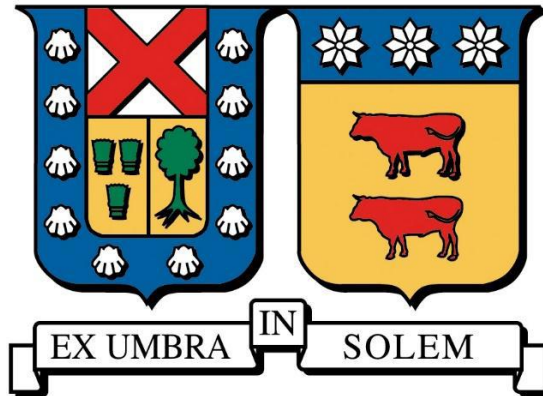


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, VALPARAÍSO - CHILE



MEJORA DE DISEÑO SUBSISTEMA Y COMPONENTES CRÍTICOS EN LÍNEA
DE LLENADO DE ENVASES DE VIDRIO EN PLANTA EMBOTELLADORA
DE GASEOSAS DE LA REGIÓN DE VALPARAÍSO.

TRABAJO DE TÍTULO PRESENTADO POR
TOMÁS SALVADOR ARANCIBIA PARRA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA: DR. ING. PEDRO SARIEGO P.

PROFESOR CORREFERENTE: ING. RAFAEL MENA Y.

NOVIEMBRE 2016

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradecer a la mejor familia, mi padre Juan Arancibia, mi madre Jessica Parra y mis hermanas Gabriela y Ángela, que con su incondicionalidad estuvieron apoyándome y ayudándome en cada momento de mi carrera.

Un agradecimiento especial para Don Eric Ramos, quien con su experiencia y buena voluntad me ayudo siempre dentro de la empresa Coca Cola Embonor y a mi amiga Allison Duarte Muñoz por su ayuda con el inglés (GW).

RESUMEN

En el presente trabajo se buscó definir subsistemas y componentes críticos de una línea de llenado de envases de vidrio con objeto de rediseñarlos, en esta perspectiva se analizaron los datos de la línea ubicada en la planta de Concón, perteneciente a la empresa Coca-Cola Embonor S.A. y se determinó la máquina que genera la mayor cantidad de tiempo perdido. Posteriormente se estudió las fallas que son más reiterativas y que inciden mayormente en el tiempo de detención, identificando el elemento específico que las produce, para finalmente proponer soluciones tanto técnico como económicamente factibles.

La planta embotelladora descrita posee cinco líneas productivas, dos de plástico desechable, una de plástico retornable, una de bidones y una línea de vidrio, que es la más antigua de la planta. Es precisamente en esta línea de vidrio donde se realizó el presente estudio.

En esta línea el deterioro de las máquinas y su utilización han alcanzado niveles críticos, llegando esta última a un promedio de 48% en el periodo de seis meses que contempló este trabajo. El análisis demostró que un alto índice de fallas, que se traducen en elevados tiempos de detención, son de tipo mecánicas. Por otra parte, es importante mencionar que en los hechos la empresa trabaja preferentemente en un enfoque de mantenimiento correctiva, teniendo como consecuencia un mayor desgaste de los componentes de cada máquina.

El estudio propuso, tres posibles soluciones; de las cuales se determinó que dos son las más viables. Una de ellas está asociada al tornillo sin fin de la máquina llenadora el cual tiene como función entregar con una separación predeterminada los envases vacíos listos para ser llenados; la solución consiste en el mejoramiento del acople que une este tornillo sin fin con el eje transmisor. La otra opción refiere al cambio de la línea productiva completa, debido a que ésta tiene una cantidad de años considerable, superando su vida útil, lo que genera una importante cantidad de fallas, muy baja utilización y gran cantidad de pérdidas. Es por este motivo que se sugirió la compra e instalación completa de una línea de vidrio nueva, la que se configuró a nivel conceptual y básico en el presente trabajo.

ABSTRACT

The aim of this work is to define subsystems and critical components of a glass bottle filling line to redesign them. In this sense, the work analyses the data of the line from the plant in Concón, which belongs to Coca-Cola Embonor S.A and it determined the machine that generates most of the time lost. Subsequently, it was studied the most repetitive failures that underscore detention time by identifying the element that causes them to finally propose technical and economic feasible solutions.

The described filling plant has five productive lines. Two of them are of disposable plastic, one of returnable plastic, one of drums and a glass line, which is the oldest of the plant. This study was done on the glass wine (also called line 2).

In this line, the machine damage and its use have reached critical levels. The usage of machines reached an average of 48% during this study of six months. The analysis showed that a high rate of failures, equivalent to high detention times, is mechanical. Moreover, it is important to highlight that the company preferably operates on a approach to corrective maintenance, which has as consequence a bigger deterioration of the components of each machine.

This study proposes three possible solutions but two of them were determined as more viable. One of them is associated to a worm screw of the filling machine which separates by default the empty bottles ready to be filled. The solution consists on the improvement of the coupling that connects the worn screw to the drive shaft. The other option is related to the change of the full productive line due to the fact that it has a considerable number of years that exceed its lifespan, which generates a large amount of failures, low utilization and huge loss. This is the reason why it was suggested to buy and install a new line of glass bottle filling that was set in a conceptual and basic level in this work.

ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN	1
II	OBJETIVOS	3
III	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO.....	4
	CAPITULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA (/7/)	5
1	Datos Generales	5
1.1	Reseña Histórica (/7/)	6
1.2	Estructura de la empresa (/1/)	7
	CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	10
2	Diagrama General del Proceso (/2/)	10
2.1	Recepción de Materias Primas	11
2.2	Tratamientos de Aguas.....	11
2.3	Preparación de jarabe simple	11
2.4	Preparación del jarabe terminado.....	12

2.5	Jarabe Bulk.....	12
2.6	Llenado de Cilindros de CO ₂	12
2.7	Proceso de Embotellado.....	12
2.7.1	Línea de Embotellado 1 (Meyer)	12
2.7.2	Línea de Embotellado 3 (One Way).....	15
2.7.3	Línea 4 Producción de Agua en Bidones Benedictino.....	17
2.7.4	Línea 5 Combi.....	18
2.7.5	Línea 2 o HK (/1/).....	20
CAPÍTULO 3: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA		33
3	Análisis de Datos de la Línea de Vidrio (/2;/ /3/)	33
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA		39
4	Análisis de Datos	39
4.1	Datos técnicos del tornillo sin fin	39
4.2	Soluciones	41

4.2.1	Volver al Sistema Original.....	41
4.2.2	Mejora del Sistema actual.	42
4.2.3	Renovación de toda la línea 2	43
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE SOLUCIONES		58
5	Matriz de Decisiones.....	58
5.1	Criterios.....	58
5.2	Análisis de la Matriz de Decisiones	59
IV CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....		62
BIBLIOGRAFÍA		64
ANEXOS		66
Anexo A Mail de cotización entregado por Ducasse Comercial Ltda.		66

I INTRODUCCIÓN

Es de público conocimiento que la industria nacional sufre desde hace década de bajos índices de productividad. Entre las causas se menciona reiteradamente la falta de mantenimiento, mala preparación del recurso humano, obsolescencia de equipos, ausencia de procedimientos.

Este esquema se repite empresa a empresa y es necesario que los profesionales de la ingeniería, como la mecánica, aporten en soluciones factibles de implementar para disminuir fallas, errores, costos y por consiguiente aumentar la productividad y competitividad de nuestras empresas.

El caso de las plantas de empresas transnacionales no escapa de este diagnóstico. Debido a su particular geografía, ha sido necesario instalar plantas embotelladoras a lo largo del país, entre las que se encuentra la planta ubicada en Concón, construida en 1997 perteneciente a Coca Cola Embonor S.A. (/7/)

En la actualidad, la industria requiere una constante actualización e implementación de mejoras para así poder competir y mantenerse en el mercado, por ello es de vital importancia el optimizar cada uno de los procesos productivos, agregándoles valor y haciéndolos lo más eficientes posible. De esta forma es necesario analizar cada uno de los procesos, determinando los elementos críticos y ordenándolos desde el más amplio hasta el más específico.

El estudio del sistema productivo de Coca Cola Embonor se realizó específicamente en la línea 2 de la planta, la cual es la encargada de la preparación de los envases de vidrio para el posterior embotellado de los diferentes sabores y formatos (273 cm³, 350 cm³ y 1000 cm³). El propósito fue encontrar él o los elementos críticos de la línea y entregar soluciones

factibles técnica y económicamente. Para esto se realizó un estudio que contempló seis meses de datos entregados por la Empresa, desde Octubre del 2015 hasta Enero del 2016, los cuales arrojaron una utilización de la línea de un 46% en promedio y un 54% de tiempos perdidos por diferentes motivos, siendo de los más recurrentes, las fallas mecánicas que, durante el semestre señalado, entregaron en promedio un 17% del tiempo perdido.

Se analizó con mayor profundidad los datos de las fallas mecánicas de la totalidad de las máquinas, determinándose que aquella que producía mayor cantidad de detenciones, generando como consecuencia mayores tiempos perdidos, era la llenadora. Finalmente y para entregar soluciones al elemento más crítico de la denominada línea de vidrio, se analizaron las fallas más comunes de la llenadora, determinando el elemento crítico de ésta, el cual resultó ser el tornillo sin fin de la máquina en cuestión, que cumple la función de entregar los envases ordenados y con la separación precisa para, posteriormente poder ser tomados y llenados.

El aumento de la productividad y la disminución de los tiempos perdidos al máximo posible, es el motivo del presente trabajo de título, distinguiendo los elementos críticos de cada línea productiva y dándoles prioridades a los elementos que provoquen más fallas y que tengan un mayor tiempo de detención, por lo que es necesario encontrar los problemas de fondo y entregar posibles soluciones.

II OBJETIVOS

El objetivo central del presente trabajo es:

- Analizar y encontrar el o los elementos críticos de la línea embotelladora de vidrio de Coca Cola Embonor y entregar posibles soluciones.

Los objetivos específicos que se establecen para obtener la meta señalada son:

- Definición de los subsistemas y componentes de la línea de embotellamiento de envases de vidrio.
- Establecimiento de los niveles de producción, tiempos de pérdida, análisis de tipos de falla característicos.
- Definición de fallas vitales asociadas a subsistemas y componentes.
- Rediseño de subsistema y componentes de interés. Memoria de cálculo, desarrollo de planos generales y desarrollo de planos específicos de fabricación.
- Análisis de costos y tiempos.

III DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

El siguiente esquema despliega el desarrollo de este trabajo según capítulos.

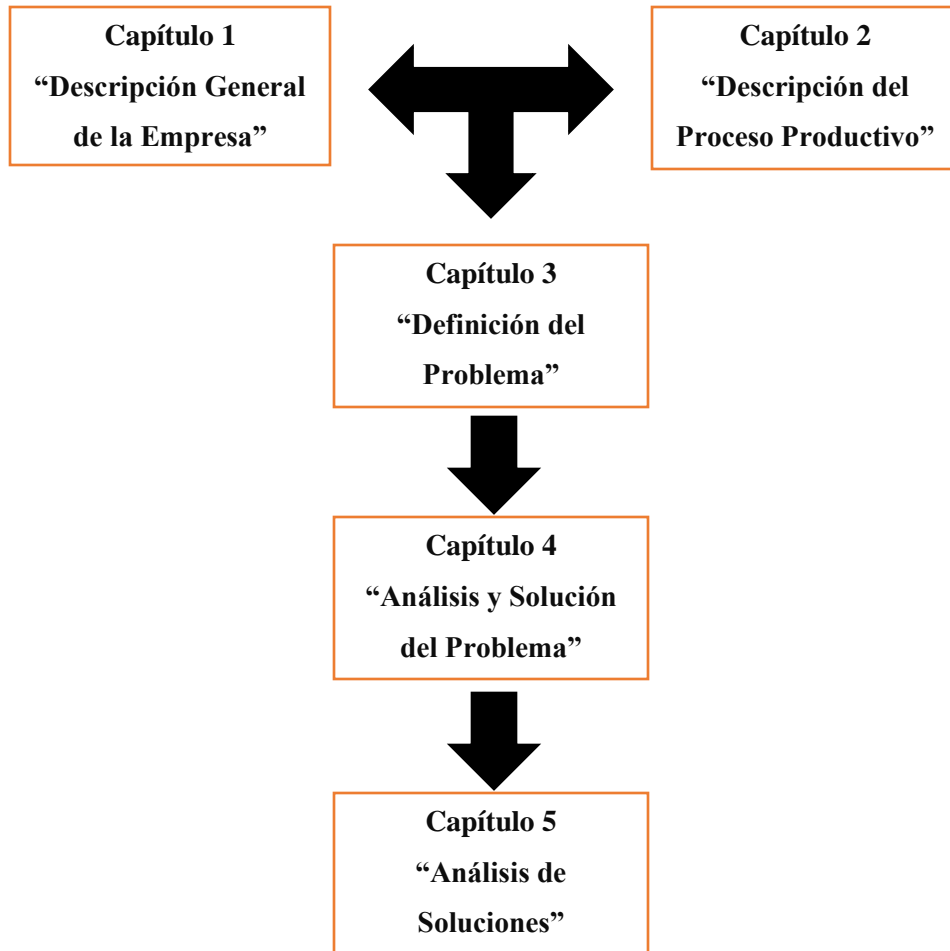


Figura 0.1 Descripción del Trabajo

CAPITULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA (/7/)

1 Datos Generales

La empresa Coca-Cola Embonor S.A. es una sociedad anónima abierta que cuenta con contratos de licencia y franquicias con Coca-Cola de Chile S.A. Tiene como función la producción y distribución de bebidas analcohólicas bajo licencia de “The Coca Cola Company”. Dentro de las diferentes sucursales que se encuentran operando en Chile se encuentra una ubicada en el Camino Internacional 13255, Concón, Valparaíso (Figura 1.1), en la cual se desarrollará la investigación y el presente trabajo. Esta planta cuenta con cinco líneas productivas, las cuales se dividen en 2 líneas de envases desechables, línea de envases plásticos retornables, línea de vidrio retornable y línea de bidones.

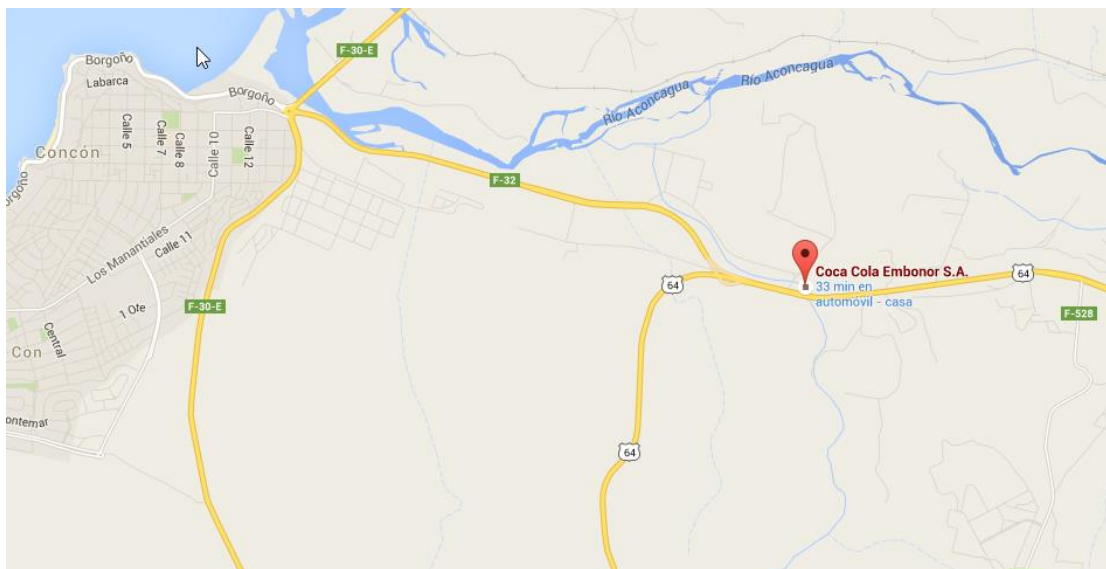


Figura 1.1 Ubicación planta Coca Cola Embonor, Concón, Valparaíso. (/8/)

1.1 Reseña Histórica (/7/)

En 1886 el Farmacéutico John Pemberton, quien vivía en la ciudad de Atlanta, Estados Unidos, descubre que mezclando diferentes ingredientes y añadiéndoles agua fría resultaba una bebida muy refrescante y de gran aceptación del público. Es cuando decide pedirle a su contador que diseñe un logotipo, quien crea el conocido y usado hasta la actualidad “Coca-Cola”. En ese entonces solo se comercializaba el refresco en vasos y no es hasta 1888, cuando Pemberton vende los derechos y su fórmula secreta a Asa Candler, quien se encargó de publicitar y comercializar la bebida creando botellas de vidrio. Este nuevo formato tuvo una gran aceptación en el mercado y llevó a expandirlo a otras ciudades y países.

En 1892 Asa Candler, su hermano John S. Candler, Frank Robinson y dos amigos más deciden crear la corporación llamada “The Coca Cola Company” la cual vendieron a Ernest Woodruff en 1919.

Pasaron 22 años para que se firmara en Atlanta el convenio que permitía embotellar y distribuir Coca Cola en Chile, convirtiéndose en el tercer país de Sudamérica en producir la bebida, después de Perú (1936) y Ecuador (1940). Para lograr el propósito se construyeron dos plantas, una en Santiago y la otra en Valparaíso, que en 1943 embotelló el primer refresco. En ese entonces el concentrado llegaba directamente de Estados Unidos y los envases, las tapas, el agua y el azúcar eran nacionales. No fue hasta la década de 1950 en que se construyó la primera planta de concentrado en territorio nacional.

En 1958 y en 1959 Coca Cola tuvo un gran despegue, situándose como la principal bebida del mercado y dándole a la empresa la posibilidad y necesidad de construir dos plantas embotelladoras más, una en Viña del mar y una en Santiago. Gracias al éxito del envase familiar y el aumento de la demanda, se construyeron plantas a lo largo del país, Antofagasta (1958), Arica (1962), Coquimbo (1969) y Calama (1977) para abastecer al norte del país. En

el sur del país, las primeras embotelladoras se levantaron en Concepción (1960) y Talca (1963). En 1972 se inauguró la planta en Punta Arenas y en 1978 en Temuco, lo cual marcó un hito para Coca Cola, que lograba estar presente a lo largo de todo el territorio nacional.

El 27 de octubre de 1997 se construye la actual planta de Concón, en un terreno de 11 hectáreas donde se ubican las líneas de producción, bodegas, gerencias, distribución y administración de ventas.

Actualmente Coca-Cola está presente en más de 177 países en todo el mundo.

1.2 Estructura de la empresa (/1/)

Coca-Cola Embonor S.A, es una sociedad anónima abierta que produce y distribuye los productos bajo la licencia de The Coca-Cola Company tanto en Chile como en Bolivia. La estructura que se detalla a continuación está referida a las operaciones desarrolladas en Chile por Coca Cola Embonor S.A y particularmente en la planta ubicada en Camino internacional 13255, Concón, Viña del Mar. En la Figura 1.2 se observa el organigrama de la empresa en general, dándole énfasis a la planta de Viña del Mar, para apreciar con mayor detalle la estructura del Departamento de Mantención, Con color naranja se puede aprecia el comienzo del organigrama de la planta en la cual se desarrolla el presente trabajo.

El Departamento de Mantención cumple con la función de realizar mantenimiento de toda la planta, Tanto en áreas eléctrica, mecánica, y mecánica automotriz.

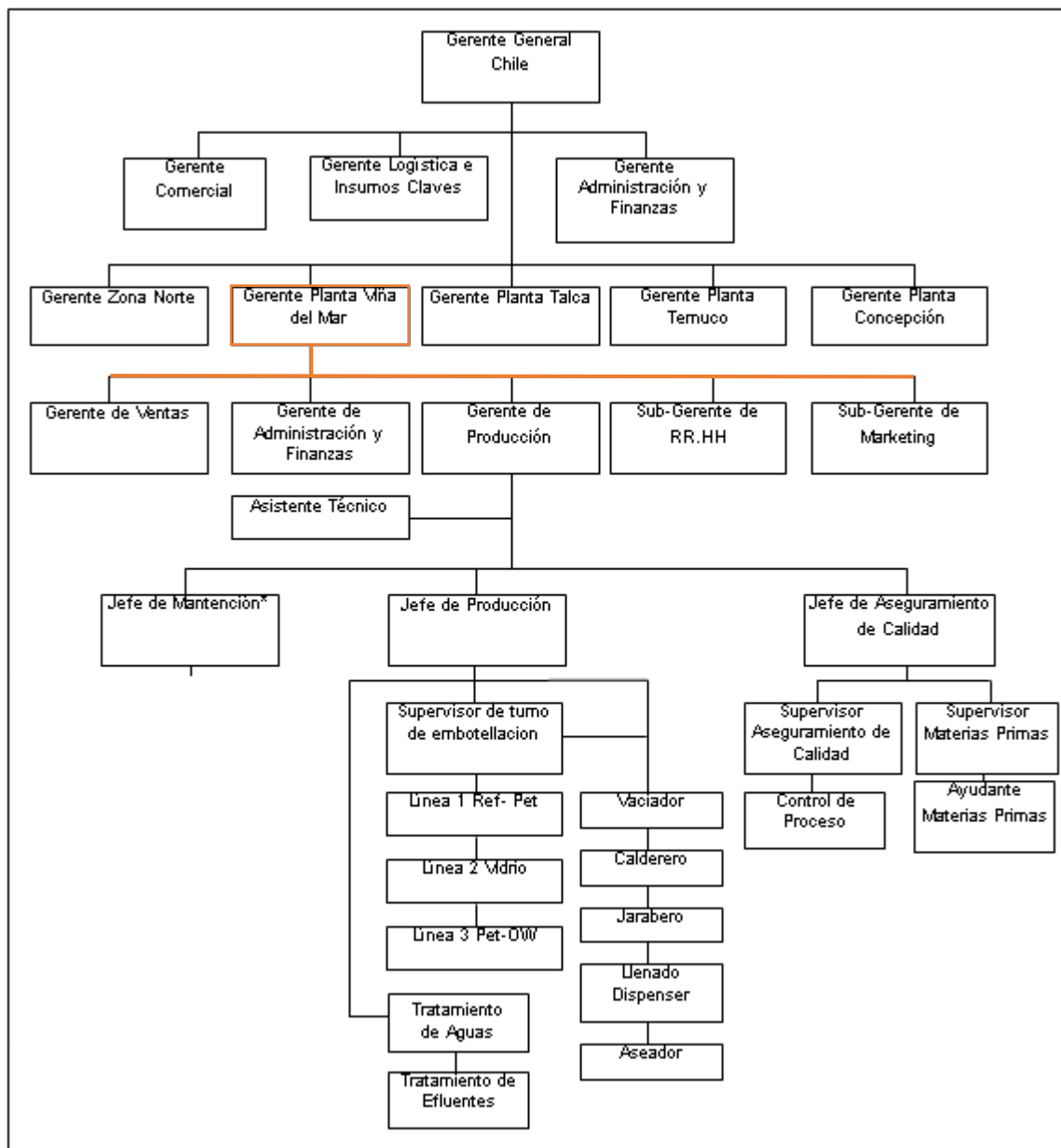


Figura 1.2 Organigrama General de Coca Cola Embonor (1/)

El Departamento de Mantenimiento también tiene como función encargarse del mejoramiento de las líneas y su producción. Es aquí en donde el presente trabajo tiene su finalidad; analizar la línea 2 que embotella bebidas retornables de vidrio y que tiene la utilización más baja de la planta con el fin de encontrar una solución apropiada. El trabajo es realizado en conjunto con el Supervisor de Mantenimiento Eléctrica (*) y Supervisor de Mantenimiento Mecánica (*), ambos cargos pueden ser apreciados en la Figura 1.3

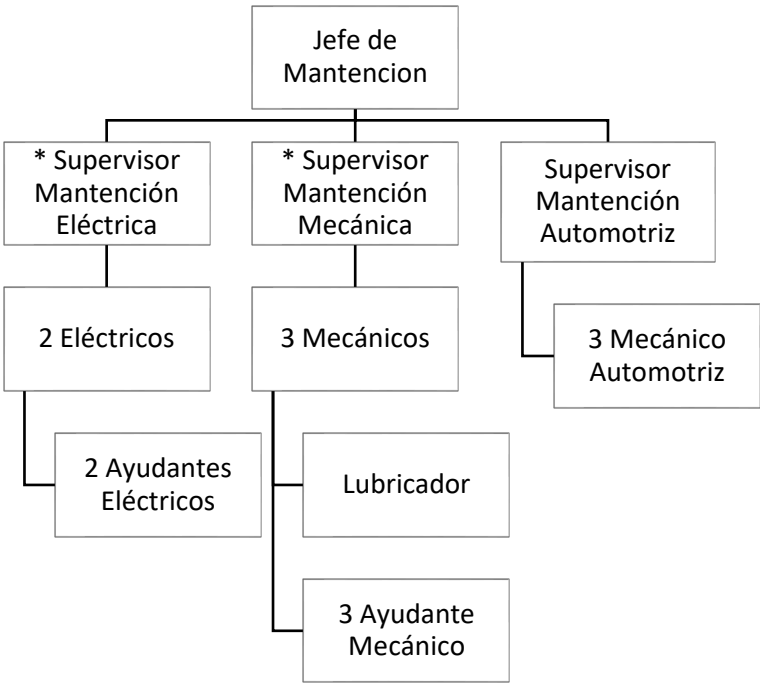


Figura 1.3 Departamento de Mantenimiento Coca Cola Embonor, Concón (/1/)

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

2 Diagrama General del Proceso (/2/)

El proceso general para la elaboración y embotellamiento de bebidas alcohólicas se puede apreciar en la Figura 2.1 donde es posible observar cómo interactúan los diferentes procesos. Se explican más en detalle los procesos claves para la línea en la cual se centra el trabajo. Los otros procesos son explicados de forma general.

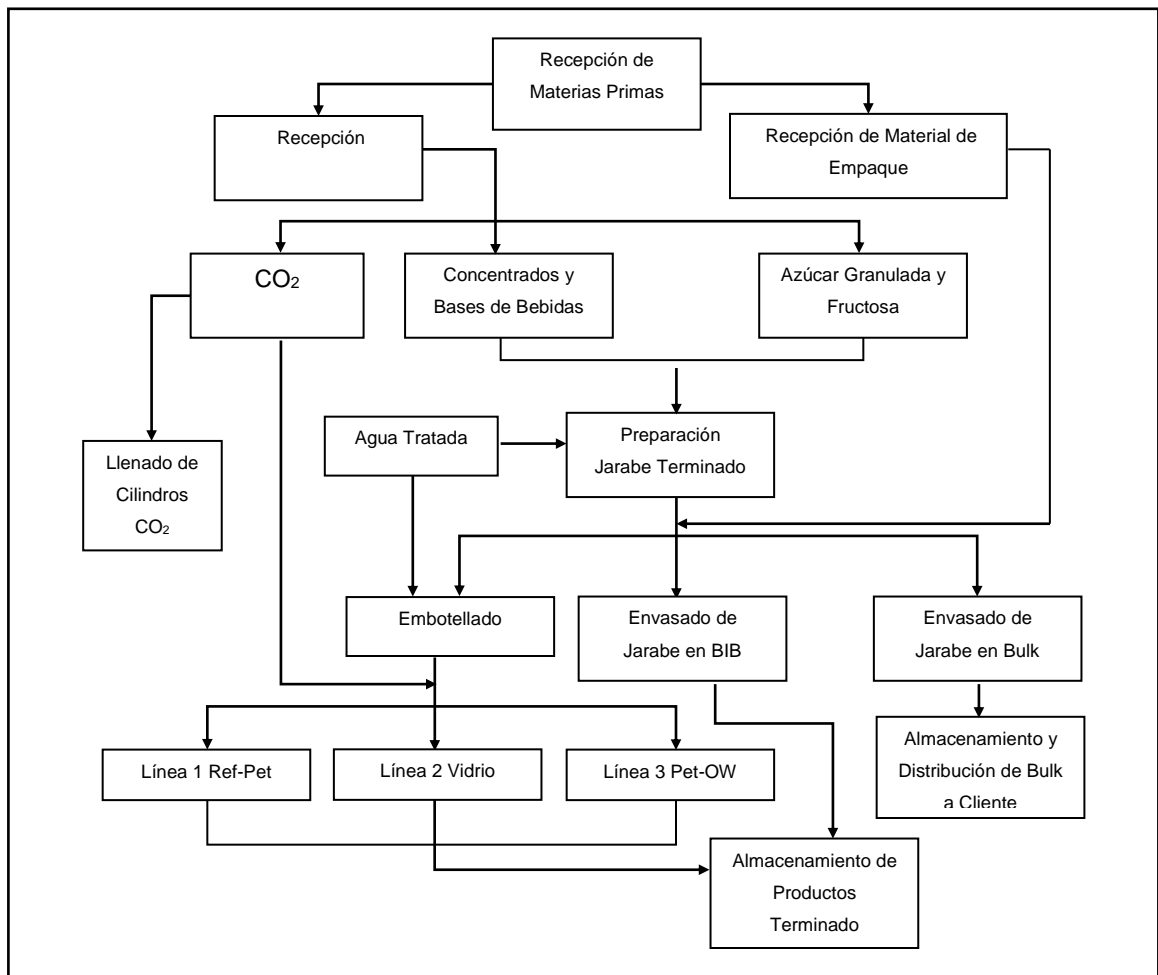


Figura 2.1 Procesos de elaboración y embotellado de bebidas alcohólicas. (/2/)

2.1 Recepción de Materias Primas

La recepción de materias se divide en: Recepción de ingredientes, como el azúcar, saborizantes y materiales que son necesarios para la fabricación de los jarabes y bebidas, y la recepción de materiales de empaque, como son las botellas, plásticos para envoltura de pallets y todo lo necesario para el correcto embalaje de los productos.

2.2 Tratamientos de Aguas

El agua es uno de los elementos esenciales para la producción de los refrescos, por lo que Coca Cola pone gran énfasis en el cumplimiento de normas y exigencias de ésta. El agua se extrae de tres pozos profundos y es almacenada y tratada dependiendo del uso que se le dará, por lo que existen tres tipos de agua tratada.

- El agua potable para el consumo público de la planta.
- Agua blanda, para el lavado de envases.
- Agua pura para la elaboración del jarabe.

2.3 Preparación de jarabe simple

El jarabe simple es el agua pura mezclada con azúcar granulada mediante un agitador de paletas y filtrada para eliminar los sólidos.

2.4 Preparación del jarabe terminado

Se mezcla el jarabe simple con el agua pura y con concentrados o base para bebidas. Se toman las medidas pertinentes para evitar aglomerados y sólidos en el jarabe.

2.5 Jarabe Bulk

Es el jarabe que se distribuye a distintos clientes que lo utilizan en máquinas expendedoras.

2.6 Llenado de Cilindros de CO₂

Los cilindros entregados por los proveedores son revisados rotulados y llenados en la planta de la empresa y se almacenan en la bodega de productos terminados.

2.7 Proceso de Embotellado

La empresa cuenta con 5 líneas de embotellado. El presente trabajo tiene como finalidad encontrar los puntos críticos de la línea de llenado de envases de vidrio, conocida como línea 2 o HK, a la que se le dará mayor énfasis en la descripción de sus procesos, elementos y problemas.

2.7.1 Línea de Embotellado 1 (Meyer)

La línea 1 o también conocida como línea Meyer, embotella envases de plástico retornable y tiene una capacidad de 80 millones de litros al año. En la Figura 2.4 podemos apreciar el

diagrama de esta línea, con sus distintos procesos. En la Figura 2.2 y en la Figura 2.3 se observan imágenes pertenecientes a esta línea.



Figura 2.2 Línea 1 Envases de Plástico Retornable



Figura 2.3 Línea 1 Meyer de envases plástico retornable

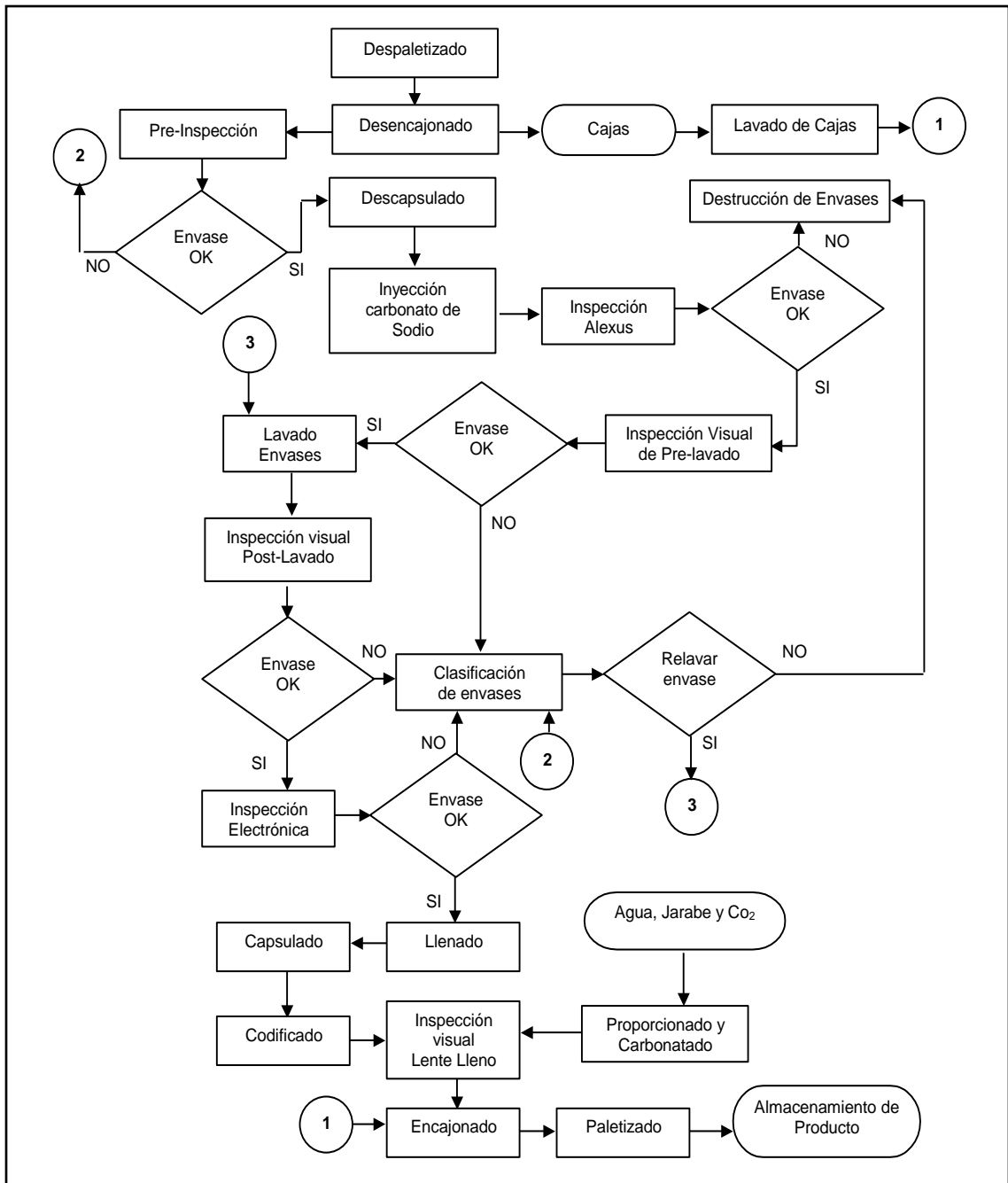


Figura 2.4 Diagrama del Proceso productivo de línea Meyer (/2/)

2.7.2 Línea de Embotellado 3 (One Way)

La línea de embotellado 3 o conocida en la planta como “One Way” produce 2 millones de litros al año y es la encargada llenar los envases desechables de plástico, las botellas son despaletizadas manualmente de su embalaje para luego ser lavadas con agua a presión y ser llenadas y tapadas. Finalmente son codificadas, inspeccionadas y almacenadas con el formato de venta apropiado. En la Figura 2.5 se puede observar el diagrama de la línea tres con sus distintos procesos. En la Figura 2.6 y Figura 2.7 podemos apreciar imágenes de esta línea en funcionamiento.

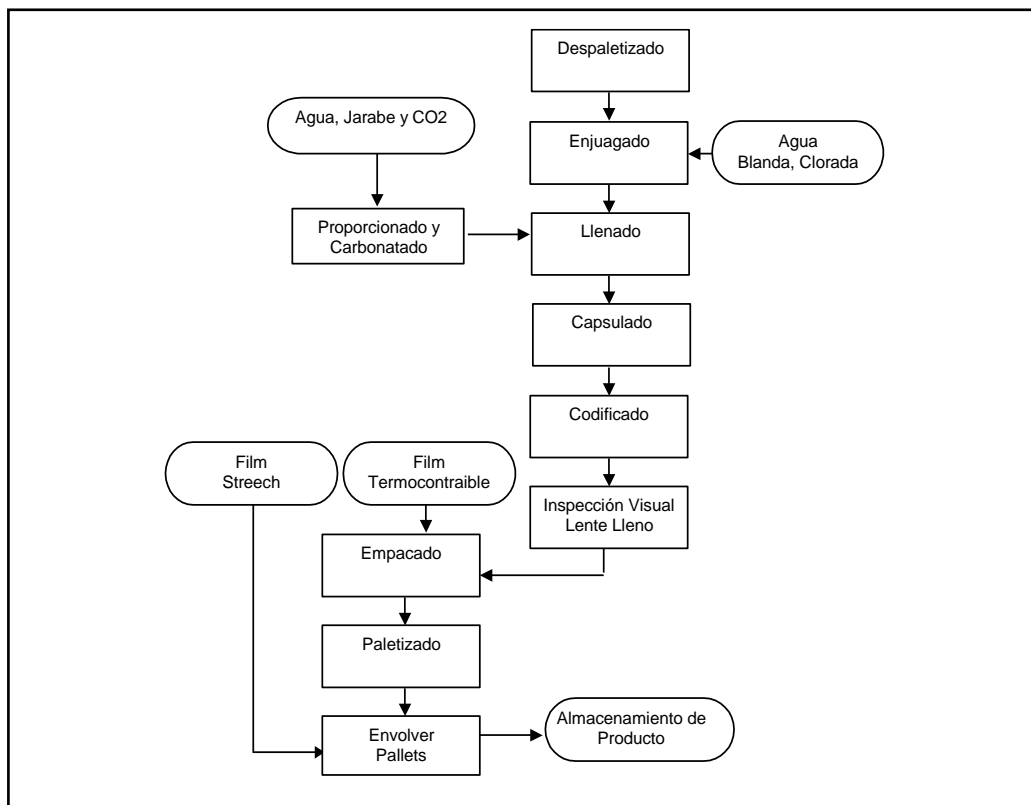


Figura 2.5 Proceso Productivo línea 3 “One Way” (/2/)

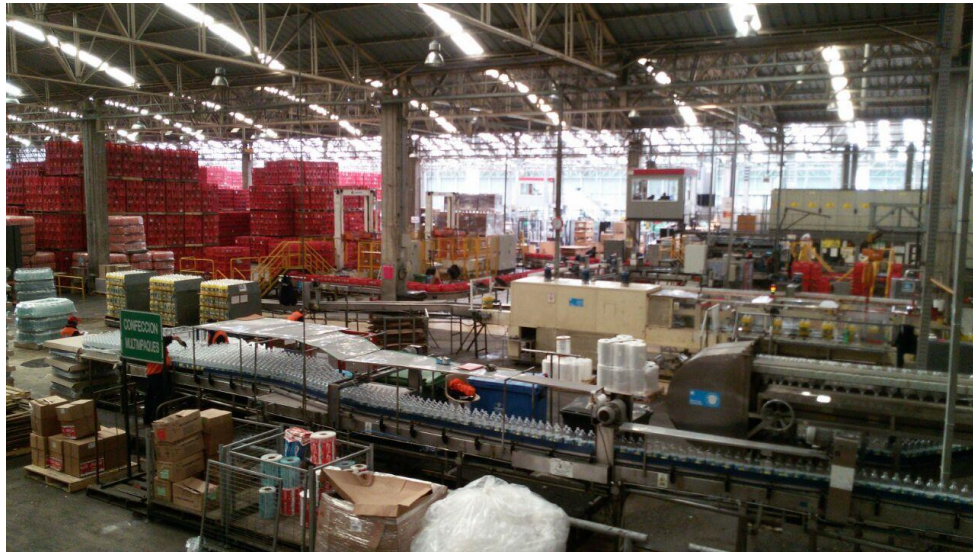


Figura 2.6 Línea 3 One Way de plástico desechable



Figura 2.7 Línea 3 de plástico desechable

2.7.3 Línea 4 Producción de Agua en Bidones Benedictino

Esta línea produce agua embotellada Benedictino en bidones de 5 litros, se despaletizan los bidones, se etiquetan y llenan. Luego pasan a ser codificados y finalmente pasan a ser almacenados de la forma requerida en el mercado. En la Figura 2.8 podemos apreciar las distintas etapas de la línea de bidones. En la Figura 2.9 se aprecia una imagen de la Línea 4 en funcionamiento.

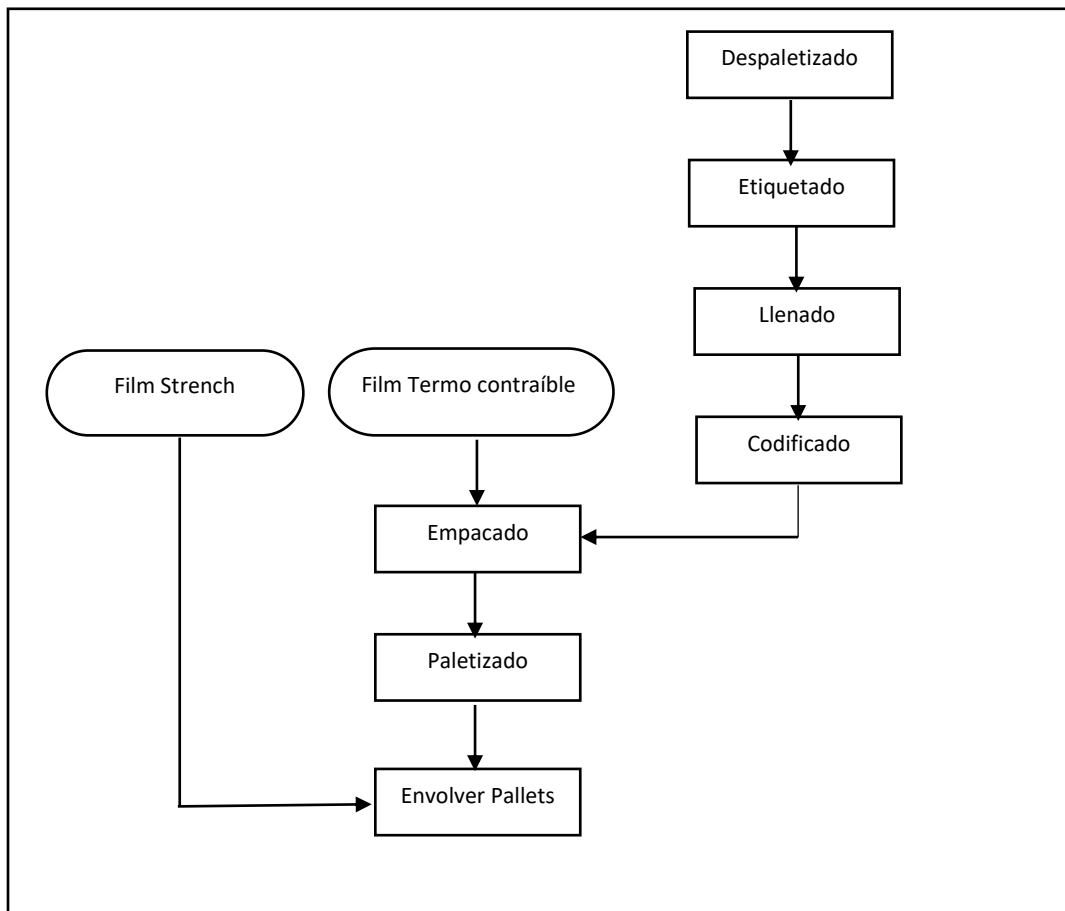


Figura 2.8 Proceso Productivo línea 4 (/2/)

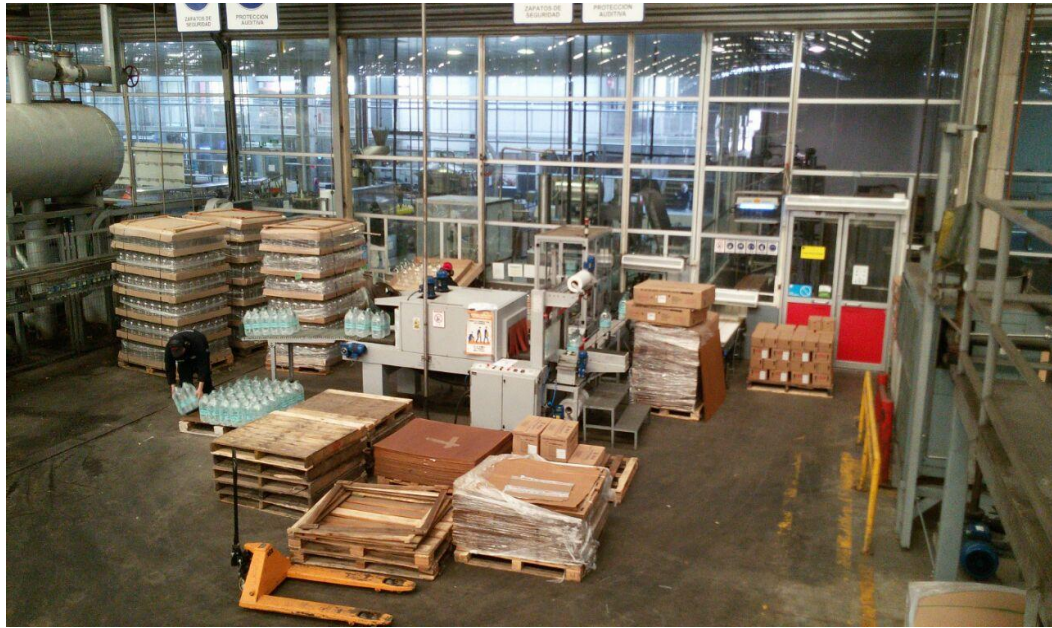


Figura 2.9 Línea 4 Bidones de Agua Benedictino.

2.7.4 Línea 5 Combi

Esta línea, junto con la línea 4, son las más nuevas de la planta por lo que cuentan con mayor tecnología. Esta línea a diferencia de las otras, tiene un sistema de soplado para generar las botellas de plástico desechable, por lo que reciben una preforma y, por medio de soplado, se genera el envase que luego pasa al llenado según el tipo de bebida que se fabrique en ese momento. El resto del proceso es similar al de la línea 3, a excepción de la inspección visual. Podemos apreciar con mayor exactitud las diferencias y similitudes, en la Figura 2.10 mostrada a continuación, en la cual se puede observar el diagrama de flujo de la línea 5.

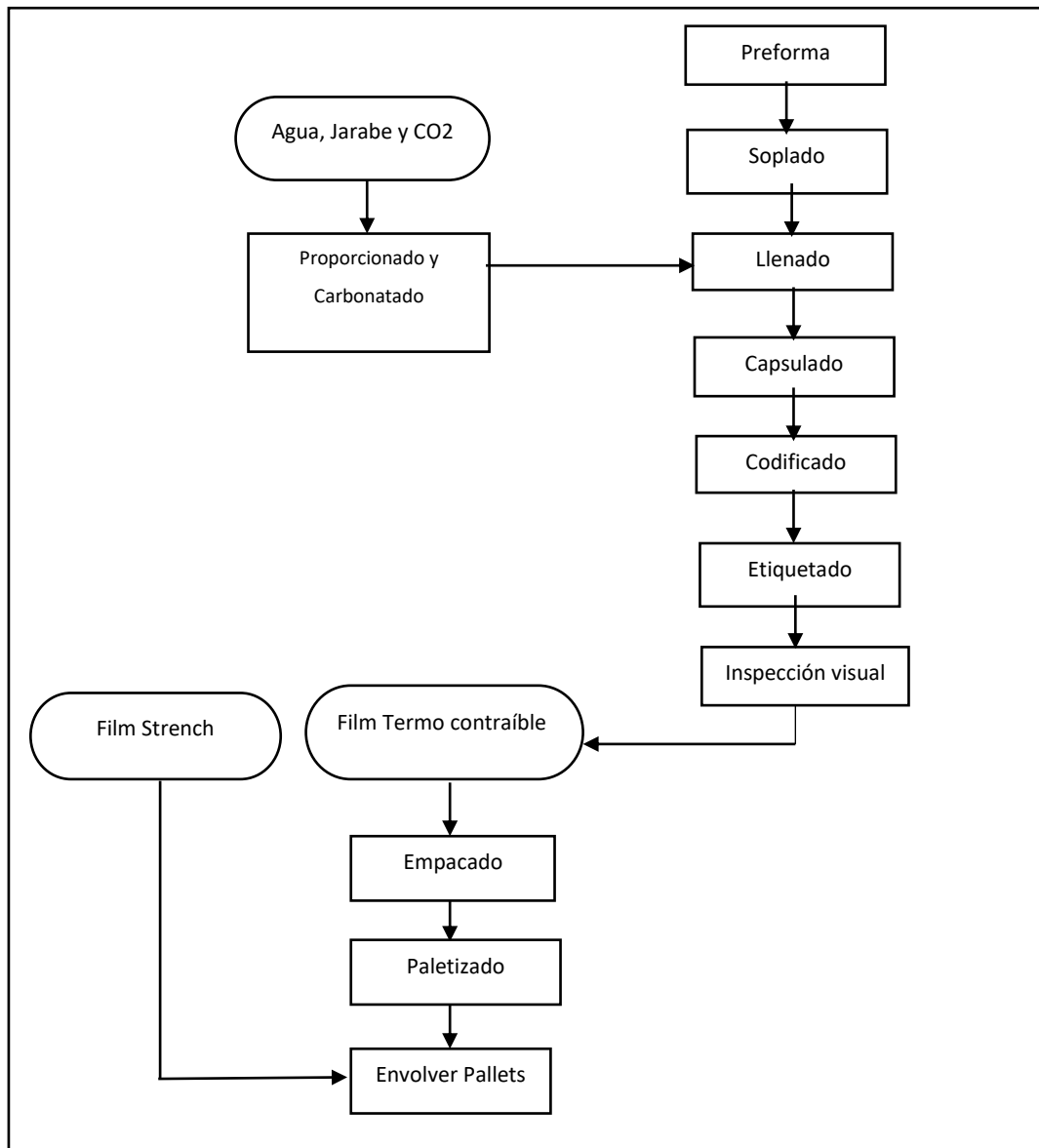


Figura 2.10 Proceso Productivo Línea 5 "Combi" (/2/)



Figura 2.11 Línea 5 “Combi”

2.7.5 Línea 2 o HK (/1/)

En esta línea es donde se centrará el trabajo, puesto que es una de las líneas productivas con menor utilización, ya que se producen muchas detenciones y problemas mecánicos debido a su antigüedad. El formato de esta línea, también conocida como línea HK, es de vidrio retornable y produce 56 millones de litros al año. A continuación en la Figura 2.12 se puede observar el diagrama del proceso productivo de esta línea, el cual será detallado seguidamente.

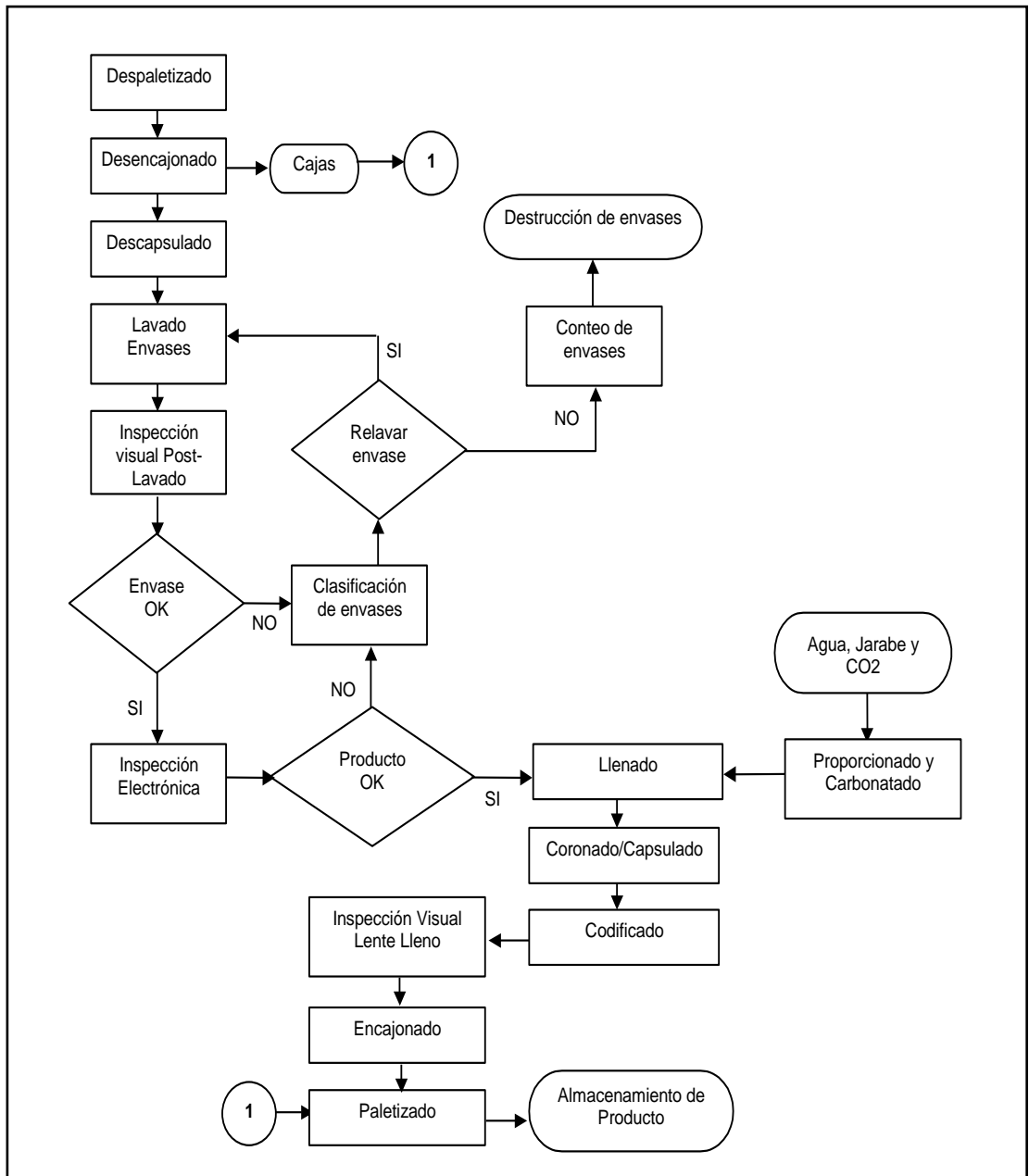


Figura 2.12 Proceso Productivo de línea 2 “HK” (2/)

a) Despaletizado, desencajonado, pre inspección y descapsulado:

Las botellas vacías que retornan a la planta son retiradas de los pallets automáticamente (ver Figura 2.13) y colocadas en la cinta transportadora, donde llegan a la desencajonadora, la cual tiene como función sacar las botellas de las jabs a través de un mecanismo neumático y dejarlas en las una cinta transportadora para la siguiente fase (ver Figura 2.14). En el siguiente paso, las botellas son inspeccionadas electrónicamente para poder así seleccionar solo aquellas que cumplan con los estándares necesarios; se sacan las botellas en mal estado, rotas, de otras marcas, otros formatos, muy sucias, torcidas o con elementos en su interior. Para finalizar, las botellas seleccionadas pasan a un punto de descapsulado en el cual aquellas que aun vienen con tapa, se les retira (ver Figura 2.15)



Figura 2.13 Despaletizadora colocando pallets vacíos en cinta transportadora



Figura 2.14 Desencajonadora



Figura 2.15 Descapsuladora

b) Inyección de Carbonato de Sodio e inspección Alexis:

A las botellas que pasaron la pre-inspección se les inyecta Carbonato de Sodio en su interior el cual reacciona con los hidrocarburos que puedan contener. Luego de esto, el equipo Alexis toma una muestra de aire que entrega información sobre las botellas que deben ser descartadas del proceso por presencia de parafina, bencina u otros hidrocarburos.

c) Inspección visual de pre-lavado y lavado de envases:

En esta etapa las botellas son inspeccionadas visualmente para comprobar que no tengan ningún líquido ajeno a las bebidas gaseosas y puedan pasar al proceso de lavado (ver Figura 2.16 Figura 2.17), en este se enjuagan los envases con un chorro a presión que elimina la suciedad gruesa, para continuar hacia tres estanques que contienen Soda Cáustica al 3% y a una temperatura de 58 °C. Para entregar los envases limpios, primero se sumergen en la solución llenándolas de mezcla, luego son colocadas de forma invertida y expuestas a chorros de la misma mezcla para una mayor limpieza. Finalmente son sometidas a un último lavado interior y exterior con agua clorada en una concentración de 5 ppm (partes por millón), para así asegurar un envase completamente limpio y estéril.



Figura 2.16 Lavadora, vista completa



Figura 2.17 Entrada de envases a la lavadora

d) Inspección visual de post lavado e inspección electrónica

Para comprobar que las botellas salgan en buen estado luego del lavado pasan a una inspección visual (ver Figura 2.18), cuya finalidad es detectar cualquier imperfección o defectos y si algún envase aún contiene suciedad, se devuelve a la lavadora. Para finalizar la inspección, los envases se dirigen por una correa transportadora a una inspección electrónica en donde cualquier fisura o elemento extraño en el interior es detectado, con el fin de evitar pérdidas de líquido y gas o botellas en mal estado (Figura 2.19).



Figura 2.18 Inspección visual post lavado.



Figura 2.19 Inspector Electrónico

e) Clasificación de envases:

Los envases rechazados en las etapas anteriores llegan a esta estación, donde son revisados manual e individualmente para determinar si son eliminados y destruidos para reciclaje o devueltos al proceso.

f) Proporcionado y Carbonatado:

El carbocooler es donde se prepara la bebida final para luego ser embotellada. Es en esta etapa que por medio de un dosificador se mezcla la proporción exacta de jarabe terminado y agua tratada; luego es llevado a la unidad de frío de este equipo en donde

finaliza la etapa adhiriendo CO₂ a la mezcla, dejando el refresco listo para ser embotellado.

g) Llenado capsulado y codificado:

La llenadora es la máquina encargada de colocar la cantidad justa de bebida en cada botella y para eso cuenta con un compartimiento que contiene el líquido a llenar y una serie de 52 válvulas que entregan la cantidad exacta de bebida para cada botella (ver Figura 2.20). Seguidamente se pasa a la capsuladora, máquina encargada de tapar las botellas (Figura 2.21), concluyendo esta etapa en la codificadora, donde las botellas son rotuladas con la fecha, hora de elaboración, la identificación de la planta y la línea de producción.



Figura 2.20 Llenadora



Figura 2.21 Capsuladora envases de 1 litro

h) Inspección visual lente lleno:

Las botellas ya llenadas rotuladas y tapadas pasan por una inspección realizada por un operador que comprueba, que la altura de llenado sea la exacta, que el envase este bien tapado y que el codificado esté visible y colocado de manera correcta.

i) Encajonado, paletizado y almacenamiento de productos terminados.

Esta es la última etapa de la línea HK, donde las botellas son puestas en sus jabs por medio de la encajonadora (ver Figura 2.22) que posteriormente son paletizadas y almacenadas en la bodega, en donde se mantienen seguras y esperando su salida por medio del sistema FEFO (First Enter First Out, sistema de almacenamiento de producto terminado que despacha los productos en orden de fabricación.)



Figura 2.22 Encajonadora insertando el producto terminado en las jabs

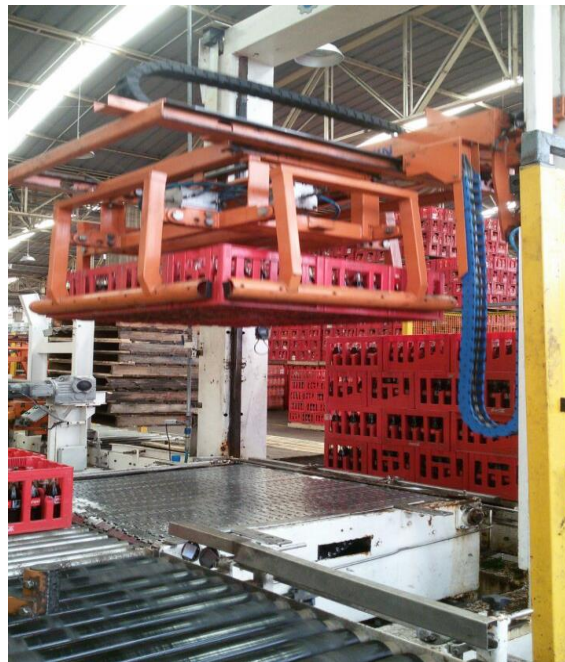


Figura 2.23 Paletizadora

En la siguiente Figura 2.24 se aprecia el Layout actual de la Línea de Vidrio, donde las letras encerradas en círculo son las distintas máquinas y procesos que son de interés para el trabajo. En la tabla siguiente se detallan las letras y la máquina o proceso que le corresponde.

- A Despaletizadora
- B Desencajonadora
- C Descapsuladora
- D Lavadora
- E Inspección Post Lavado
- F Inspector Electrónico
- G Llenadora
- H Capsuladora
- I Codificadora e Inspección Lente lleno
- J Encajonadora
- K Paletizadora

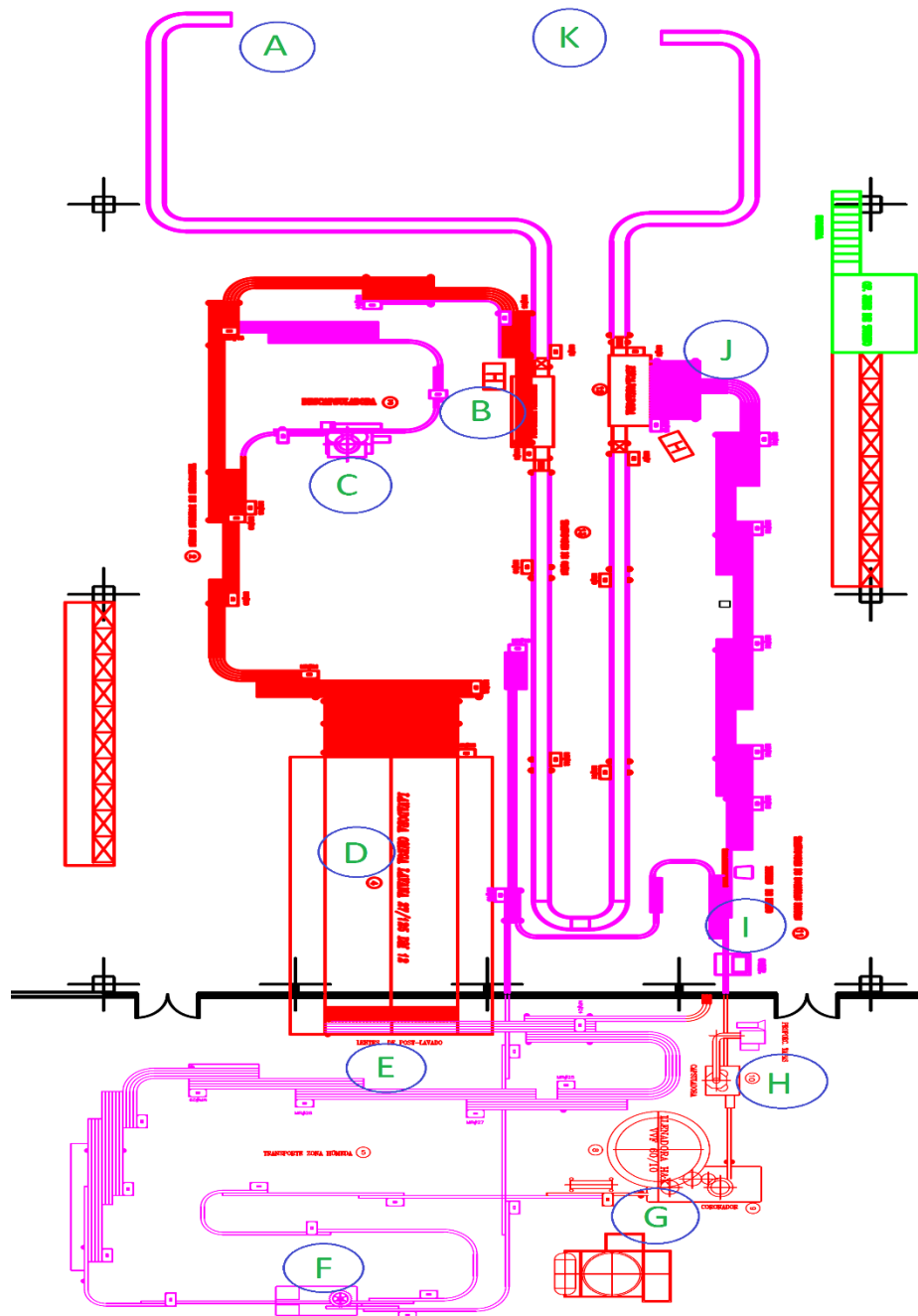


Figura 2.24 Layout Línea 2 de Vidrio (/4/)

CAPÍTULO 3: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3 Análisis de Datos de la Línea de Vidrio (/2/; /3/)

En la planta de Coca Cola Embonor ubicada en Concón la línea que embotella refrescos de vidrio es una de las más antiguas de la empresa. El envejecimiento de materiales, asociado a un mantenimiento correctivo ha desgastado piezas y componentes de los distintos sistemas de cada máquina, lo que ha provocado que la utilización de la L2 llegue hoy a niveles muy bajos, con un promedio de 48% entre los meses escogidos para el estudio.

En el presente trabajo se analizan datos obtenidos por los encargados de la línea entre los meses de Agosto del 2015 y Enero del 2016, semestre que ha sido escogido debido a que, antes de dicho periodo, la información en las planillas Excel estaba muy poco ordenada y con fallos o información faltante. Posterior a Enero del 2016 se reemplazó al encargado de la línea, como así también la planilla, la cual aún no cuenta con un orden ni tiene los datos adecuados para este informe.

Todas las planillas de los meses indicados están entregadas en los anexos digitales y fue en base a estos que se trabajó en la elaboración de gráficos y tablas respectivas.

El Gráfico 3.1 muestra los tiempos promedio obtenidos durante el semestre en estudio y que fue diseñado a partir de los datos vertidos en la Tabla 3.1 presentada a continuación. Se puede apreciar que la utilización es sólo de un 48% lo que genera gran preocupación en los encargados de producción y mantención. Otro dato importante de destacar son las detenciones por fallas mecánicas y operacionales (un 17% en fallas mecánicas y un 14% en fallas operacionales) y que juntas abarcan más de la mitad del tiempo perdido en la línea 2.

Tabla 3.1 Promedios Tiempos Perdidos y Utilización

		AGO.	SEP.	OCT	NOV.	DIC	ENE.	PROMEDIO
PORCENTAJE TIEMPO	Utilización	45	50,2	42	47	53	48	47,53
	Operacional	12	13,8	10	15	15	20	14,3
	Set Up	9	6,6	8	8	9	8	8,1
	Mecánico	19	16,3	28	16	12	10	16,883
	Eléctrico	4	2,1	2	4	3	1	2,683
	Autorizado	11	11	10	10	8	13	10,5



Gráfico 3.1 Promedio de Tiempos perdidos y Utilización durante el semestre seleccionado

Para aumentar la productividad es de vital importancia centrarse en los componentes críticos de la línea y es el objetivo principal del presente trabajo. Al ser las fallas mecánicas las que marcan mayor presencia en tiempos perdidos, se ha optado por trabajar en ellas, cuantificando las detenciones de cada máquina en minutos y así generar un Gráfico de Pareto tendiente a detectar aquellos procesos más críticos. La Tabla 3.2 descrita a continuación muestra los tiempos mecánicos perdidos por cada uno de los componentes de la línea y constituye la base para generar el Gráfico 3.2 Diagrama de Pareto de tiempos perdidos por máquina. Gráfico 3.2 descrito más abajo.

Tabla 3.2 Tiempos Totales Perdidos por Máquina.

Elemento Crítico	Tiempo Perdido en Minutos						Total
	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	
Encajonadora	0	0	104	510	753	130	1497
Inspector Electrónico	64	32	19	45	413	53	626
Capsuladora	122	117	209	789	404	85	1726
Llenadora	516	78	2838	404	187	151	4174
Lavadora	158	210	307	219	146	64	1104
Despaletizadora	20	0	0	48	62	16	146
Transporte	215	48	1594	222	48	91	2218
Decapsulador	0	0	0	113	56	8	177
Desencajonadora	0	0	0	25	74	84	183
Codificadora	22	0	20	8	0	28	78
Paletizadora	0	25	97	51	8	16	197

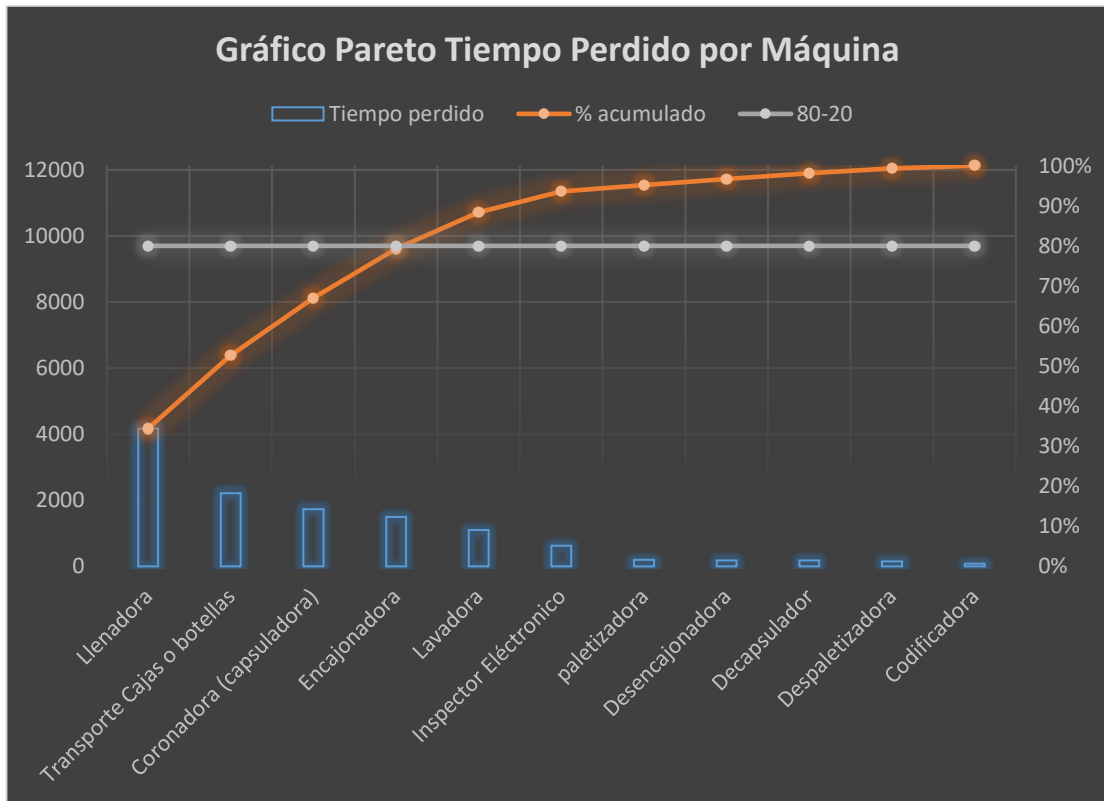


Gráfico 3.2 Diagrama de Pareto de tiempos perdidos por máquina.

Se puede apreciar que mejorando cuatro elementos críticos, las fallas mecánicas disminuyen un 80%. Otro punto a destacar, es que solo la “Llenadora” presenta durante el semestre en estudio el 36% del tiempo mecánico perdido, motivo por el cual, el trabajo se centró en encontrar las fallas específicas de la citada máquina. Para esto fue necesario detectar los problemas que frecuentemente presenta y con ello generar otro diagrama de Pareto, a fin de determinar los elementos que requerían mejoras urgentes.

La máquina llenadora presenta un 34% de las fallas mecánicas, lo que en tiempo perdido significan 70 horas mensuales según el promedio de los 6 meses tomados en la muestra.

Eventualmente se podría considerar que, si se reparase en un 100% y se hiciera una correcta mantención predictiva y preventiva, esas 70 horas perdidas pueden convertirse en horas producidas, mejorando así la utilización de la línea en un 6% y llegando a 54%, porcentaje muy cercano al 55% que tiene como meta la planta. Para superar este límite, es necesario mejorar los tres o cuatro elementos más críticos que se aprecian en el gráfico de Pareto anterior, es decir: llenadora, transporte de cajas o botellas, coronadora y encajonadora para, de esta forma, aumentar y mejorar la línea y llegar incluso hasta un 61% de utilización.

Teniendo en cuenta que el elemento más crítico del proceso lo constituye la llenadora, debido al alto porcentaje de fallas mecánicas y además que es la máquina que pautea los tiempos de la línea, se generó otro gráfico de Pareto por medio de la Tabla 3.3 mostrada a continuación.

Tabla 3.3 Tiempos Perdidos por Tipo de Falla en la Máquina Llenadora

PROBLEMAS	TIEMPO PERDIDO EN MINUTOS						
	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Total
ENTRADA	108	45	0	0	0	0	153
SALIDA	0	0	283	0	0	0	283
SIN FIN	229	12	850	184	24	40	1339
CENTRADORES	92	0	0	45	58	0	195
ESTRELLA	42	0	0	0	13	0	55
PARTIDA/MARCHA	45	0	0	9	0	0	54
PEDESTAL	0	10	0	5	30	12	57
OTROS	0	11	188	43	20	80	342
FALTA PERSONAL	0	0	682	0	0	0	682
CAMBIO TAMAÑO/SABOR	0	0	645	0	0	0	645
VENTEO	0	0	190	20	33	19	262
MARIPOSA	0	0	0	30	0	0	30
REVENTONES	0	0	0	68	9	0	77

En el siguiente Gráfico 3.3 se puede apreciar los componentes más críticos de la llenadora, siendo el que más fallas y tiempo perdido genera es el tornillo sin fin.

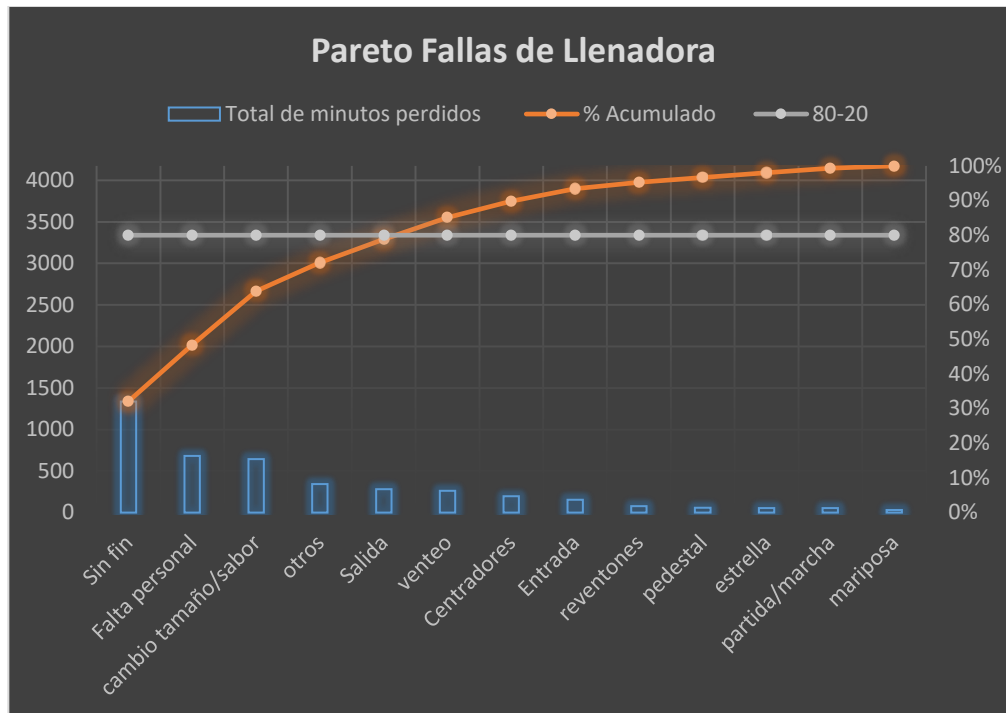


Gráfico 3.3 Pareto de tiempos perdidos por tipo de falla

El análisis pertinente en conjunto con el Departamento de Mantenimiento de la Planta concuerda que el tornillo sin fin es uno de los que genera mayor cantidad de fallas a la Máquina Llenadora, no sólo por el tiempo que se pierde al repararlo, sino también porque al existir cambio de tamaño o sabor de bebidas, hay que reemplazarlo por otro correspondiente al tamaño de botella que se llenará. Este proceso de cambio es muy lento y también aparece en la figura anterior dentro de los elementos críticos del Diagrama de Pareto, razón por la que realizar una mejora en el tornillo sin fin, ayudaría a solucionar dos de los problemas importantes de la Llenadora.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

4 Análisis de Datos

En este Capítulo se analizan los problemas específicos y se dan las soluciones pertinentes, tanto del tornillo sin fin, como de la línea completa.

4.1 Datos técnicos del tornillo sin fin

- Potencia Instalada: 20 [KW] (26,8204 [HP])
- Velocidad de giro mínima: 70 [RPM]
- Velocidad de giro máxima: 450 [RPM]
- Diámetro del Eje: 38,1 [mm] (1,5 pulgadas)

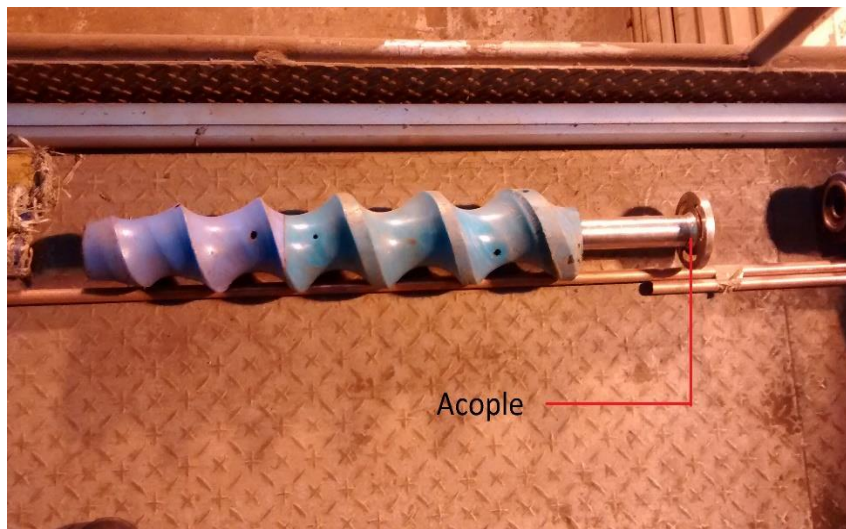


Figura 4.1 Tornillo sin fin desmontado

El tornillo sin fin es aquel que recibe las botellas en la entrada de la llenadora y les da una separación predeterminada para que puedan seguir su curso y finalmente ser llenadas por las válvulas. En un comienzo, y de fábrica, el tornillo sin fin era de una sola pieza unida al eje, pero como la línea llena distintos tipos de botellas de vidrio, que varían su forma dependiendo del tipo de bebida y de su volumen (de 237, 350 ó 1000 cm³), cada vez que se realiza un cambio de envase, se debe sacar el tornillo sin fin y colocar el indicado; por ello decidieron confeccionar una separación entre el eje y el tornillo sin fin para poder agilizar el cambio. Esta modificación fue realizada por una empresa externa y sus detalles de diseño, se aprecian en la Figura 4.2 siguiente:

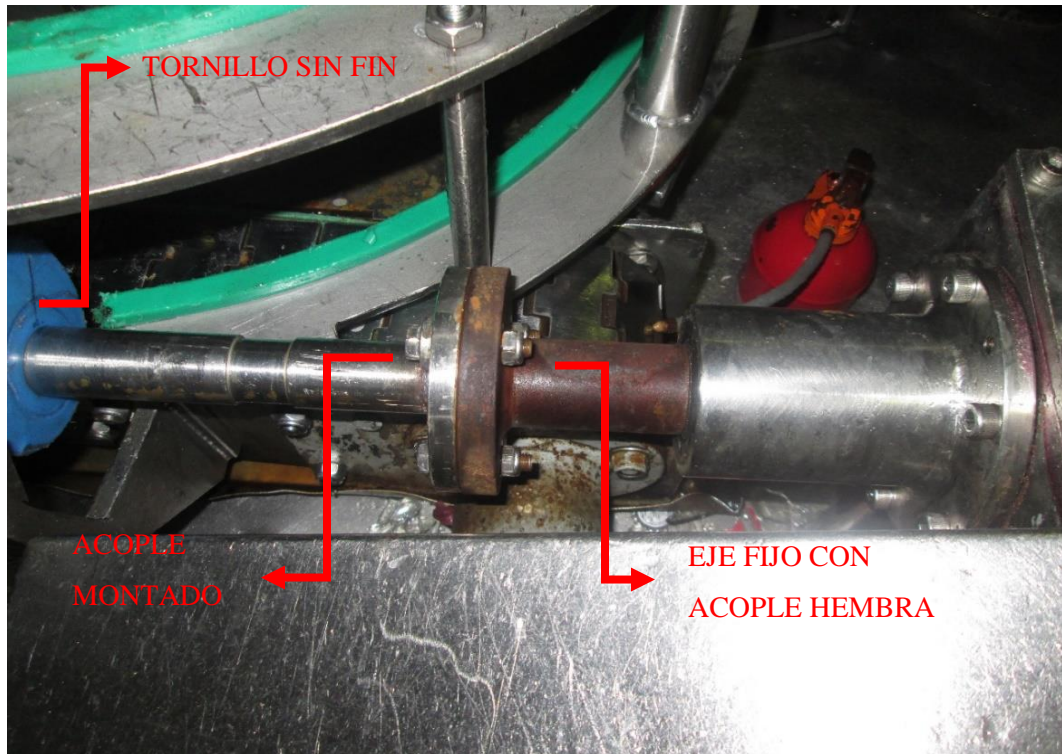


Figura 4.2 Acople del Tornillo Sinfín creado por la empresa.

En el eje se genera un torque máximo de 424,41 [N/m] cuando trabaja a máxima potencia y a velocidad máxima de giro. Este torque debe ser soportado por el acople y pernos que van en éste y que al no ser diseñado y confeccionado por una empresa con las respectivas competencias sumado al constante montaje y desmontaje, provoca múltiples fallas mecánicas detectadas en el estudio y que se señalan a continuación:

- Vibraciones
- Corte de los pernos
- Uniones sueltas
- Pérdida de la sincronización del sin fin, es decir, entrega las botellas con una separación inadecuada.

Esto tiene como consecuencias: Entrega de botellas con una separación inadecuada, envases reventados, trabados o que ingresen por lugares incorrectos, detenciones de la máquina y mermas.

4.2 Soluciones

Teniendo en cuenta la información anterior y reuniones realizadas con el personal, esta modificación ha afectado negativamente al proceso, por lo que se proponen 3 alternativas de solución y que se plantean a continuación en los puntos 4.2.1, 4.2.2 respectivas al tornillo sin fin y una solución a la línea en general en el 4.2.3

4.2.1 Volver al Sistema Original

El tornillo sin fin original no contaba con la unión al eje por medio de cuatro pernos como lo es en la actualidad, al volver a utilizar el diseño de fábrica se eliminarían las detenciones por

corte de pernos, fallas ocurridas por vibraciones y pérdida de sincronización, esto se traduciría en una disminución en el tiempo de fallas mecánicas y por ende, en una mejora. Sin embargo, el tiempo operacional aumentaría debido a que, el cambio y preparación de la línea para el llenado de envases con diferente forma y volumen es mayor. Específicamente, es mucho más difícil cambiar el tornillo sin fin original porque para hacerlo habría que desmontar una mayor cantidad de piezas y requiere demasiado tiempo y trabajo.

En resumen, al volver al diseño de fábrica se disminuye el tiempo mecánico y se aumenta el tiempo de ajuste de la línea. Por falta de datos anteriores, cuando la empresa contaba con el tornillo sin fin original, es inviable hacer un estimado de la mejora.

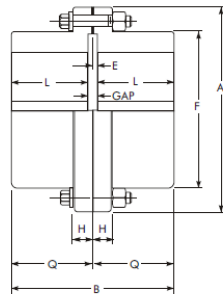
4.2.2 Mejora del Sistema actual.

La idea del sistema actual es correcta; es necesario agregar una unión entre el tornillo sin fin y el eje rotor y así disminuir el tiempo de ajuste, pero el problema, según lo constatado, es el diseño y asesoramiento inadecuado. El acople actual como se aprecia en la Figura 4.2, está hecho con 4 pernos metálicos, los que sufren todos los esfuerzos cortantes producidos por la rotación del eje, por lo que es necesario introducir un sistema adecuado de acoples con un estudio o con el asesoramiento de una empresa competente que los fabrique. Esta solución mejoraría ambos problemas; el cambio del tornillo sin fin seguiría siendo fácil y se ahorraría en tiempo de ajustes al seleccionar otro tamaño de envase, mejorándose los tiempos de fallas mecánicas puesto que disminuirían las vibraciones, el corte de pernos, pérdidas de punto del tornillo sin fin e incluso mermas por reventones de botellas.

Se analizó con el equipo técnico de la empresa dedicada a soluciones en transmisiones mecánicas Ducasse Comercial Ltda. y en conjunto se realizó una visita a la planta . Se determinó que lo ideal es colocar un acople fijo como el que se diseñó en la planta, pero hecho de forma adecuada y diseñado de una mejor manera.

La cotización hecha por la empresa Ducasse se encuentra adjunta en el Anexo A y la Ficha Técnica del acople en la Figura 4.3, dependiendo de la gerencia de la planta optar por la citada solución. (/6/)

Type **G82** Standard Flanged Sleeve
Rigid/Dimensions — Inches



Type G81 Shrouded Bolts furnished only when specified on order. Sizes 1060G and 1070G available only as Type G82.

SIZE *	Torque Rating (lb-in) †	Allow Speed rpm ‡	Max Bore *	Min Bore ‡	Cplg Wt With No Bore-lb		A	B	E	F	H	L	Q	Gap	SIZE *
					G81	G82									
1010G	10,080	8,000	2.375	.50	9	10	4.56	3.32	.10	3.30	.55	1.56	1.66	.200	1010G
1015G	20,790	6,500	2.938	.75	19	20	6.00	3.84	.10	4.14	.75	1.82	1.92	.200	1015G
1020G	37,800	5,600	3.625	1.00	30	35	7.00	4.80	.10	4.98	.75	2.30	2.40	.200	1020G
1025G	66,150	5,000	4.375	1.25	55	60	8.38	6.00	.10	6.10	.86	2.90	3.00	.200	1025G
1030G	107,100	4,400	5.125	1.50	90	95	9.44	7.12	.10	7.10	.86	3.46	3.56	.200	1030G
1035G	163,800	3,900	5.875	2.00	135	135	11.00	8.24	.10	8.32	1.12	4.02	4.12	.200	1035G
1040G	270,900	3,600	7.250	2.50	210	225	12.50	9.40	.16	9.66	1.12	4.54	4.70	.320	1040G
1045G	371,700	3,200	8.125	3.00	290	310	13.62	10.60	.16	10.79	1.12	5.14	5.30	.320	1045G
1050G	500,900	2,900	9.000	3.50	415	450	15.31	12.00	.20	12.04	1.50	5.80	6.00	.400	1050G
1055G	655,200	2,650	10.000	4.00	590	620	16.75	14.00	.20	13.16	1.50	6.80	7.00	.400	1055G
1060G	800,100	2,450	11.000	4.50	740	740	18.00	15.20	.24	14.41	1.00	7.34	7.60	.520	1060G
1070G	1,197,000	2,150	13.000	5.00	1180	1180	20.75	18.00	.33	16.73	1.12	8.67	9.00	.660	1070G

* See page 15 for General Information and other Reference Notes.

Figura 4.3 Datos Técnicos de Acople ofrecido por Ducasse (/6/)

4.2.3 Renovación de toda la línea 2

Si bien esta opción es la más costosa, en este caso parece ser una opción viable, debido a que la línea de vidrio lleva funcionando una gran cantidad de años, que tiene una utilización demasiado baja, con fallas que se presentan frecuentemente, manteniendo la producción en constantes detenciones y aumentando cada vez más el costo de producción. Teniendo en cuenta los citados detalles, se debe considerar la opción de adquirir una nueva Línea de Vidrio.

En la siguiente Tabla 4.1, podemos apreciar el “tiempo pagado” y “tiempo perdido” en los seis meses de estudio, donde es notoriamente alto el tiempo perdido, alcanzando un promedio final de 53%, con aproximadamente 154 horas pérdidas al mes que, con una nueva línea disminuirían considerablemente pudiendo alcanzar la utilización el 90%.

Tabla 4.1 Promedio de tiempo pagado y tiempo perdido Agosto 2015 – Enero 2016

	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Promedio En minutos	En Horas
Tiempo Pagado	17426	15397	16850	17734	18330	19062	17466,5	291,11
Tiempo Perdido	9541	7665	9842	9483	9098	9912	9256,83	154,3

La empresa Coca Cola Embonor S.A ha encargado la creación de una nueva línea de vidrio a la empresa alemana Krones AG, esta última ha entregado un layout que se puede apreciar en la Figura 4.4 mostrada a continuación. La línea propuesta cuenta con un rendimiento teórico de 30.000 [bph], superando por 8000 [bph] al rendimiento teórico de la línea actual, lo que asegura un margen para atender crecimientos en la demanda.

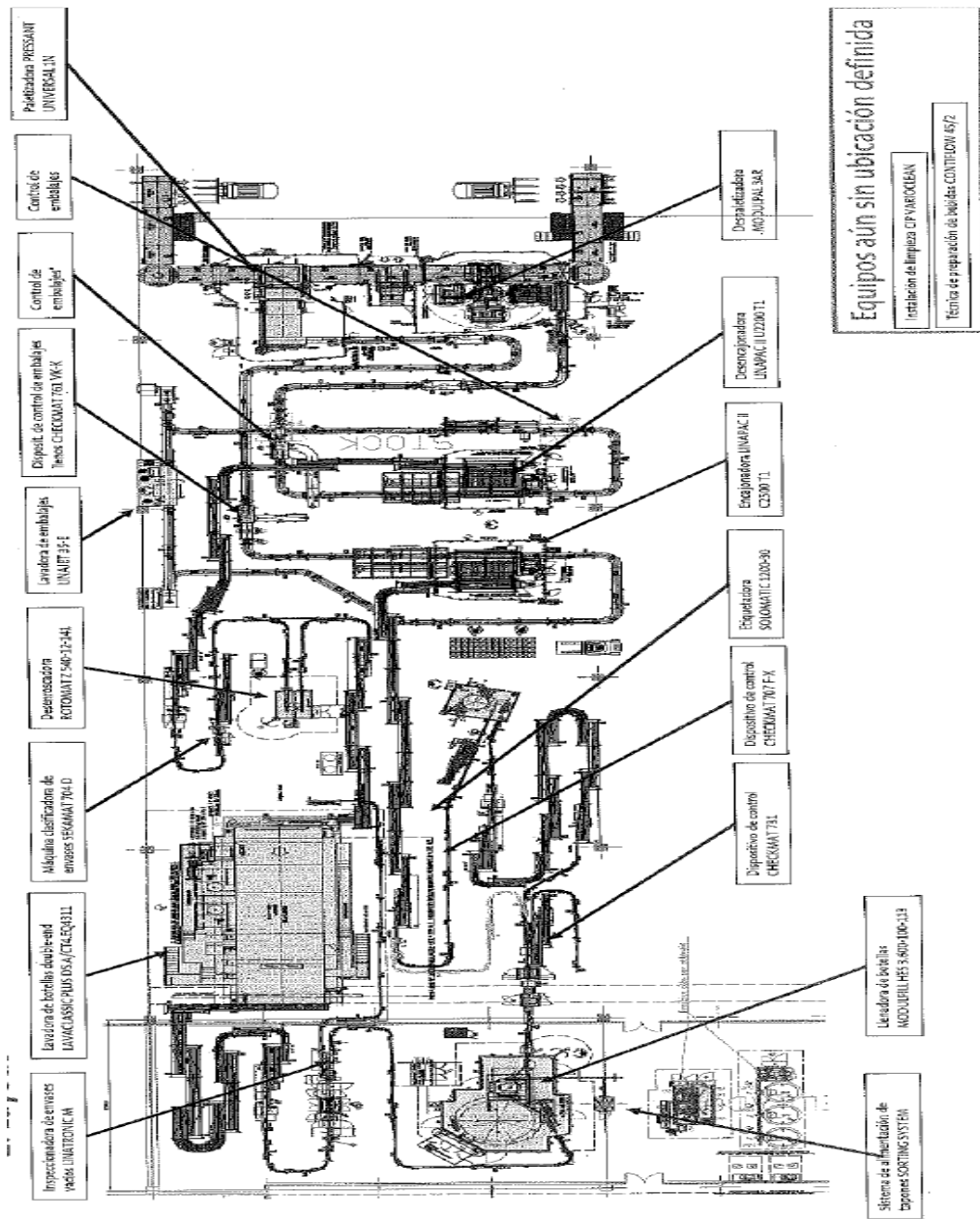


Figura 4.4 Layout nueva Línea de Vidrio propuesta por Empresa Krones. (/5/)

A continuación se especifican las maquinas más importantes de la potencial nueva línea de vidrio entregada por la empresa Krones S.A. y que se puede apreciar en el layout anterior.

a) Despaletizadora Modulpal 3AR (/9/):

En el soporte de la Despaletizadora está fijado un cabezal de agarre, este toma la capa de embalajes de la estación de pallets, gracias a los servo accionamientos le es posible desplazarse de forma altamente dinámica hacia las posiciones de recogida y colocación. El portacabezales transporta la capa a la posición definida, el campo de trabajo es de 360°. El rendimiento de este modelo es de 500 capas por hora.

La tecnología de servoaccionamiento está exenta de mantenimiento en toda la máquina y los componentes de repuesto de la máquina están estandarizados.

En la Figura 4.5 se aprecia los datos técnicos de la Despaletizadora Modulpal 3AR y en la Figura 4.6 se observa la imagen referencial.

Modelo	Capacidad de carga (kg)	Rendimiento (impulsos/h) no retornables*/retornables	Área de trabajo carrera horizontal/ángulo de giro	Elevación vertical (mm)
Modulpal 2AC	300	400 / —		
Modulpal 2A	700	360 / 500	3.400 mm	
Modulpal 3A	550	360 / 500	± 110°	máx. 6.000
Modulpal 3AR	700	360 / 500	360°	
Modulpal 1A	700	400 / —		

*) Datos sobre el rendimiento sin procesamiento de placas intercaladas

Figura 4.5 Datos técnicos Despaletizadora Modulpal 3AR (/9/)

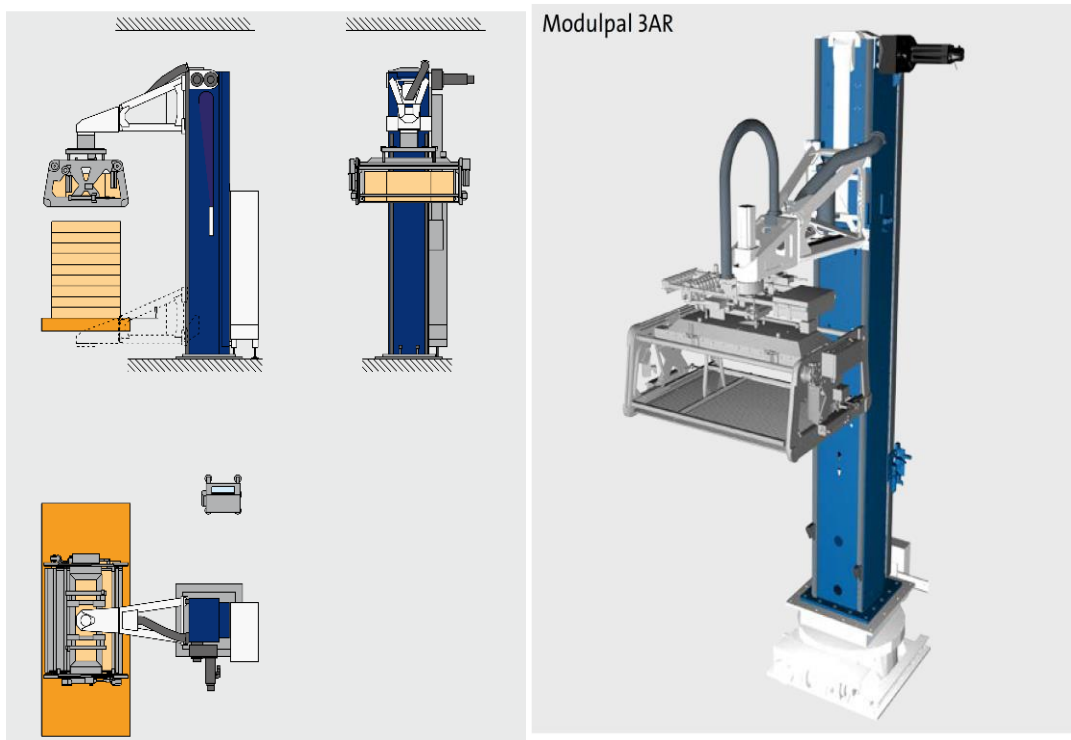


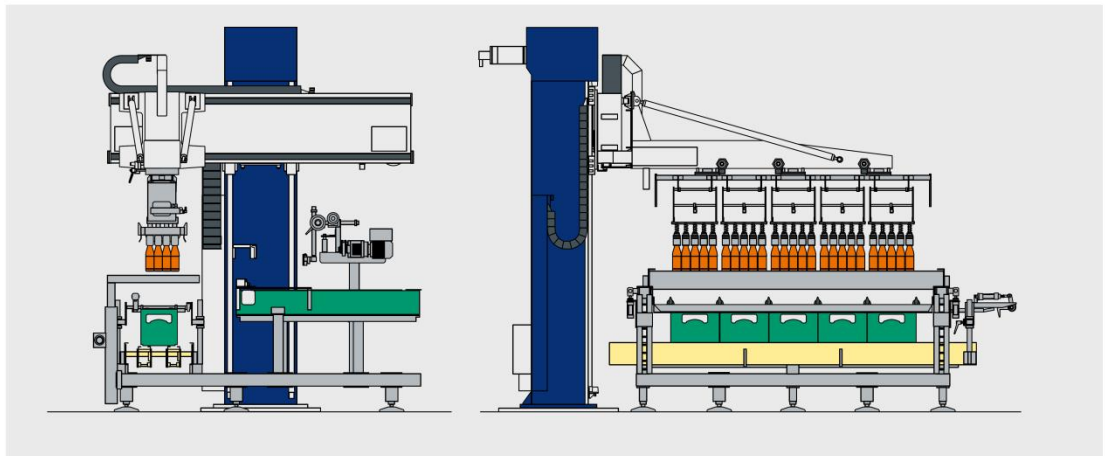
Figura 4.6 Despaletizadora Modulpal 3AR (/9/)

b) Encajonadora y Desencajonadora Linapac II (/10/)

La encajonadora Linapac II trabaja por impulsos y puede servir de encajonadora o desencajonadora o para aplicaciones combinadas. Durante el encajonado, los envases llegan en una o varias mesas portaenvases y son distribuidas en vías, a continuación los cabezales de agarre toman los envases, los conducen a la posición encajonado y los colocan en jabas vacías. Al ser el accionamiento de columna vertical y el eje horizontal independientes el uno del otro, es libremente programable permitiendo dirigirse a diferentes lugares dentro del campo de trabajo. Posee un mando preciso que garantiza

movimientos de exactitud milimétrica y un comportamiento suave durante el arranque y frenado.

En la Figura 4.7 se puede observar el rendimiento por impulsos de la desencajonadora y encajonadora ambas maquinas funcionara con una vía, cabe destacar que la encajonadora entrega las botellas a una caja de plástico.



Tamaño constructivo	Longitud del bloque de embalajes (mm)	Rendimiento (impulsos por hora)		Rendimiento (impulsos por hora)		
		<i>de 1 vía</i>		<i>de 2 vías</i>		
Desencajonadora		<i>de 1 vía</i>		<i>de 2 vías</i>		
Encajonadora		Desencajonadora	Encajonadora	Desencajonadora	Encajonadora	
			Cajas de plástico	Cajas de cartón	Cajas de plástico	Cajas de cartón
1600	1.600	560	520	460	440	380
1800	1.850	550	500	440	420	370
2200	2.100	530	480	420	400	360
2500	2.450	500	450	400	380	350
2900	2.900	470	420	380	360	340

Figura 4.7 Datos técnicos Encajonadora y Desencajonadora Linapac II (/10/)

A continuación en la Figura 4.8 se puede observar las distintas variantes de disposición de envases a la entrada y salida de la encajonadora o desencajonadora, en ambos casos se ocupara la versión T.

Variantes de disposición

La Linapac II existe en diferentes tamaños siendo adaptable a diversas gamas de rendimientos. Los diferentes modelos se distinguen simplemente en la anchura de la mesa portaenvases y en la longitud del transportador de embalajes. Para todos los tamaños constructivos KRONES ofrece diferentes variantes de disposición adaptados perfectamente a sus exigencias. Entre otras existen las siguientes disposiciones estándares:

- Versión T para envases redondos
- Versión H para envases de forma especial y multipacks
- Versión HT opcionalmente para envases redondos o multipacks

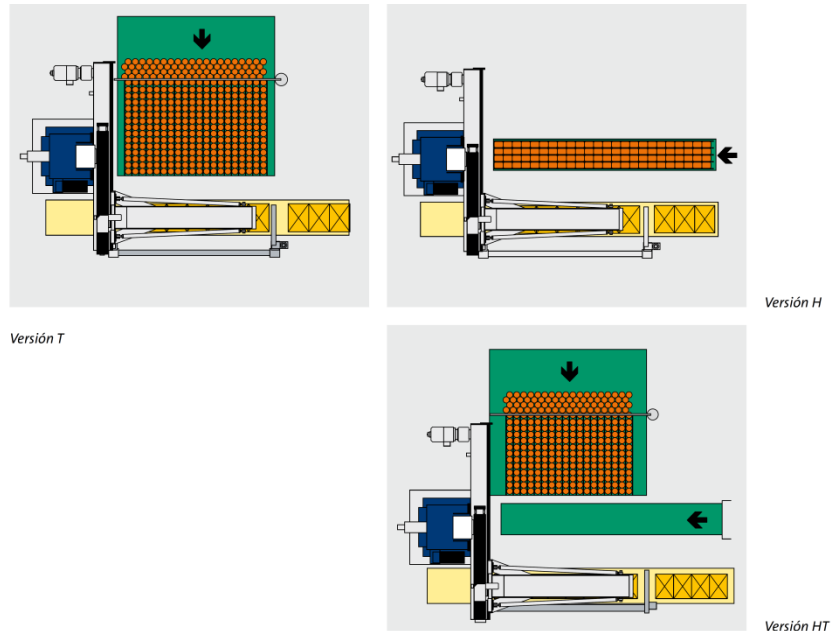
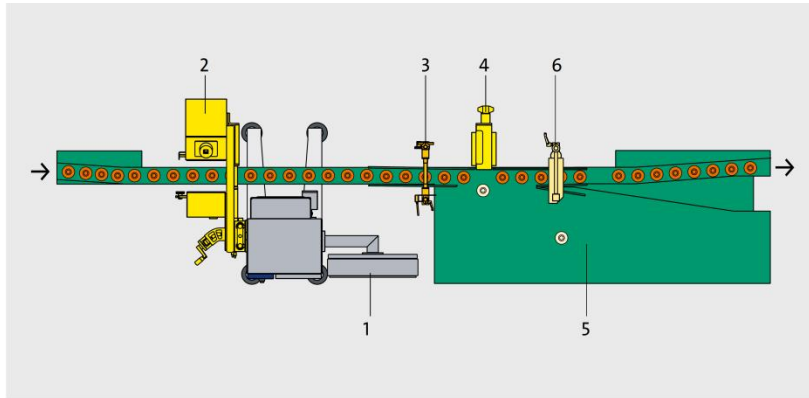


Figura 4.8 Variantes de disposición de entrada y salida de envases (/10/)

c) Clasificadora de envases, Sekamat 704D (/11/)

La unidad de control y de mando se instala directamente en el transportador. Los envases pasan colocados uno junto a otros por la estación de control. Dependiendo del programa de clasificación ajustado a la cámara esta detecta sus propiedades características. Las señales de la cámara son analizadas en tiempo real y comparadas con los estándares memorizados y sus respectivas tolerancias de producción aceptables posteriormente los envases son separados por tipos y repartidos en un máximo de cinco vías.



Campo de aplicación

Clasificación de envases vacíos de vidrio y PET

Gama de rendimientos

Rendimiento nominal de hasta 72.000 envases por hora

- 1 Pantalla táctil con caja para el sistema electrónico de evaluación
- 2 Unidad de detección
- 3 Trigger de confirmación
- 4 Ejector
- 5 Mesa de eliminación
- 6 Control de eliminación

Figura 4.9 Datos técnicos Clasificadora de envases Sekamat (/11/)



Figura 4.10 Clasificadora Sekamat (/11/)

d) Lavadora de Botellas Lavaclassic (/12/)

Después de entrar en la máquina, las botellas pasan por diferentes zonas de tratamiento: En el remojo se calientan primeramente y se liberan de la suciedad más importante. A continuación, atraviesan los baños de inmersión en sosa cáustica para quitar completamente los restos de suciedad y de etiquetas. Durante esta fase, el primer baño de sosa cáustica puede ser utilizado de forma multifuncional como bucle simple. Para que abandonen la máquina sin restos de Soda Cáustica ni otros residuos, se enjuagan varias veces y al final se rocían con agua fresca. Para reducir el consumo a un nivel mínimo durante este proceso, la cantidad de agua entrante se regula dependiendo de las necesidades actuales y a continuación, se vuelve a utilizar en otras zonas de la máquina. La carga y la descarga de la LavaClassic se encuentran en dos lados opuestos de la máquina según el principio double-end. Su diseño de tipo Clean Design garantiza una gran seguridad microbiológica.

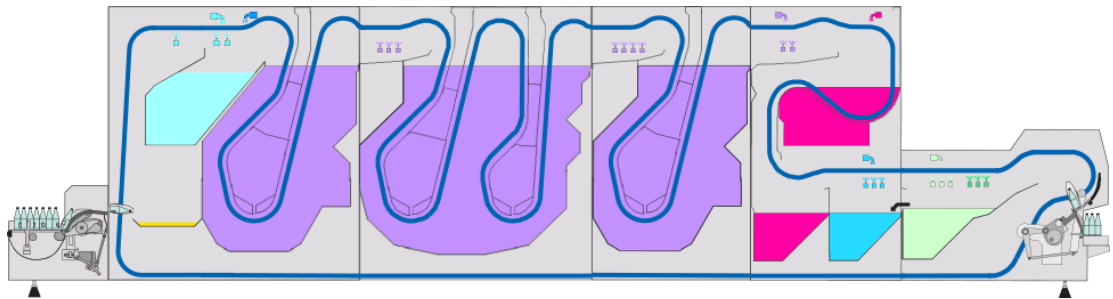


Figura 4.11 Módulos Lavadora de envases Lavaclassic (/12/)

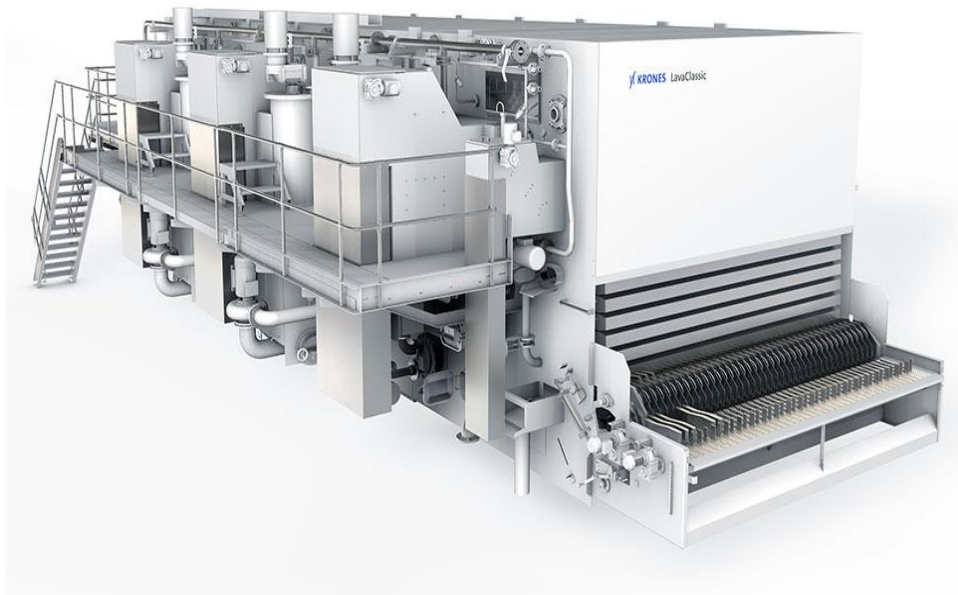


Figura 4.12 Lavadora Lavaclassic (/12/)

e) Inspeccionador Linatronic (/13/)

Encargada de inspeccionar los envases vacíos y descartar aquellos que no estén limpios ni sean adecuados para ser llenados.

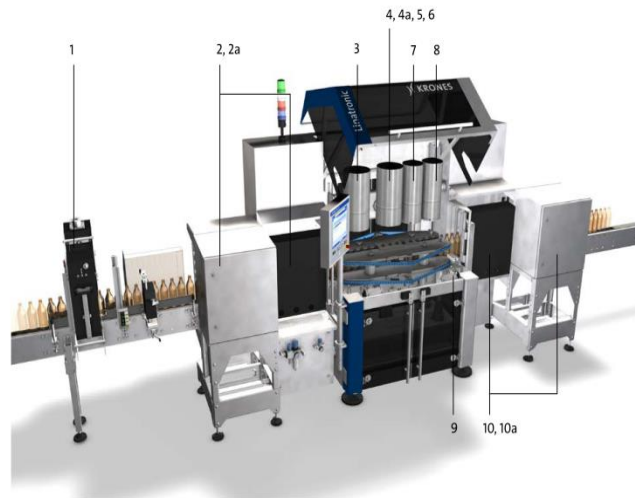
El rendimiento máximo es de 72000 [env/hr]

Campo de aplicación

Control de envases vacíos de vidrio y PET

Características de construcción

- Hygienic Design ampliado:
 - Menos superficie por eliminar el tablero de mesa
 - Resistentes correas de transporte que repelen la suciedad y la humedad
 - Superficie cerrada en la estación de correas de transporte
- Unidades de cámara modulares de fácil reequipamiento
- Iluminación por LEDs de prolongada vida útil
- Correas de transporte y unidades por cámara de regulación automática
- No se forman aglomeraciones de suciedad por el flujo de botellas
- Software de inspección DART (Distributed Architecture for Real Time):
 - Precisión en los resultados de inspección
 - Cuota mínima de eliminaciones erróneas
 - De fácil manejo
- Sistema de eliminación Ecpush:
 - Sin consumo de aire
 - Ocupa menos espacio
 - Es silencioso



Ejemplo de una Linatronic con todos los equipos instalados

Unidades de inspección:

- 1 Detección de envases ajenos (cámara)
- 2 Control de pared con detección de marcas de roce (scuffing)
- 2a Filtro auxiliar: detección de restos de film (cámara)
- 3 Control de las superficies de estanqueidad (cámara)
- 4 Inspección del fondo con campo claro
- 4a Filtro auxiliar: detección de restos de film y esquirlas de vidrio
- 5 Detección de líquidos residuales (infrarrojos)
- 6 Inspección de la pared interior (cámara)
- 7 Inspección de toda la rosca o detección de roturas en el fondo (cámara)
- 8 Control de la parte lateral de la boca (cámara)
- 9 Detección de restos de sosa cáustica (alta frecuencia)
- 10 Control de la pared (cámara)
- 10a Filtro auxiliar: detección de restos de film (cámara)

Figura 4.13 Datos técnicos Inspeccionador Linatronic con todos los equipos instalados. (/13/)

f) Máquina llenadora Modulfill HES (/14/)

El rendimiento de esta máquina es de 78.000 envases por hora

El envase de vidrio se presiona contra la válvula y se presuriza. Cuando en el depósito anular y en el envase de vidrio existe la misma presión, comienza el proceso de llenado y se detiene cuando el nivel del líquido alcanza el final del tubo de retorno de aire, impidiendo de esta forma que el gas pueda salir del envase de vidrio lo que da la señal para el cierre de la válvula de llenado. Después de una fase de estabilización, la válvula de descarga reduce la presión en el espacio libre superior del envase de vidrio el producto llenado sale de la máquina. (Ver Figura 4.14 para mejor entendimiento)

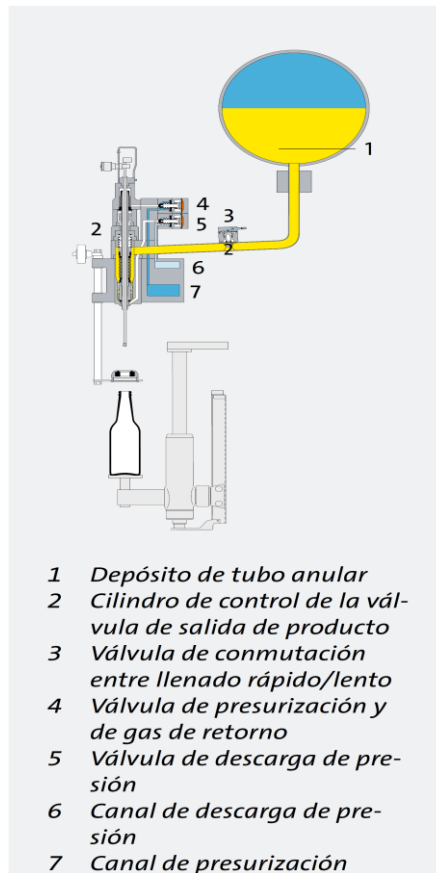


Figura 4.14 Principio de Funcionamiento Llenadora Modulfill HES (/14/)

g) Etiquetadora Solomatic (/15/)

Etiqueta en frío los envases llenos para luego pasar a la encajonadora, el diámetro de la mesa portaenvases es de 1200 [mm] y el rendimiento máximo es de 55000 [env/hr]



Figura 4.15 Etiquetadora Solomatic (/15/)

h) Inspeccionador Checkmat 731 (/16/)

Encargado de inspeccionar el producto lleno, tapado y etiquetado que se dirige a la encajonadora para agruparlo en jabas. En la Figura 4.16 mostrada a continuación aparecen detalles más específicos.

Todo es posible

Sin lugar a dudas, es el jefe de la familia Checkmat. El multivalente domina todos los procesos de medición y sabe tratar todos los productos. En su sistema básico central, se pueden montar todas las variantes de controles de nivel de llenado, tapones y etiquetas. Ud. mismo decide con cuál quiere trabajar. Y caso de que más adelante cambien sus necesidades de inspección, el Checkmat 731 puede ampliarse de forma sencilla y económica, manteniéndose abiertas todas las posibilidades para el futuro.

Columna básica

Bajo una superficie de acero inoxidable, el «corazón» del Checkmat 731 comprende todo el sistema electrónico de mando y un ordenador central. Fabricada en alta calidad según el diseño higiénico, la columna puede limpiarse fácilmente y además tiene un aspecto muy atractivo.



Campo de aplicación

- Control del nivel de llenado
- Control de tapones
- Gestión de la llenadora
- Control de etiquetas

Manejo

- Se opera mediante una pantalla táctil de 15 pulgadas.
- El nuevo paquete de software hace que la operación del Checkmat 731 sea tan fácil como nunca. Un programa auxiliar guía a través de los menús permitiendo una navegación segura y orientada a las tareas.

Ventajas

- **Récord en rendimiento**
Dependiendo de la aplicación respectiva, la inspeccionadora de alto rendimiento controla hasta 120.000 envases por hora
- **Gran seguridad**
La protección individual por transpondedor garantiza un alto estándar de seguridad.
- **Capacidad de ampliación**
Mediante la sofisticada construcción modular, otras funciones pueden ser reequipadas en todo momento.
- **Diagnóstico y mantenimiento a distancia**
Sobre demanda, el control y la parametrización pueden realizarse por un especialista de KRONES mediante el Remote Service.
- **Concepto de manejo uniforme**
Para la máxima facilidad de manejo todas las máquinas de KRONES tienen un único concepto de operación.

Figura 4.16 Detalles técnicos Inspeccionador Checkmat 731 (/16/)

i) Paletizadora Pressant 2500 1N (/17/)

Tiene un rendimiento de 270 [capas/h].

Primero los embalajes se juntan formando capas en una estación de agrupamiento. A continuación, se levanta la capa completa y con un movimiento de giro de 90°, se le coloca encima del palet donde luego se deposita. (Ver Figura 4.17)

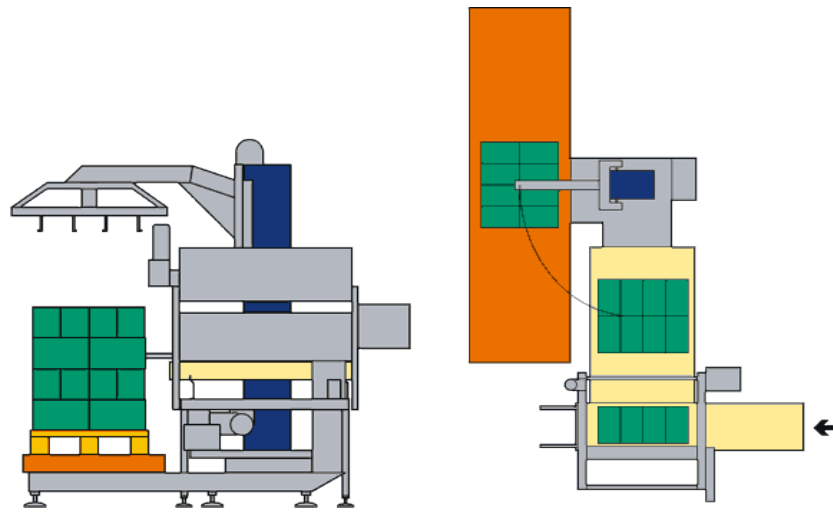


Figura 4.17 Principio de funcionamiento Paletizadora Pressant 2500 1N (/17/)

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE SOLUCIONES

5 Matriz de Decisiones

Para facilitar la toma de decisiones a la empresa, el suscrito en conjunto con personal del Departamento de Mantenimiento de la Empresa Coca-Cola Embonor S.A. realizó la matriz de decisiones presentada en este capítulo.

5.1 Criterios

A continuación se detallan los 4 criterios seleccionados y sus respectivos valores con respecto a la influencia que tienen en la decisión, se explica también el método para asignar la nota a cada criterio en una escala entre 0 y 10:

a) Costos del desarrollo:

- Cuando más cerca de 0 se encuentra el valor, más costosa es la implementación de dicha solución. Por otra parte si el valor es cercano o es 10, el costo monetario es menor.
- Se considera que el costo del desarrollo influye un 20% en la decisión, esto debido a que se considera como una inversión en que puede lograr ser recuperada.

b) Aumento de la productividad:

- Este valor entre más cercano a 10 quiere decir que la productividad aumentara considerablemente al implementar la mejora.
- Este punto se considera con una influencia del 30% en la decisión debido a que al aumentar la productividad de la línea, puede recuperarse la inversión.

- c) Beneficio para la empresa:
- Muestra cuanto beneficio puede traer dicha solución a la empresa a futuro, siendo 10 el máximo y 0 el mínimo.
 - El Beneficio para la empresa se considera con un 30% de influencia puesto que considera un general de las mejoras en tiempos perdidos y beneficios económicos que traerá consigo cada mejora.
- d) Tiempo de implementación:
- Al igual que el costo de desarrollo, esta escala es inversa, entre menor sea el tiempo de desarrollo del proyecto más cercano a 10 el indicador.
 - Se considera solo con un 20% debido a que si bien, la línea de vidrio en la planta deberá ser detenida para las modificaciones, los pedidos pueden ser absorbidos por stock o por otras plantas dependiendo del tiempo de detención.

5.2 Análisis de la Matriz de Decisiones

Tabla 5.1 Matriz de Decisiones

Criterio	Valor	Volver Sistema Original	Mejora Sistema Actual	Renovación de nueva Línea de Vidrio
Costo del desarrollo	20%	8	7	1
Aumenta la productividad	30%	4	6	9
Beneficio para la empresa	30%	3	5	9
Tiempo de implementación	20%	4	5	2
Total	100%	4,5	5,7	6

Se analizan las notas de los dos puntajes más elevados de la matriz de decisiones y que son:

- Mejora del Sistema Actual:
 - Costo del Desarrollo: la nota colocada en este punto es 7, puesto que en comparación a cambiar la Línea de Vidrio completa la inversión es muy baja, aproximadamente 430.000 CLP por cada acople, considerando que son 3 tamaños se consideran 1.290.000 CLP en inversión primaria de prueba.
 - Aumento de la productividad: En este punto la nota es 6, debido a que si bien aumentará la productividad de la llenadora no será considerablemente, puesto que la línea tiene muchos problemas relacionados con la antigüedad de ésta y que no solo se deben a las fallas del Sin fin.
 - Beneficio para la empresa: La nota es 5, puesto que aumentará la utilización y beneficios a la empresa al eliminar algunos de los tiempos perdidos por fallas mecánicas pero al igual que el punto anterior, hay otros problemas que no solucionará, debido a la antigüedad.
 - Tiempo de implementación: la nota colocada en este punto es 5, puesto que es de 30 días de entrega por la empresa Ducasse, pero también se debe considerar el funcionamiento y seguimiento de la mejora.

- Renovación completa de la Línea de Vidrio:
 - Costo del Desarrollo: la nota colocada en este punto es 1, ya que la compra de una línea completa a una Empresa Alemana es una gran inversión, si bien las cifras monetarias de dicha línea están en

conversaciones y son propiedad de la empresa, se puede asumir el elevado costo de cada una de las máquinas de la línea de vidrio.

- Aumento de la productividad: En este punto la nota colocada es 9, debido a que aumentará la productividad de toda la línea, pudiendo mejorar los números considerablemente en la utilización de la línea.
- Beneficio para la empresa: La nota es 9, puesto que aumentará la utilización y beneficios a la empresa al eliminar los tiempos perdidos por fallas mecánicas. Se aumentara la utilización de la línea y también se equipararan tiempos pagados y tiempos trabajados, lo que traerá beneficios importantes.
- Tiempo de implementación: la nota colocada en este punto es 2, puesto que, si bien la Línea de Vidrio estará detenida en la planta por un tiempo considerable, puede satisfacerse la demanda con stock disponible o con la ayuda de otras plantas de la zona centro del país.

En la Tabla 5.1 se aprecia, que si bien, la inversión más costosa y que lleva mayor tiempo de desarrollo es la adquisición e implementación de una nueva línea de vidrio, es la que trae mayor beneficio a largo plazo, teniendo en cuenta las condiciones en que se encuentra operando la línea actual, su antigüedad y la baja utilización que tiene, las pérdidas son considerables por lo que la citada opción es viable de ser considerada.

IV CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

La línea de vidrio de la planta embotelladora en la cual se desarrolló el presente trabajo, es una línea antigua y con muchos años operando, por lo que es entendible que su productividad disminuya en el tiempo, especialmente si no existen procedimientos estandarizados de mantenimiento. Es de vital importancia para un proceso productivo de cualquier empresa ir modificando y actualizando los procesos de mantención de las diferentes máquinas que se operan, como también tener un registro óptimo y claro de todos los procedimientos de mantención, registros de insumos, tiempos perdidos y modificaciones de la línea, entre otros datos importantes. Un ejemplo claro del problema de registros es la modificación que hizo la empresa del tornillo sin fin en la llenadora, este cambio si bien tiene un objetivo importante, como es el disminuir el tiempo de ajuste de la máquina al cambiar el tamaño de la botella, generó muchas detenciones posteriores y problemas mecánicos que disminuyen la producción. De dicha modificación no existe un documento claro en donde se encuentren los planos o se realice un estudio para ver la factibilidad ni el seguimiento después de la mejora. Por ello, es importante que para cualquier solución que se considere desde este punto, se tomen en cuenta los siguientes elementos:

- El registro de datos en una planilla estándar clara, de fácil empleo y lectura, que considere los elementos más importantes necesarios para un óptimo funcionamiento, que permitan detectar el motivo de las fallas de manera rápida, dando soluciones a los problemas desde su raíz y no solo de manera superficial.
- Un plan de mantención estandarizado, es importante que se haga de forma preventiva y no correctiva, con un análisis sistemático en periodos preestablecidos, destinado a detectar las distintas fallas que ocurren en la línea y ajustar o actualizar el mantenimiento según estos estudios.

- Capacitar de manera óptima a los operarios de las líneas tras hacer una mejora o cambio en la línea.

Acorde a lo apreciado en la Matriz de Decisiones la solución más beneficiosa y que se propone a la empresa, es la renovación completa de la Línea de Vidrio; lo que asegurará una óptima producción siempre y cuando se tomen en cuenta y se adopten las sugerencias mencionadas anteriormente.

La segunda alternativa entregada acorde al estudio de la matriz de decisiones, es la mejora de los acoples del tornillo sin fin del sistema actual, alternativa que trae beneficios a corto plazo y constituye una inversión significativamente menor en comparación con la solución anterior, sin embargo, será de corta duración puesto que la Línea de Vidrio ha superado su vida útil.

En este trabajo se demuestra que el análisis procedente de las áreas propias de la Ingeniería Mecánica pueden aportar a la detección de errores, percibiendo soluciones factibles a desarrollar.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Manual de Calidad, Coca-Cola Embonor S.A. Concón, Valparaíso, Chile. 2003.
- (2) HAACP, Empresa Coca-Cola Embonor S.A. Concón, Valparaíso, Chile. 2004.
- (3) Tablas Excel de Datos y Producción Mensual de la Línea 2 HK de Vidrio, Empresa Coca Cola Embonor S.A. Concón, Valparaíso, Chile, Agosto 2015 a Enero 2016.
- (4) Layout actual Línea 2 HK de Vidrio, Empresa Coca Cola Embonor S.A. 2016
- (5) Layout Propuesto para la nueva Línea de Vidrio, Empresa Krones AG, 2016
- (6) Catálogos e información de empresa Ducasse Comercial Ltda.
<http://www.ducasse.cl/productos/acoplamiento-y-frenos/acoplamiento-mecanicos.html>
- (7) http://www.embonor.cl/wps/wcm/connect/embonor/Sitio/Home/La_Empresa/Historia/
- (8) https://www.google.cl/maps/place/Coca+Cola+Embonor+S.A./@-32.9322342,-71.4692953,13z/data=!4m2!3m1!1s0x0:0x7bd35f96c683c1a2?sa=X&ved=0ahUKEwi5u5CEybLOAhUHTJAKHUIpDr8Q_BIIczAK
- (9) <http://www.krones.com/es/products/embalado/robot-paletizador-de-una-columna.php>
- (10) <http://www.krones.com/es/products/embalado/encajonadora-y-desencajonadora-con-columna-elevadora.php>

- (11) <http://www.krones.com/es/products/llenado/clasificador-de-envases.php>
- (12) <http://www.krones.com/es/products/llenado/la-robusta-lavadora-de-entrada-y-salida-por-dos-lados.php>
- (13) <http://www.krones.com/es/products/llenado/inspeccion-lineal.php>
- (14) <http://www.krones.com/es/products/llenado/krones-sistemas-de-llenado-para-refrescos.php>
- (15) <http://www.krones.com/es/products/llenado/etiquetadoras-de-adhesivo-frio.php>
- (16) <http://www.krones.com/es/products/embalado/paletizadora-y-despaletizadora.php>

ANEXOS

Anexo A Mail de cotización entregado por Ducasse Comercial Ltda.

Por cotizar el siguiente acoplamiento según datos de aplicación:

PLAMIENTO RÍGIDO 1025682, FALK → PRECIO DE VENTA = \$ 427.350 C/U + IVA → PLAZO DE ENTREGA

adjunta ficha técnica.

5,



Patricio Toloza J.
Ingeniero Productor - Div. Acoplamientos & Frenos
☎ (56) 223557190 - Anexo 1781 ☑ (569) 93224547
Av. Lib. Bernardo O'Higgins 1460 Piso 9, Santiago, Chile
✉ patricio.toloza@ducasse.cl www.ducasse.cl

