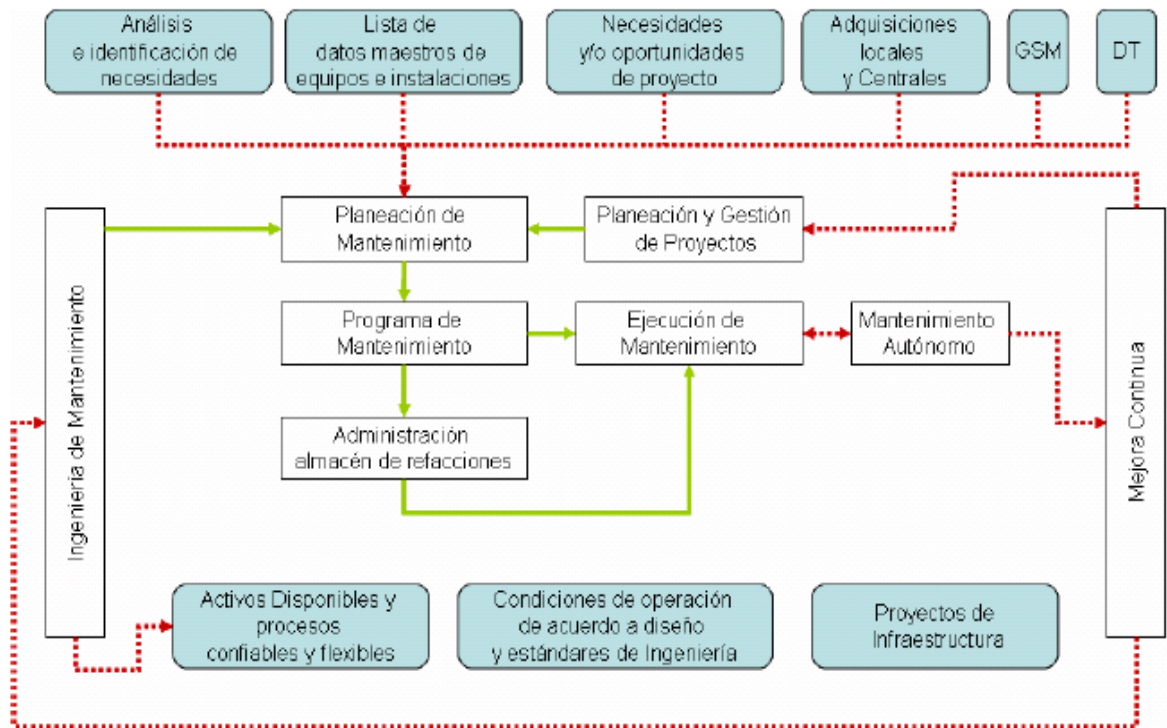
Figura 19. Evolución de SICKOF al Modelo de Gestión



Dentro de este Modelo se encuentra el Sistema de Gestión de Mantenimiento e Ingeniería, con los siguientes procesos: Ingeniería de Mantenimiento, Planeación de Mantenimiento, Programación de Mantenimiento, Administración de Almacén de Refacciones, Planeación y Gestión de Proyectos, Ejecución de Mantenimiento y Mantenimiento Autónomo.

³. Sistema de Gestión e Ingeniería de Mantenimiento. COCA-COLA Femsa, 2007.

Figura 20. Diagrama de flujo del Sistema de Gestión de Mantenimiento



RCM2 se relaciona con los diversos procesos del Sistema de Gestión de Mantenimiento e Ingeniería como se muestra:

3.4.1 Planeación de Mantenimiento

Este proceso tiene como propósito generar la estructura para la gestión de activos y procesos que permitan planear el mantenimiento a fin de asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los mismos, con un enfoque de mejora continua.

En este proceso se crean, se revisan y actualizan las hojas de ruta que integrarán la estrategia de mantenimiento de cada activo. Con la implementación de la metodología RCM2, las hojas de ruta se crean, revisan y actualizan con enfoque a la confiabilidad.

3.4.2 Programación de Mantenimiento

Este proceso tiene como propósito determinar las actividades a desarrollar y el balance de recursos para la ejecución de mantenimiento que aseguren la disponibilidad, confiabilidad, flexibilidad de los activos y procesos de transformación.

La aplicación de RCM2 contribuye a que este proceso logre sus objetivos mediante la identificación de las tareas óptimas a desarrollar en el plan de mantenimiento, eliminando las tareas que no agregan valor en términos de confiabilidad. En consecuencia, se liberan recursos de mantenimiento para un mejor balance de las cargas de trabajo.

3.4.3 Ejecución de Mantenimiento

Este proceso tiene como propósito realizar con calidad las actividades programadas de mantenimiento a los equipos e instalaciones y hacer la entrega al usuario.

La aplicación de RCM2 contribuye a lograr los objetivos de este proceso mediante la identificación, a lo largo de los análisis, de necesidades de capacitación y de documentación para los trabajos (procedimientos e instrucciones de trabajo) para prevenir fallas por intervenciones inadecuadas.

3.4.4 Almacén de Refacciones

Este es el proceso mediante el cual la Unidad Operativa lleva a cabo el manejo y control de los inventarios de refacciones, desde la solicitud e identificación de materiales de stock hasta la entrega al usuario final; salvaguarda los inventarios (toma de inventarios físicos), eficiente los niveles de almacenamiento y fuentes de

aprovisionamiento para minimizar costos y abastece de refacciones al proceso de Ejecución de Mantenimiento.

La aplicación de RCM2 contribuye a lograr los objetivos de este proceso mediante la identificación, a lo largo de los análisis, de las refacciones:

- Que se deben de mantener en stock para reducir el impacto de una avería que no se puede predecir o prevenir, en función de la evaluación del costo de tenerla en stock vs. la consecuencia de no tenerla.
- Que no son necesarias mantenerlas en stock, pero deben estar dadas de alta en el maestro de materiales para su solicitud desde una orden de trabajo, ya sea para la ejecución de un mantenimiento preventivo o para la solución de un hallazgo del mantenimiento predictivo.

4. ANÁLISIS RCM2 Y MODELO DE OPTIMIZACIÓN

4.1 SÍNTESIS DEL PROCESO

4.1.1 Alcance

Se aplicarán los conceptos del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para la definición y actualización de planes de mantenimiento del equipo de llenado MONOBLOCK de la Línea 4 de COCA-COLA Femsa sede Barranquilla, son equipos calificados como críticos por las políticas de gestión de activos de la compañía y por la demanda de producto en la costa caribe y costa norte de Colombia.

4.1.2 Metodología RCM2

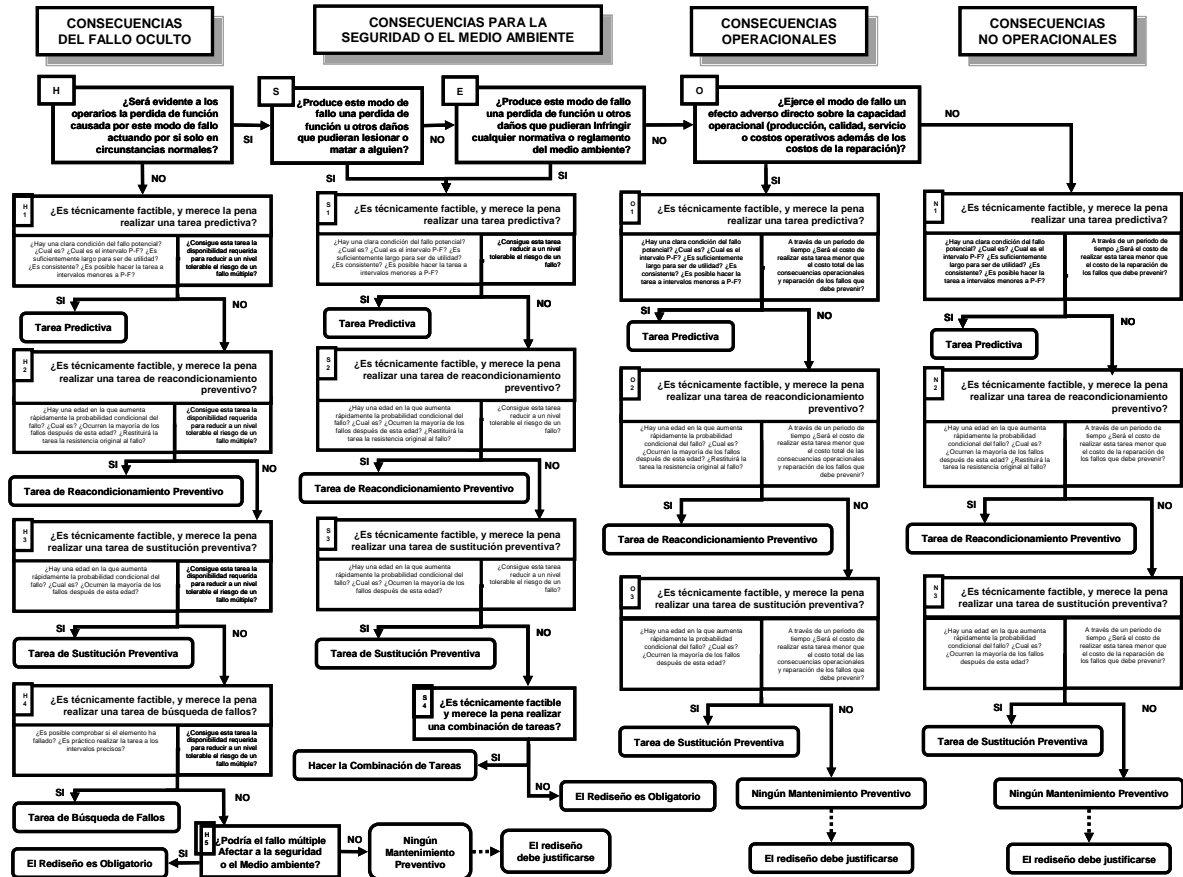
RCM – Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – es un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional actual.

Las respuestas a estas siete preguntas de la metodología de se registran en dos hojas de trabajo: hoja de información y hoja de decisión.

En la hoja de información, se documentan las respuestas a las preguntas 1 – 4. La hoja consta de cuatro columnas en donde se capturan las respuestas respectivas.

las letras “S” o “N” según la respuesta sea “Sí” o “No” a las preguntas del diagrama.

Figura 23. Diagrama de decisión RCM2



Siguiendo esta metodología se realizaron los análisis correspondientes dentro del contexto operacional y los informes históricos recopilados por el departamento de mantenimiento y se obtuvieron los resultados que se presentan en las siguientes páginas.

5 RESULTADOS RCM2

Las tablas AMEF y el plan generado por la metodología se presentan en los anexos 1 y 2 respectivamente.

5.1 Plan táctico

En el nivel táctico definimos de forma general la forma en que se aplicará en piso la metodología.

Uno de los principales intereses de la Gerencia de Servicios de Manufactura en la táctica de implementación es evitar la duplicidad de esfuerzos entre Unidades Operativas, a la vez que se realicen sinergias entre las mismas, complementando los análisis con las experiencias de las diferentes Unidades. Por este motivo se definieron dos tipos de análisis: análisis nuevos y análisis homologados.

En los análisis nuevos, el grupo inicia desde cero, desde la elaboración del contexto operacional hasta la selección de tareas para el activo en cuestión.

En los análisis homologados, el grupo inicia de una documentación base (entregable de un análisis nuevo realizado previamente) y revisa exhaustivamente desde el contexto operacional hasta la selección de tareas, agregando, eliminado o modificando datos de acuerdo con las diferencias en el contexto operacional. Cabe mencionar que no se omiten pasos de la metodología, sin embargo se consigue una optimización del tiempo de reuniones por la reducción en tiempo de captura de información, así como un enriquecimiento de los análisis al considerar fallas que han ocurrido en otras Unidades Operativas.

Para lograr la máxima productividad en el despliegue de la metodología, se deben considerar las siguientes componentes generales como parte del plan táctico: selección de activos a analizar y proceso de formación de facilitadores.

5.1.1 Formación de Facilitadores

Cuando se trata de mejorar los resultados de una compañía saber qué hacer es sólo la mitad de la batalla, también es necesario ser capaz de guiar a las otras personas que serán afectadas.

La administración está basada en tareas e incluye planeación, elaboración de presupuesto, solución de problemas y muchas otras cosas que se deben hacer rutinariamente. El liderazgo requiere que se pueda inspirar a otros a que hagan bien su trabajo.

Ser Facilitador en un proyecto de RCM no es fácil en la medida que haya hábitos reactivos, planeación deficiente, carencia de respeto por el mantenimiento, errores pasados en proyectos anteriores, carencia de entendimiento administrativo y de apoyo administrativo y la financiación no adecuada.

Pero si el facilitador asocia la inspiración con las capacidades en materia de liderazgo, crea un sólido plan a largo plazo con un caso empresarial válido. Los líderes no permiten que los obstáculos les bloqueen el camino a medida que ellos hacen progresos hacia el objetivo fijado, aun si esos obstáculos incluyen las personas que ostentan el poder y aquellos que tienen el control administrativo. Los grandes líderes encuentran el camino para influenciar a las personas, no sólo aquellos a quienes ellos controlan sino a aquellos para quienes ellos trabajan.

Algunas características de un Facilitador deben ser:

- Conocedor del entorno en aspectos técnicos, de seguridad y control ambiental.
- Capaz de hacer fijación de prioridades acorde con recursos y necesidades.
- Capaz de tomar decisiones sobre manejo de recursos.
- Hábil para organizar el tiempo propio y el de los demás.
- Capaz de controlar la programación de acuerdo con los tiempos establecidos.
- Capaz de manejar e interpretar indicadores de gestión.
- Capaz de analizar la causa de problemas.
- Objetivo para visualizar las situaciones.
- Actitud accesible y abierta con disposición a escuchar y comprender.
- Franco y persuasivo.
- Habilidades de comunicación, siendo confiable y confidente pero firme en sus planteamientos.
- Habilidad para negociar y conciliar.
- Tener vocación de servicio.
- Actitud afable, agradable, de simpatía, respeto y tolerancia.
- Alto grado de dinamismo, emprendedor, orientado al reto y con optimismo. Con capacidades para irradiar estas cualidades.
- Identificado y comprometido con sus responsabilidades y con la empresa.
- Equilibrio entre las necesidades personales y de empresa.

Dicho lo anterior existe un curso de formación a facilitadores el cual es impartido por un consultor externo, en este curso se tocan todas las áreas de competencia que debe de desarrollar un facilitador:

5.1.2 Aplicación del proceso de RCM

El facilitador debe asegurar que el grupo de revisión aplica correctamente el proceso RCM. Esto implica que todas las preguntas que componen el proceso sean efectuadas correctamente y en la secuencia correcta que son comprendidas

correctamente por todos los miembros del grupo y que el grupo logre consenso en todas las respuestas.

5.1.3 Dirigir el análisis

En general comprende los siguientes puntos:

- Prepara las reuniones.
- Selecciona los niveles de análisis.
- Tratar apropiadamente los modos de falla complejos.
- Saber cuándo dejar de listar modos de falla.
- Interpretar y registrar las decisiones con un mínimo de lenguaje.
- Reconocer cuando el grupo no sabe.
- Evitar los intentos de rediseñar el activo durante las reuniones.
- Completar las hojas de trabajo de RCM.
- Preparar un archivo de auditoria.
- Ingresar los datos de RCM en un computador.

5.1.4 Conducir las reuniones

Los puntos siguientes tratan de cómo el facilitador interactúa con los participantes de las reuniones a un nivel puramente humano:

- Preparar la escena
- Conducta propia del facilitador
- Efectuar en orden las preguntas de RCM
- Asegurar que cada pregunta sea comprendida
- Alentar a participar a cada miembro del equipo
- Responder las preguntas del los intrigantes del equipo

- Asegurar el consenso
- Motivar al grupo
- Manejar las interrupciones apropiadamente
- Orientar al grupo o a los miembros individualmente.

5.1.5 Administrar el tiempo

RCM es un proceso que requiere el uso intensivo de recursos y es lo suficientemente exhaustivo como para que las gerencias a todo nivel tengan interés en la cantidad de esfuerzo que requiere completar cada análisis. Por lo que se deberá de cuidar:

- Ritmo de trabajo
- Cantidad total de reuniones efectuadas
- Fecha real de finalización contra la fecha objetivo
- Tiempo empleado para efectuar la auditoria

5.1.6 Administrar la lógica e interacción con los niveles superiores

Este tema se refiere a la interacción del facilitador con los mandos superiores y que no están dentro del equipo de análisis. Estas interacciones comprende tomar decisiones proveer información y lograr que se haga el trabajo.

- Preparar el proyecto RCM como un todo
- Planear el proyecto
- Comunicar los planes
- El lugar de la reunión
- Comunicar los hallazgos urgentes
- Comunicar los progresos

- Asegurar que se auditen las hojas de trabajo de RCM
- Presentación a la gerencia superior
- Implementación de decisiones
- Un programa viviente

5.1.7 Desarrollo de Facilitadores

Como estrategia general; el seguimiento a los facilitadores respecto a su madurez es:

- El primer análisis: El facilitador está acompañado por otro facilitador externo ya maduro. Y funge como apoyo, siendo el facilitador externo el líder del ejercicio.
- El segundo análisis: El facilitador está acompañado por otro facilitador externo ya maduro. Y funge como líder del ejercicio, y el facilitador maduro es apoyo.
- El tercer análisis: El facilitador está acompañado por otro facilitador externo ya maduro. Y funge como líder del ejercicio y el facilitador externo solo auditara el desempeño del líder, al final de cada sesión.
- Cuarto y resto de análisis: El facilitador esta sólo fungiendo como líder de los ejercicios y envía a los facilitadores corporativos sus análisis realizados para efectos de auditorías.

5.2 Plan operativo

Una vez seleccionados los activos a analizar y considerando el nivel de madurez de los facilitadores, se establece el plan anual donde se especifican las fechas y

tiempos para la ejecución de los análisis. Operativamente, los análisis se ejecutan de la siguiente forma:

5.2.1 Selección de analistas de RCM (Equipo de análisis)

Para cada uno de los equipos a analizar, se deberá de seleccionar al personal que formará el equipo de análisis, la recomendación general de los teóricos de RCM es una integración.

Figura 24. Equipo de análisis



De acuerdo con la organización de funciones en Coca-Cola FEMSA, hemos integrado los grupos de análisis con los siguientes miembros:

De forma obligatoria:

- 1 operador (de preferencia el de mayor experiencia y conocimiento del sistema a analizar)
- 1 técnico de mantenimiento responsable de los equipos (de preferencia el de mayor experiencia y conocimiento del sistema a analizar)

De forma situacional (sujeto a evaluación por el facilitador RCM, según las características del sistema a analizar):

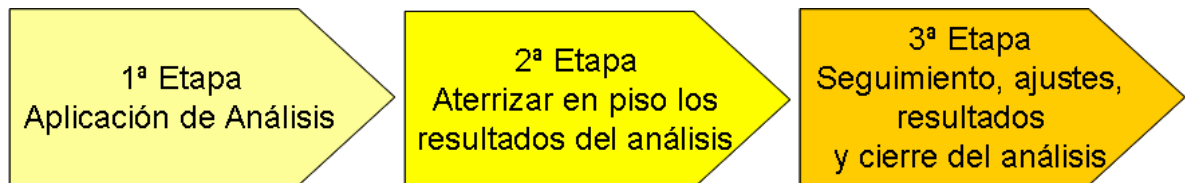
- 1 analista de calidad
- 1 técnico electrónico / instrumentista
- 1 técnico de predictivo
- 1 técnico representante del fabricante de la máquina
- 1 cualquiera que tenga algo legítimo que decir sobre el caso.

Una vez que el equipo de análisis está formado, se podrá dar inicio al desarrollo del análisis.

5.2.2 Desarrollo del análisis

El desarrollo de los análisis podemos integrarlos en 3 etapas:

Figura 25. Etapas de Desarrollo del Análisis



1ª Etapa. Aplicación del Análisis

En esta etapa lo que procede es iniciar el proceso, para lo que se tienen que definir algunos lineamientos los cuales es responsable de llevar a cabo el facilitador de RCM:

- Definir fecha de inicio y fin estimado.
- Conseguir recursos materiales tales como computadora, sala, proyector, cafetería y alimentos.
- Definir horarios de análisis.

- Conseguir material didáctico para cada participante, esto es manual, hoja de decisión, formatos de contexto operacional y hojas de información.
- Conseguir material técnico como manuales de operación y despiece de la maquinaria.

Una vez hecho lo anterior el desarrollo se estructura de la siguiente manera:

Figura 26. Cronograma Etapa de Análisis

<input type="checkbox"/> Ejecución de análisis	15 días
Capacitación a grupo de análisis	1 día
Elaboración contexto operacional	1 día
Análisis RCM2	10 días
Refaccionamiento	1 día
Comparativo con rutinas actuales	1 día
Reunión de cierre	1 día

Este esquema comprende full-time de las personas que participan. Por lo que deberán de realizarse las gestiones correspondientes (cubrir operativamente a las personas)

5.2.3 Capacitación a grupo de análisis

Esta la debe dar el facilitador en el primer día del desarrollo, la duración de esta es de un día y se le da a conocer a los analistas todos los conceptos y metodología de RCM.

5.2.4 Elaboración del contexto operacional

En el siguiente día deberá de realizarse el contexto operacional.

El contexto operacional además deberá de especificar la forma de operar de la maquina, tal y como lo dice la metodología, desde lo general hasta lo particular.

El tiempo máximo para realizar el contexto podrá ser de 2 días.

5.2.5 Análisis RCM

Hecho lo anterior estaremos listos para realizar las sesiones de análisis determinando los modos de fallas y efectos así como obteniendo las evaluaciones para cada uno de ellos.

Estas sesiones se hacen en días completos invirtiendo no más de 10 hrs. por sesión.

Los días dedicados para este punto pueden variar según lo complejo de la máquina, esto lo debe calibrar el facilitador de RCM.

5.2.6 Refaccionamiento

Durante la ejecución del análisis es normal que se queden algunos puntos a investigar, y uno de ellos es el obtener los códigos de SAP de refacciones; por ello se designa un día para realizar esta actividad. Así mismo se deben obtener los datos faltantes como parámetros que pudieron quedar pendientes.

5.2.7 Comparativo con rutinas actuales

Es importante que al finalizar el análisis se realice una comparación de las tareas determinadas por RCM y las actuales cargadas en SAP-PM por lo que se llenará un formato que ayude a realizar dicha comparación.

El objetivo es evaluar el impacto que el análisis RCM tendrá en términos de capacidades de mano de obra. Durante esta comparación es posible encontrar alguna actividad que actualmente se realiza y que esté relacionada con algún modo de falla que no se haya evaluado en el RCM, así podremos tener más completo el análisis realizado. Esto deberá llevarse a cabo en un solo día.

5.2.8 Reunión de cierre

Al finalizar el análisis, se debe de convocar a una junta con el CDC de la planta y presentar los resultados del mismo.

También en esta junta deben asistir los responsables de Producción y Mantenimiento: Coordinadores y Facilitadores que estén relacionados con el activo analizado.

Se presentan los resultados y con esta reunión se da por terminada la primera etapa del proceso y se da inicio a la segunda etapa.

2ª Etapa. Implementación en piso los resultados del análisis

Se tiene un tiempo para implementar las conclusiones del análisis en los sistemas operativos tales como SAP, SAD, Norma Control, Difusión de nuevas tareas, Capacitaciones, Compras de herramienta, etc.

La estructura de las actividades es la siguiente:

Figura 27. Listado de Tareas

Tareas seguimiento

Envío a GSM formatos de alta hr

Alta HR

Envío a GSM formatos altas y extensiones materiales

Envío a GSM plan de trabajo de capacitaciones, procedimientos, checklist, tareas de una vez

Evaluación impacto rediseños

5.2.9 Envío a GSM formatos de alta de hr

Una vez que el análisis ha arrojado las actividades a realizar de mantenimiento, estas deberán de cargarse a SAP-PM por lo que el facilitador RCM junto con el área de planeación deberán de llenar los formatos correspondientes.

Las nuevas hojas de ruta en SAP deberán de ser identificadas con un consecutivo numérico en el rango de 500 a 599 esto para identificar las hojas de ruta derivadas de un análisis de RCM.

Así mismo el catalogo de claves de modelo se deberán identificar con un consecutivo numérico en el rango de 5000 a 5999.

5.2.10 Alta de hr

Las hojas de ruta nuevas las recibe el administrador del sistema SAP-PM y las carga a SAP, con ello se procede a sustituir a las actuales.

Se deberán de usar los planes actuales solo se sustituirá la hoja de ruta, y en los casos en que no exista el plan, se deberá de crear.

5.2.11 Envío a GSM formatos altas y extensiones materiales

Dentro del análisis queda la posibilidad de mantener en stock alguna refacción que actualmente no se tiene en le maestro de materiales; para ello el facilitador de RCM junto con el responsable de almacén deben llenar los formatos correspondientes y enviarlos a la GSM para que se tramite la alta en SAP.

5.2.12 Envío a GSM plan de trabajo de capacitaciones, procedimientos, checklist, tareas de una vez

El facilitador de RCM es el responsable de coordinar la creación de un plan de trabajo que contemple los rediseños y actividades que deben programarse.

El programa deben elaborarlo el jefe/gerente de mantenimiento con los especialistas en los temas a tratar, (ejemplo: si es tema de capacitación deberá intervenir el responsable de capacitación de la planta)

Una vez hecho el plan el facilitador de RCM deberá enviar una copia a la gerencia de servios de manufactura, para su seguimiento.

5.2.13 Evaluación impacto de Rediseños

En este punto los rediseños sugeridos y obligatorios deberán ser analizados por el Jefe de mantenimiento junto con sus Coordinadores para estimar impactos, tanto de inversión como de implementación, dando prioridades y programando la aplicación de los mismos.

3ª Etapa. Seguimiento, ajustes, resultados y cierre del análisis

Figura 28. Listado de Tareas Etapa 3

☐ Tareas finales
Medición resultados RCM2
Reunión seguimiento
Cierre de caso

Una vez implementadas en piso las recomendaciones del análisis RCM se inicia el seguimiento del caso.

Para cada uno de los casos de análisis se determinan los indicadores clave de desempeño asociados. De forma general se da seguimiento a los siguientes indicadores:

5.3 Revisión de análisis

Para que las recomendaciones de RCM2 se mantengan vigentes a lo largo del tiempo, es necesario revisar los análisis. Se recomienda revisar, al menos anualmente, los análisis y realizar las modificaciones en cualquiera de las siguientes condiciones:

- Se han presentado modos de falla que no fueron considerados en el análisis o como consecuencia de una frecuencia de la tarea inadecuada. Esta revisión no debe esperar a que se cumpla un año de la implementación, al contrario, se debe detonar una revisión del análisis tan pronto se observe en los indicadores de seguimiento que no se logra el desempeño deseado.
- Ha cambiado el contexto operacional. Por ejemplo, un cambio en la legislación puede obligar a introducir funciones adicionales o a revisar las tareas con criterios de “merecer la pena” más estrictos.
- Se han hecho cambios en el diseño que introducen nuevas funciones a mantener. Ya sea derivados de proyectos de mejora continua, innovación y creatividad y los propios rediseños sugeridos por el grupo de análisis.

6. CONCLUSIONES

RCM2 es uno de los más rigurosos procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad existentes en el mundo, y ha tenido gran aceptación en la industria manufacturera debido a que su aplicación proporciona elementos para establecer estrategias de mantenimiento que responden a las expectativas que los negocios tienen hoy sobre la función mantenimiento.

Se logró generar los planes de mantenimiento para la Embotelladora línea 4 de la planta de barranquilla. Sus respectivos análisis de modos de fallas y las estrategias de mantenimiento requeridas para lograr armonizar estas estrategias con las directivas actuales de la empresa y la gerencia de mantenimiento.

La aplicación de la metodología permite establecer un estándar más acertado en la realización de un plan de mantenimiento completo para un equipo. El proceso de cambio cultural dentro de la organización para estos programas es difícil y se necesita un esfuerzo extra para las directivas, desarrollo y un reto para los Gerentes de Mantenimiento interesados en los resultados que arroja esta metodología.

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.

Se ha logrado una mejor relación, comunicación y ejecución de las tareas con el personal técnico, minimizando de esta manera las brecha existente entre las dos áreas y encaminarnos más a los estándares de clase mundial.

BIBLIOGRAFIA

BELTRAN FARFAN, Fernando. Implementación de un programa de mantenimiento en sap basado en la metodología de rcm para una máquina lavadora de botellas, UIS, Trabajo de Grado, 2009.

BLISCHKE, Wallace y MURTHY, Prabhakar, Case Studies in Reliability and Maintenance. Wiley, 2003.

Coca-Cola FEMSA; Sistemas Homologados Gerencia de Desarrollo de Procesos,. 2004

Coca-Cola FEMSA; Manual SAD Gerencia de Desarrollo de Procesos,. 2004

DUFFUAA, Salih y DIXON, John, Sistemas de Mantenimiento: Planificación y Control, LIMUSA WILEY, 2000.

GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, FC Editorial, 2005.

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004.

MOUBRAY. John. Reliability - Centered Maintenance RCM II. New York: Industrial Press Inc. 1997.421 p


NOWLAN, Stanley y HEAP, Howard, Reability Centered Maintenance, Braun Brumfield Inc. 2003.

SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc. 1999. 30p.

SAE JA1012. A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. Society of Automotive Engineers, Inc. 2002. 57p.

ANEXOS

ANEXO A. TABLAS AMEF

		DIRECCIÓN DE CADENA DE SUMINISTRO COLOMBIA PLANTA COATEPEC HOJA DE INFORMACIÓN		
Fecha:	Caso: MONOBLOCK DE LLENADO BLUESTAR 2000. LINEA 4	Miembros del Equipo:		
Revisión: 0	Sistema: LLENADORA	Realizado por: Facilitador RCM2	Revisado por: Coord. Ing. Staff GSM	Aprobado por: Gte. Mantenimiento e Ing.
FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (CAUSA DE LA FALLA)		EFECTO (CONSECUENCIA DE LA FALLA)
1 Llenar botellas a una velocidad de 12000, 18000 o 24000 BPH de acuerdo con la presentación, con un contenido neto de 1 l, 2 l o 2.5 l con tolerancia de +/- 1.5%, y una desviación máxima respecto al patrón de +/- 0.15 volúmenes de carbonatación.	A No llena todas las botellas	1	Falta botella	Se analiza por separado sistema de manejo de botella HI-LLENADORSIM017-MAN-00
		2	Falta energía eléctrica	Se analiza por separado sistema de suministro de energía eléctrica
		3	Falta producto	Se analiza por separado sistema de preparación de bebida.
		4	Falta aire comprimido	Se analiza por separado sistema de suministro de aire comprimido
		5	No existe nivel de producto en el tanque	Ver fallo funcional 7A, 7B
		6	Regulador de presión de aire de pistones ajustado por debajo de 3 kg/cm2.	Cuando la presión de aire de los pistones está ajustada por debajo de 3 Kg.cm2 no sella la botella con la copa centradora ocasionando fuga de producto o producto desnivelado, el operador se da cuenta de esto y sube la presión entre 4 a 4.5Kg/cm2. Tiempo de falla 5 min.
		7	Botella con verticalidad no adecuada	Se analiza por separado sistema de manejo de botella HI-LLENADORSIM017-MAN-00
		8	No abren las válvulas de llenado	Ver fallo funcional 3A
		9	Entrega de botellas mal sincronizada	Se analiza por separado sistema de manejo de botella HI-LLENADORSIM036-MAN-00

			10	Falta transmisión de movimiento a la llenadora	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
			11	Sensor de leva 1 de rodajas de pistones mal ajustado	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
			12	Freno de motor de leva 1 de rodajas de pistones desajustado	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
			13	Falta transmisión de movimiento en estrellas de transferencia de botella o enjuagador	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
			14	Motor de cama 1 dañado.	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
			15	Nudo universal de eje de acoplamiento de motor de leva de rodajas 1 dañado.	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
			16	Nudo universal de flecha de retransmisión de acoplamiento entre flecha de leva de rodajas 1 dañado.	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
			17	Mariposa del accionamiento de valvulas de llenado caída.	Este modo de falla sucede cuando se cae la mariposa del operador de la valvula de llenado y el operador se percata de que la botella no es llenada observa el contorno de la valvula y ve que no tiene la mariposa, por lo que pide apoyo al técnico de mantenimiento el cual repara al falla en 5 min. No se requiere de vaciar el tanque de producto para dicha reparación.
			18	Pistón abre valvulas mal ajustado	Este modo de falla únicamente se presenta después de un mantenimiento o de una intervención en el cual el pistón de apertura de válvula no queda a la altura correcta lo que provoca que los mandos de apertura (mariposas) no abran y las botellas salgan vacías. El operador se percata de que las botellas salen vacías y el equipo se detiene por acumulación en la mesa de rechazo. Le avisa a mantenimiento. El técnico de mantenimiento ajusta el pistón en un tiempo de paro total de 15 min.
			19	Husillo del reductor de elevacion de leva de rodajas 1 dañado	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
			20	Base de copa centradora caída por tornillos degollados.	Este modo de falla sucede cuando se cae la base de la copa centradora por tonillos capados debido a la fatiga y el operador se apercata de que la botella sale vacia, por lo que pide apoyo al técnico de mantenimiento el cual

				<p>diagnostica la falla. Vacía el tazón de la llenadora e instala la válvula de repuesto, debidamente saneada, en caso de tenerla disponible tomando un tiempo de 20 min. Si no se tiene la válvula disponible la repara en 30 min. Por lo que es importante tener una válvula de repuesto. No se requiere de vaciar el tanque de producto para dicha reparación.</p>
B	No llena algunas botellas	1	Entrega de botellas con verticalidad no adecuada	Se analiza por separado sistema de manejo de botella HI-LLENADORSIM036-MAN-00
		2	Empaque de copa centradora desgastado	El empaque de la copa centradora se desgasta gradualmente por la presión de la botella contra la misma, así como por los saneamientos, hasta que se marca en el contorno de la boca de la botella y se pierde la hermeticidad saliendo el producto por el exterior de la boquilla de la botella. Las botellas pueden ser llenadas con bajo nivel o dejadas vacías dependiendo del grado de desgaste. El operador se percata de que en cada vuelta de la llenadora la misma o diferente válvula dejan la botella vacía o semillena. Da aviso a mantenimiento y diagnostica la falla. Cambia el empaque de la válvula detectada en 5 min./válvula. Programa su cambio total en un paro programado de mantenimiento.
		3	Presión de los pistones de las válvulas se ajusta arriba de 4,5 kg/cm2	El poste centrador se daña si la presión de los pistones de las válvulas se ajusta arriba de 4.5 kg/cm2 la presión de las botellas contra las copas centradoras es excesiva, provocando fatiga del material de los postes del columpio hasta la rotura. En la válvula con el poste dañado, la botella entra de forma inclinada, lo que no permite tener hermeticidad y no se igualan las presiones del tanque con la botella. La válvula de producto no abre, quedando la botella vacía. El operador se percata de que en cada vuelta de la llenadora la misma válvula deja la botella vacía y para el equipo. Da aviso a mantenimiento. El técnico diagnostica la falla y cambia el columpio en 20 min. La caída del centrador por exceso de presión puede provocar los siguientes daños: daños en guías de estrella de entrada y/o salida de llenadora, daños en guías de estrella de capsulador, daños en cabezales de capsulador. De igual forma se pueden dañar las bases de los seguidores de leva de las válvulas, seguidores de leva, camisas de

			válvulas y las staffa guida. Llegando a generar un paro de hasta 12 hrs para reparar los daños.
		4	<p>Fatiga del material de los postes del centrador (stud) por uso normal.</p> <p>El material de los postes del centrador sufre esfuerzos mecánicos de tensión de forma cíclica, fatigándose gradualmente hasta llegar a la ruptura en su punto más débil (cuerda de fijación). En la válvula con el poste dañado, la botella entra de forma inclinada, lo que no permite tener hermeticidad y no se igualan las presiones del tanque con la botella. La válvula de producto abre, quedando la botella vacía. El operador se percata de que en cada vuelta de la llenadora la misma válvula deja la botella vacía y para el equipo. Da aviso a mantenimiento. El técnico diagnostica la falla y cambia el poste en 20 min. La caída de centradores por exceso de presión puede provocar los siguientes daños: daños en guías de estrella de entrada y/o salida de llenadora, daños en guías de estrella de capsulador, daños en cabezales llegando a generar un paro de hasta 12 hrs para reparar los daños.</p>
		5	<p>Perno de mariposa del módulo de apertura de válvula de llenado montado al revés.</p> <p>Este modo de falla se presenta después de una intervención de mantenimiento en la que se haya desensamblado la válvula y haya quedado mal armada. Al estar el perno con la cara contraria de apertura, la válvula de llenado no abre aunque exteriormente se haya accionado la mariposa. No hay paso de presión del tanque hacia la botella por lo que la válvula de producto queda cerrada y la botella sale vacía. El operador se percata de que en cada vuelta de la llenadora la misma válvula deja la botella vacía y para el equipo. Da aviso a mantenimiento. El técnico diagnostica la falla y acomoda el perno cuadrado de la válvula de llenado con un tiempo total de paro de 10 min.</p>

		mantenimiento. El técnico diagnostica la falla y cambia la válvula en 20 minutos de tener disponible una válvula en reserva. De lo contrario, bajar la válvula y colocar el O'ring en la posición correcta requiere un paro de 30 min.
11	U'cups de pistón elevador desgastado	Al desgastarse con el uso normal los U'cups del pistón elevador, el pistón no tiene la suficiente fuerza para sellar herméticamente la boca de la botella contra la copa centradora. No se iguala la presión entre el tanque y la botella, por lo que no se abre la válvula de producto y la botella sale vacía. El operador se percata de que en cada vuelta de la llenadora la misma válvula deja la botella vacía y para el equipo. Da aviso a mantenimiento. El técnico diagnostica la falla y cambia la válvula en 15 minutos de tener disponible una válvula en reserva. De lo contrario, se requiere un tiempo de paro de 30 minutos para bajar la válvula y cambiar los dos u'cups.
12	Botella defectuosa (punto de inyección en botella abierto)	Al estar abierta la botella por el punto de inyección, no se igualan las presiones del tanque y botella, por lo que no se lleva a cabo el llenado. El Operador de Llenadora da aviso al Operador de Mixer o al Asesor de Calidad. Solicitan el cambio de lote de envase. Tiempo de paro de 40 min. Personal de ENVASES UNIVERSALES verifica el producto una vez envasado, después del cambio de lote.
13	Buje en poste de centrador (Conexión Bushing) desgastado	El pistón lleva la botella a hacer contacto con la copa centradora corriendo por dos postes. En cada uno de ellos hay un buje. Normalmente los dos bujes se desgastan a la par. Cuando los bujes están desgastados, ocasionan un mal centrado de la botella con respecto a la copa centradora. No se tiene un sello hermético que permita igualar la presión del tanque con la botella por lo que la válvula de producto no abre. El operador se percata de la anomalía y da aviso a mantenimiento. El técnico diagnostica la falla y cambia los bujes en 15 min.
14	Guías de cuello dañada por estrella de entrada desalineada	Se analiza por separado sistema de manejo de botella HI-LLENADORSIM036-MAN-00
15	Tornillos de copa centradora fatigado	Ver modo de falla 1A20.

			21	Soporte de centrador del pistón de la válvula de llenado (Staffa Guida) dañado	El soporte del centrador en pistón de la válvula de llenado se dobla por que en ocasiones hay desincronizaciones y la botella a esta pieza. Al dañarse el soporte la botella no es sujeta verticalmente ocasionando que no selle. El operador se da cuenta de que la misma válvula llena a medias la botella, para el equipo, diagnostica la falla y cambia el centrador. El tiempo de paro total es de 20 min.
C	Llena botellas con un volumen de carbonatación menor a - 0.25 con respecto al patrón de 4.15 volum. Dependiendo del producto.	1	Falta aire comprimido por un tiempo mayor 30 minutos durante producción	Se analiza por separado sistema de suministro de aire comprimido	
		2	Falla en refrigeración	Se analiza por separado sistema de refrigeración.	
		3	Tanque de producto (Tazón) sin presurizar	Este se presenta después de un arranque de producción en el que el operador olvida realizar la presurización del tanque de producto y se alimenta el producto desde la modulante haciendo que se descarbonate. Llena una botellas, el operador de Mixer las verifica y detecta que esta baja la carbonatación. Avisa al operador de llenado, éste para el equipo derramando el producto del tanque, teniendo que presurizar y cargar nuevamente. El tiempo de paro total es de 20 min. Se desperdición 50 lits de bebida.	
		4	Falta transmisión por un tiempo mayor de 30 minutos durante producción.	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00	
		5	Producto fuera de especificación descarbonatado	Se analiza por aparte Sistema de Mezcla	
D	Llena botellas con un contenido neto mayor.	1	Tubo de venteo equivocado a la presentación a trabajar con un largo menor al requerido.	Al realizar el cambio de presentación, por error no se cambian o se colocan otros tubos de ventila de diferente presentación mas cortos. El operador se percata de la anomalía debido al alto nivel de llenado el cual no puede controlar moviendo la contrapresión lo cual para el equipo y pide apoyo al técnico de mantenimiento, el cual valida que los tubos no son adecuados para la presentación a producir. Se procede a cambiar tubos de ventila y como medidas preventivas para garantizar la inocuidad del producto se usan guantes de látex en la instalación. El tiempo total del cambio 30 min. por lo que solo se enjuaga y se inicia nuevamente la producción.	

			2	Fuga en el block snift por falta de empaques	Este modo de falla solo se presenta en un mantenimiento de cambio de kits a válvulas de llenado. Por lo que al iniciar el proceso de llenado el operador se percata de que el ciclo de descompresión no se realiza adecuadamente por fuga de aire por los empaques del módulo de sniff, la botella se sobrellena. El operador se percata de la anomalía, da aviso a mantenimiento y se diagnostica la falla y cambia la válvula de llenado con un tiempo de paro 20 min cuando se tiene la válvula de reserva reparada. En caso de no contar con una, baja la válvula y repone los empaques olvidados con un tiempo de paro total de 30 min.
			3	Empaque de copa centradora desgastado	Ver modo de falla 1B2
			4	Setpoint de nivel mal ajustado con respecto a la presentación.	Ver modo de falla 7A9.
			5	Presión de tazón menor a 4 kg/cm2	Este modo de falla se presenta cuando el operador requiere de controlar el nivel de llenado a la baja, por lo que disminuye la presión del tanque de producto tal que no logra hacer el control de nivel, por lo que las botellas salen por debajo de la norma. El operador hacer los ajustes a la presión de trabajo de 4 a 4.5 kgs/cm2. por lo que logra mantener el nivel de llenado. Tiempo de paro por bajo nivel en botellas 5 min.
			6	Perno de cierre de válvulas para 2 litros activado. Para presentación de 1 litro.	Este modo de falla se presenta únicamente cuando hay cambio de presentación y al iniciar el proceso de llenado sólo en 1 lt. el operador se percata de que están saliendo botellas con alto nivel por lo que avisa al técnico para que evalúe la causa, el técnico identifica que el perno para un litro que da el cierre de la válvula, está desactivado valida que la pista de desfogue este activada y desactiva manualmente el perno del cierre de valvulas de 2 lts. y valida que las pistas de desfogue esten desactivadas, el tiempo de revisión y activación manual es de 20 min.
E	Llena botellas con un contenido neto menor		1	Tubo de venteo equivocado a la presentación a trabajar con un largo mayor al requerido.	Al realizar el cambio de presentación, por error no se cambian o se colocan otros tubos de ventila de diferente presentación mas largos. El operador se percata de la anomalía debido al bajo nivel de llenado el cual no puede controlar moviendo la contrapresión lo cual para el equipo y pide apoyo al tecnico de mantenimiento, el cual valida que los tubos no son adecuados para la presentación a producir. se procede a cambiar

		tubos de ventila y como medidas preventivas para garantizar la inocuidad del producto se usan guantes de látex en la instalación. El tiempo total del cambio 30 min. por lo que solo se enjuaga y se inicia nuevamente la aproducción.
2	Falta de empaque orin'g del tubo de ventila (posición 07)	El O´ring se encuentra fuera de su posición en el tubo de venteo. El operador se percata del bajo nivel de llenado, al observar el funcionamiento de la válvula en falla, el producto no se vacía bien en el envase, provocando que salgan con bajo nivel de llenado, se diagnostica la falla. Colocando correctamente el O´ring, considerando la medidas preventivas para garantizar la inocuidad del producto usando guantes de látex. Tiempo de reposición del orin'g es de 5 min.
3	Falta de deflectores (esparcidores).	El deflector no se encuentra en el tubo de venteo. El operador se percata del bajo nivel de llenado, al observar el funcionamiento de la válvula en falla, el producto no se esparce por las paredes del envase, cayendo en forma directa al envase y generando turbulencia y por consiguiente un bajo nivel de llenado, se diagnostica la falla y se coloca el deflector faltante en posición correcta, saneado considerando la medidas preventivas para garantizar la inocuidad del producto usando guantes de látex. Tiempo de paro 5 min. Se segrega el producto que salió en la última media hora para buscar deflector en las botellas; después de que ya fué empacado.
4	Deflectores en mala posición.	El deflector por malos ajustes de los cambios de presentacion se recorre de lugar ubicado. El operador se percata del bajo nivel de llenado, al observar el funcionamiento de la válvula en falla, el producto no se esparce por las paredes del envase, cayendo en forma directa al envase y generando turbulencia y por consiguiente un bajo nivel de llenado, se diagnostica la falla y se cambia el deflector, colocándolo en posición correcta saneado considerando la medidas preventivas para garantizar la inocuidad del producto usando guantes de látex. Tiempo de paro 5 min.
5	Botella deforme	Se analiza por separado en sistema de suministro de botella
6	Empaque de copa centradora desgastado	Ver modo de falla 1B2

			11	Fuga en valvula de descompresion por resorte de cierre roto (resorte de punta snift)	Al terminar el llenado de la botella, continúa un ciclo de descompresión, si este no se realiza adecuadamente por fuga de aire en la zona de los empaques de las válvulas de descompresión, la siguiente botella saldría desnivelada. El operador se percata de la anomalía, da aviso a mantenimiento y se diagnostica la falla. Sustituye el resorte de cierre de la punta snift. Tiempo total de paro 5 min.
			12	Desfogue de la válvula de descompresión con agujero obstruido.	Al terminar el llenado de la botella se observa burbujeo, debido a que la boquilla de descompresión tienen el opresor (tornillo prisionero) central obstruido. Ocasionando que los gases que se encuentran todavía presentes en el cuello de la botella, no puedan ser descargados y al momento de entregar la botella a la estrella de salida se observa un espumeo excesivo. El operador para el equipo avisa a mantenimiento para la evaluación y corrección de la falla, se retira el opresor y se realiza su limpieza 10 minutos.
			13	Falta de opresor central en boquilla de descompresión.	Este modo de fallo sucede despues de un mantenimiento preventivo el cual el técnico olvida colocar el opresor (tornillo prisionero) de la boquillas de descompresión. Al iniciar el llenado de la botella se observa burbujeo, debido a la ausencia de opresor central en la boquilla de descompresión ocasionando que los gases que se encuentran presentes en el cuello de la botella, se liberen bruscamente y se genera turbulencia en la bebida y al momento de entregar la botella a la estrella de salida se observa un espumeo excesivo, esta falla generalmente comienza con boquilla de descompresión con agujero obstruido y en ocasiones para resolver este problema se retira el opresor central de la boquilla, pero en ese momento la basura con la que esta obstruido hace las funciones del opresor y con el tiempo la obstrucción es expulsada y entonces se genera esta falla. El operador para el equipo avisa a mantenimiento para la evaluación y corrección de la falla, se coloca un opresor en buenas condiciones en 10 minutos.
			14	Temperatura alta de producto arriba de 10 °C.	Se analiza por aparte Sistema de Mezcla

		nivel bajo en tazón. Comienza a salir envase sin nivel (en el caso de que esté en manual el selector de entrada de envase). El operador se percata del problema de llenado y para el equipo. Diagnostica la falla y abre la válvula. Tiempo de paro 10 minutos.
19	Regulador piloteado y silenciador de desfogue pegado con partículas de producto.	Este modo de falla puede presentarse por el uso prolongado del monoblock el cual no se tiene tiempo disponible para realizar limpieza de este sistema de desfogue. El regulador piloteado (regulador esclavo) junto con su silenciador se obstruyen con residuos de jarabe. Al obstruirse, la presión del tanque se sale de control subiendo hasta la presión de la red de suministro, lo que no permite que entre el producto del mezclador al tanque de la llenadora por lo que comienza a salir todo el producto desnivelado. El operador se percata del problema de llenado y para el equipo. Da aviso a mantenimiento, quien diagnostica la falla, desmonta la válvula y se limpia, tomando 40 minutos. El operador puede hacer un arreglo alternativo validando que puede posponerse el lavado hasta un cambio de producto.
20	Regulador de presión de aire para pistones dañado	Cuando la presión de aire de los pistones está ajustada por debajo de 3 Kg.cm ² no sella la botella con la copa centradora ocasionando fuga de producto o producto desnivelado, el operador se da cuenta de esto e intenta subir la presión entre 4 a 4.5Kg/cm ² , pero no es posible. Se da aviso al técnico mecánico el cual procede a sustituir el regulador. Tiempo de falla 30 min.
21	Fuga por retenes dañados en colector central	Debido al desgaste normal de los retenes del distribuidor central cuando inicia su falla de no sellar, se puede observar una fuga por orificios perfectamente bien ubicados lo cual es señal de que están fallando estos retenes, con este indicador las fugas descompensan la presión del tanque de producto, el operador se percata que las botellas salen desniveladas. Para el equipo y avisa a mantenimiento. El técnico diagnostica la falla y cambia los empaques en un tiempo de 4 horas en caso de contar con ellos. En caso contrario se realiza una reparación provisional y se programa el cambio que será de acuerdo al tiempo de entrega que aproximadamente es de 18 semanas.

F	Llena botellas a una velocidad menor de 12000, 18000 o 24000 BPH con producto según la presentación.	1	Válvula modulante de entrada al tanque no sella en operación 100% cerrada.	Ver modo de falla 7B1.
		2	Setpoint de controlador de nivel ajustado arriba del máximo para cada presentación.	Ver modo de falla 7B2.
		3	Controlador de nivel dañado	Ver modo de falla 7A10.
		4	Rodamiento central dañado.	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
		5	Temperatura alta de producto arriba de 10 °C.	Ver modo de falla 1E14
		6	Bandas de transmisión se patina.	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
		7	Variador de velocidad no responde al ajuste de velocidad.	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
		8	Menú de velocidades por presentación mal seleccionado.	Al incrementar la velocidad en panel view de llenadora, se observa en la misma que la velocidad no puede llegar a la nominal según presentación. El operador revisa la presentación seleccionada panel view y encuentra una selección de velocidad errónea, por lo que realiza la selección de la presentación adecuada en panel view. El tiempo de paro total es de 5 minutos.
		9	Panel view de llenadora dañado	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
H	Llena botellas a una velocidad mayor de 12000, 18000 o 24000 BPH con producto según la presentación.	1	Variador de velocidad desajustado por arriba del set point de velocidad.	Se analiza por separado sistema de transmisión HI-LLENADORSIM036-TRA-00
I	Llena botellas con un volumen de carbonatación mayor a + 0.45 con respecto al patrón	1	Producto fuera de especificación sobrecarbonatado	Ver modo de falla 1C5

ANEXO B. PLAN DE MANTENIMIENTO



**DIRECCIÓN DE CADENA DE SUMINISTRO COLOMBIA
PLANTA BARRANQUILLA
HOJA DE DECISIÓN**

			Realizado por:				Revisado por:				Aprobado por:								
			Facilitador RCM2				Coord. Ing. Staff GSM				Gte. Mantto.								
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			clave	Tareas Propuestas (Texto largo SAP-PM)	Frecuencia inicial	A realizar por	Tiempo de ejecución	Refacciones	Descripción Clave de Modelo (SAP-PM)
F	F	F	H	S	E	O	O	O	H4	H5	S4								
1	A	1											A	Se analiza por separado. Sistema de manejo de botella HILLENADORSI M036-MAN-00					
1	A	2											A	Se analiza por separado. Sistema de suministro de energía eléctrica					

1	A	3													A	Se analiza por separado. Sistema de preparación de bebida.						
1	A	4													A	Se analiza por separado. Sistema de suministro de aire comprimido						
1	A	5													D	Ver fallo funcional 7A, 7B						
1	A	6	S	N	N	S	N	N	N						P	Ningún mantenimiento preventivo. Apego a Tabla de Control de Lavado y Enjuague de envase aseguramiento de calidad TC-AC-003	por evento	Operador	30 min		NA	NA
1	A	7													A	Se analiza por separado. Sistema de manejo de botella HI-LLENADORSI M036-MAN-00						
1	A	8													D	Ver fallo funcional 3A						
1	A	9													A	Se analiza por separado. Sistema de manejo de botella HI-LLENADORSI M036-MAN-00						
1	A	10													A	Se analiza por separado. Sistema de transmisión HI-LLENADORSI						

1	A	17	S	N	N	S	N	N	N					S	Ningún mantenimiento preventivo. Mantener en stock de almacén Max. 4 Min. 2 Pza Estrella apertura Llen SZI VXZ014 No. SAP 12000057383 Mantener en almacén TORNILLO HEXAGONAL INOX6x10 No. SAP 12000086018 Loctite rojo # 26231 No. SAP 12000031796	NA	ALMACENISTA	NA	Estrella apertura Llen SZI VXZ014. SAP 12000057383 Mantener en almacén TORNILLO HEXAGONAL INOX6x10. SAP 12000086018 Loctite rojo # 26231 SAP 12000031796	
1	A	18	S	N	N	S	N	N	N					RS	Ningún mantenimiento preventivo. Rediseño sugerido. Colocar marca de trabajo de posición de pistón abre valvulas.	Inmediato	Técnico Preventivo	30 MIN	NA	NA
1	A	19												A	Se analiza por separado. Sistema de transmisión HI-LLENADORSI M036-TRA-00					
1	A	20	S	N	N	S	N	N	N					S	Ningún mantenimiento preventivo. Mantener en stock de almacén. 1 Pza. base de copa centradora.	NA	ALMACENISTA	NA	1 Pza. Copa centradora. No. SAP 120000XXXXX alta en trámite. 10 Pza Tornillo cabeza cónica 4 X 8 mm.	

1	B	4	N					N	N	N	S			BF	Tarea busqueda de fallas. Inspeccionar semanalmente que no esten quebradas las cuerdas de los studs. Mantener en almacen Min. 8 Max.12 studs 12000026881	150 HRS	Tecnico de preventivo	30 min.		studs SAP 12000026881	
1	B	5	S	N	N	S		N	N	N				C	Ningún mantenimiento preventivo. Capacitacion al operadores en mantenimiento a válvulas de llenado y en armado de válvulas.	ANUAL	Operador	1 HR		NA	NA
1	B	6	N					N	N	S				PV	Tarea de sustitución ciclica. El disparador de cambio se presenta cuando hay fallas en varias valvulas.y/o por horas trabajadas (horometro). El cambio total de los empaques ,(incluidas en el kit de reparación) Mantener en stock de almacen Max. 20 Min. 10 Oring no.13000103w 004	4800 HRS	Técnico de preventivo	12 HRS/4 personas		Guarniciones.(incluidas en el kit de reparación) SAP: 12000035612 O'rings 13000103w004. SAP 12000029223	

1	B	7	N				N	N	N	S			PD	Tarea a condición. Revisar apriete de tornillos del soporte del operador. Mantener en stock de almacén Max. 10 Min. 4. Supporto perno 500015297. No. SAP 12000025697	150 HRS	Tecnico de preventivo	30 min.	12000025697
1	B	8	N				N	N	N	S			BF	Tarea búsqueda de fallas. Revisar apriete de tornillos del operador colocarle fijador para tornillos. Incluir en rutina SAP. Mantener en almacén TORNILLO HEXAGONAL INOX6x10. No. SAP 12000086018 Fijador para tornillos Loctite rojo # 26231 No. SAP 12000031796	1800 HRS	Técnico de preventivo	1 HR	12000086018 12000031796
1	B	9	N				N	N	S				PV	Tarea de sustitución cíclica. Realizar verificaciones de desgaste comparados contra un escantillon, el desgaste de verá reflejado	4800 HRS	Técnico de preventivo	12 HRS	Estrella apertura Lien SZI VXZ014 mariposas. SAP 12000057383

1	B	1 1	N					N	N	S				PV	Tarea de sustitución ciclica. El disparador de cambio se presenta cuando hay fallas en varias valvulas.y/o por horas trabajadas (horometro). El cambio total de los u'cups.(incluidas en el kit de reparación). Tener en almacen Min. 4 Max. 10 U cup's Empaquetadura GZY061(Interior) Empaquetadura GDE951 (Exterior)	3600 HRS	Tecnico de preventivo	24 HRS/4 personas	U'cups.(incluidas en el kit de reparación). SAP 12000035612 Empaquetadura GZY061(Interior). SAP 12000025707 Empaquetadura GDE951 (Exterior). SAP 12000025709	
1	B	1 2	S	N	N	S	N	N	N					C	Ningún mantenimiento preventivo. Difundir procedimiento de verificación de envase no retornable a operadores. Toma de decisiones.	ANUAL	Asesor de Calidad	1 HR	NA	NA
1	B	1 3	N					N	N	S				PV	Tarea de sustitución ciclica. El disparador de cambio se presenta cuando hay fallas en varias	4800 HRS	Técnico de preventivo	8 HRS	Conexión Bushing SZI 513802581. SAP 12000025705	

1	B	18	S	N	N	S	N	N	S					PV	Tarea de sustitución cíclica. Cambio de buje de horquilla abremariposas. Buje Llen SZI 500002504	4800 HRS	Técnico Preventivo	3 HRS	Buje Llen SZI 500002504 SAP 12000057708
1	B	19	S	N	N	S	N	N	S					PV	Tarea de sustitución cíclica. El disparador de cambio se presenta cuando hay fallas en varias valvulas.y/o por horas trabajadas (horómetro). Realizar el cambio total de los Rubi Rollo. No. SAP 12000029016. Tener en almacen Min. 6 Max. 10 Rubi Rollo No. SAP 12000029016.	7200 HRS	Técnico Preventivo	12 HRS	Realizar el cambio total de los Rubi Rollo. SAP 12000029016.
1	B	20												D	Ver modo de falla 1B12.				
1	B	21	S	N	N	S	N	N	N					S	Ningún mantenimiento preventivo. Mantener en stock Min. 6 Max. 10 Pza. Soportes del centrador de pistón: Staffa guida 500032178. Staffa guida 500032153.				Staffa guida 500032178 SAP 12000025704 Staffa guida 500032153. SAP 12000025703

1	C	1												A	Se analiza por separado. Sistema de suministro de aire comprimido						
1	C	2												A	Se analiza por separado. Sistema de refrigeración.						
1	C	3	S	N	N	S	N	N	N					C	Ningún mantenimiento preventivo. Apego a instrucción de trabajo de operación de llenadora y/capacitación sobre embotellado.	ANUAL	ASESOR SAD	1 HR		NA	NA
1	C	4												A	Se analiza por separado. Sistema de transmisión HJ-LLENADORSI M036-TRA-00						
1	C	5												A	Se analiza por separado. Sistema de Mezcla						
1	D	1	S	N	N	S	N	N	N					CK	Ningún mantenimiento preventivo. Realizar checklist de cambio de formato indicando longitud de cañas por presentación e identificar cajas para la correcta colocación de tubos de venteo por	por evento	operador	10 min.		na	NA

1	E	1	S	N	N	S	N	N	N				CK	Ningún mantenimiento preventivo. Realizar check-list de cambio de formato indicando longitud de cañas por presentación e Identificar cajas para la correcta colocación de tubos de venteo por medida.	por evento	operador	10 min.		
1	E	2	S	N	N	S	N	N	S				PV	Tarea de sustitución cíclica. Adicionar esta rutina a SAP de cambio de oring del tubo de ventila cada cambio de kit. Mantener en stock O'ring (O-ring GCB054)	4800 HRS	Técnico Preventivo	2 Hrs	O'ring (O-ring GCB054) No. SAP 12000027095	
1	E	3	S	N	N	S	N	N	N				S	Ningún mantenimiento preventivo. Mantener en almacen Max. 50 Min. 20 Pza. Deflector 40003482W00 4 Llen SZI GZY050	NA	ALMACENISTA	NA	Deflector 40003482W004 Llen SZI GZY050. SAP 12000068478.	NA
1	E	4	S	N	N	S	N	N	N				CK	Ningún mantenimiento preventivo. Realizar check-list de inspección	Cada cambio de formato	Operador llenadora	10 min.		

1	E	9	S	N	N	S	N	S						PV	Tarea de reacondicionamiento cíclico. Realizar inspección visual de espreas de lubricación de mariposas, en caso de detectar incrustaciones generar aviso en SAP para su limpieza.	semanal	tecnico de preventivo	10 min.	na
1	E	10	S	N	N	S	N	N	N					RS	Ningún mantenimiento preventivo. Rediseño sugerido: Conectar línea de lubricación después del filtro de agua tratada en acometida de enjuagador. Instalar control automático para que la lubricación sea dosificada y sólo se active si la llenadora se encuentra girando.	por evento	Proveedor externo	4 Hrs	servicio externo
1	E	11	S	N	N	S	N	N	S					CK	Ningún mantenimiento preventivo. Realizar checklist para validar que los resortes de los snifts estén completos, en caso de detectar	Antes y Después del saneamiento	Operador	30 min	Resorte Punta Snift (Resorte BWV681) SAP 12000031841

																resortes dañados dar aviso al MOL para generar una orden de cambio o reposición dado el caso. Mantener en stock los resortes de cierre de válvula de descompresión . Min.4 Max 8. Resorte Punta Snift (Resorte BWW681)				
1	E	1 2	S	N	N	S	N	N	N				S	Ningún mantenimiento preventivo. Mantener en stock 5 opresores de boquilla de descompresión . Opresor Al 4X6mm barreno 1mm.	NA	ALMACENISTA	NA	Opresor Al 4X6mm barreno 1mm. SAP 120000xxxxx		
1	E	1 3	S	N	N	S	N	N	N				S	Ningún mantenimiento preventivo. Mantener en stock 5 opresores de boquilla de descompresión . Opresor Al 4X6mm barreno 1mm.	NA	ALMACENISTA	NA	Opresor Al 4X6mm barreno 1mm. SAP 120000xxxxx		
1	E	1 4											A	Se analiza por separado. Sistema de Mezcla						

1	E	15	S	N	N	S	N	N	S					PV	Tarea de sustitución cíclica. Adicionar al programa de mantto. SAP el cambio de este inserto de pista. Capacitación en ajuste de levas de desfogue tanto técnicos como mecanicos. Perfil tipo t 50mm a55. No. SAP 12000026509	1800 HRS	Tecnico de preventivo	1 HR	Perfil tipo t 50mm a55. SAP 12000026509
1	E	16	S	N	N	S	N	N	N					C	Ningún mantenimiento preventivo. Capacitación para ajuste de pistas de desfogue Capacitacion en el diagnostico y solución de fallas operador.	ANUAL	OPERADOR	1 HR	NA
1	E	17	S	N	N	S	N	N	S					PV	Tarea de sustitución cíclica. Cambio de pulsador snift de llenado (Pulsador SZI 218017). No. SAP 12000026605.	7200 HRS	Tecnico de preventivo	12 HRS	12000026605
1	E	18	S	N	N	S	N	N	N					C	Ningún mantenimiento preventivo. Capacitacion a tecnicos y operadores	ANUAL	Técnico Preventivo	1 HR	NA

