TESIS
FID998
N3
V.1

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

"DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA QUE DISMINUYA EL DESPERDICIO QUE SE GENERA EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAVERAS Y BOTELLAS EN LA LÍNEA DE ENVASADO DE UNA INDUSTRIA CERVECERA"

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA

REALIZADO POR: ERNESTO NAVARRO STOLK
CARLOS SEMINARIO VELARDE

PROFESOR GUIA: ING. JOSÉ LUIS RODEIRO

FECHA: Caracas, 2 de Septiembre de 1998.

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

"DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA QUE DISMINUYA EL DESPERDICIO QUE SE GENERA EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAVERAS Y BOTELLAS EN LA LÍNEA DE ENVASADO DE UNA INDUSTRIA CERVECERA"

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: DIECINUEVE (19)

JURADO EXAMINADOR

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: JOSE RODEIRO	Nombre: DILIO SATURNO	Nombre: Nelson Belarde

REALIZADO POR: ERNESTO NAVARRO STOLK
CARLOS SEMINARIO VELARDE

PROFESOR GUIA: ING. JOSÉ LUIS RODEIRO

FECHA: Caracas, 2 de Septiembre de 1998.

A Milena,
a mis hermanos,
a mis padres y en especial
a mi papá por todo el ejemplo, confianza y
apoyo durante mi carrera.
Gracias a todos.

Ernesto Navarro S.

A mis padres y hermanos,
por el apoyo brindado;
a Ronni,
por haber estado a mi lado

Carlos

ETAPA PRELIMINAR

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas aquellas personas que directa o indirectamente colaboraron con la realización del presente Trabajo Especial de Grado.

En especial, agradecemos a Cervecería Polar por la oportunidad de tan excelente experiencia, además del apoyo e interés constante en el seguimiento de nuestro trabajo. Al igual que la ayuda proporcionada para el suministro de información relevante para nuestro desarrollo del trabajo. Sin embargo un representativo agradecimiento a todo el personal que labora en envasado por la ayuda y cooperación incondicional que nos fue brindada.

Finalmente, y no menos importante, queremos agradecer a nuestro tutor Ing. José Luis Rodeiro, por la paciencia, orientación y apoyo en la realización del presente trabajo de grado; que junto con el Ing. Juan Alberto Seijas, quien al igual nos brindo el más sincero apoyo incondicional en todo momento, nos permitieron que culminara con éxito el presente Trabajo Especial de Grado.

Ernesto Navarro S.

Carlos Seminario V.

INDICE GENERAL

ETAPA PRELIMINAR i

AGRADECIMIENTOS i

INDICE GENERAL ii

INDICE DE TABLAS, DIAGRAMAS Y FIGURAS iv

SINOPSIS vi

OBJETIVOS, ALCANCES Y LIMITACIONES viii

INTRODUCCIÓN ix

CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA 1

1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE CERVECERIA POLAR 1

1.2 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA INTERNA 1

1.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CERVEZA 2

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 5

2.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN JUSTO A TIEMPO (JIT) 5

2.2 MANUFACTURA DE CATEGORÍA MUNDIAL 6

2.3 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) 6

2.4 DESPERDICIOS 8

CAPITULO III: METODOLOGÍA 11

3.1 ETAPA 1: ENTENDER EL PROCESO 12

3.2 ETAPA 2: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 12

3.3 ETAPA 3: OBSERVACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN 13

3.4 ETAPA 4: ANÁLISIS DE LOS DATOS 14

3.5 ETAPA 5: DESARROLLO DE SOLUCIONES APROPIADAS 15

CAPITULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO 16

4.1 ETAPAS DEL PROCESO DE ENVASADO 16

4.2 DIAGRAMA DE PROCESO 19

4.3 ESQUEMA DEL PROCESO 20

CAPITULO V: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 21

CAPITULO VI: LEVANTAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN 22

6.1 EQUIPOS DEL PROCESO DE ENVASADO 22

6.1.1 TIEMPO OCIOSO DE EQUIPOS *22*
6.1.2 EFECTIVIDAD GLOBAL DE EQUIPOS *35*
6.2 MATERIALES 37
6.2.1 MERMA *37*
6.2.3 BOTELLAS ROTAS *39*
6.2.2 EXCESO DE MATERIAL EN PROCESO *40*
6.3 ESFUERZO 44
6.3.1 DESPERDICIO EN EL TIEMPO DE LOS OPERARIOS *44*
6.4 DESPERDICIO POR TRANSPORTE 48
CAPITULO VII: PLANTEAMIENTO DE LAS MEJORAS PROPUESTAS 53
7.1 EQUIPOS 53
7.1.2 PARADAS PROPIAS *53*
7.1.2 PARADAS AJENAS *53*
7.2 MATERIALES 59
7.2.2 REDUCCION DE MATERIAL *60*
7.2.3 ROTURA DE BOTELLAS *61*
7.3 ESFUERZO 61
7.4 OTROS 62
CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 64
8.1 CONCLUSIONES 64
8.2 RECOMENDACIONES 64
BIBLIOGRAFIA 68

INDICE GENERAL DE TABLAS, DIAGRAMAS Y FIGURAS

FIGURA 1: ESTRUCTURA ORGANIZATIVA INTERNA....2
FIGURA 2: ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA GERENCIA DE ENVASADO....2
FIGURA 3: PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CERVEZA....3
FIGURA 4. FUENTES DE DESPERDICIO....10
DIAGRAMA 3.1: ETAPAS DE LA METODOLOGÍA....11
DIAGRAMA 4.1: DIAGRAMA DEL PROCESO....19
FIGURA 5.1: FORMA DE AGRUPAR LOS DESPERDICIOS....21
GRÁFICO 6.1: DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO EN EL TURNO DE PRODUCCIÓN....22
TABLA 6.1: TIEMPO OCIOSO DE LOS EQUIPOS....23
TABLA 6.2: TIPOS DE PARADAS Y SU DURACIÓN POR CADA EQUIPO....23
TABLA 6.3: CUANTIFICACIÓN ECONÓMICA DE LAS PARADAS....26
TABLA 6.4: PARADAS PROPIAS DE LOS EQUIPOS....27
TABLA 6.5: PARADA PROPIA DE CONOS, INSPECTORES Y LLENADORA....27
DIAGRAMA 6.1: CAUSA Y EFECTO DE LAS PARADAS PROPIAS DE LA LAVADORA....28
DIAGRAMA 6.2: CAUSA Y EFECTO DE LAS PARADAS PROPIAS DEL CONO SIN PRESIÓN....28
DIAGRAMA 6.3: CAUSA Y EFECTO DE LAS PARADAS PROPIAS DEL CONO SIN PRESIÓN....29
DIAGRAMA 6.5: CAUSA Y EFECTO DE LAS PARADAS PROPIAS DEL EMBALADOR....30
DIAGRAMA 6.6: CAUSA Y EFECTO DE LAS PARADAS PROPIAS DEL PALETIZADOR....30
TABLA 6.6: INFLUENCIA DE LAS PARADAS AJENAS SOBRE EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN....31
GRÁFICO 6.2: DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE VELOCIDADES....34
TABLA 6.7: EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS....36
FIGURA 6.3. PROPORCIONES DE BOTELLAS RECHAZADAS POR INSPECTORES DE LLENO....38
TABLA 6.8: TOTAL DE PÉRDIDAS POR MERMA....39
GRÁFICO 6.3: CLASIFICACIÓN Y CANTIDAD PERMANENTE DE MATERIAL EN PROCESO....43
TABLA 6.9: RESULTADO DEL TIEMPO ACTIVO E INACTIVO DE OPERARIOS....46
TABLA 6.10: TIEMPO OCIOSO Y DE INSPECCIÓN POR OPERARIOS....46
GRÁFICO 6.4: DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE LOS OPERARIO....47
TABLA 6.9: CUANTIFICACIÓN ECONÓMICA POR TRANSPORTE....51
GRÁFICO 6.5: IMPACTO ECONÓMICO DE LAS FALLAS EN LOS TRANSPORTADORES....51
GRÁFICO 6.6: VELOCIDAD DE EQUIPOS Y TRANSPORTADORES....52
TABLA 7.1: PORCENTAJE DE LAS PARADAS PROPIAS DE EQUIPOS....54
TABLA 7.2: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DE LA LAVADORA....55
TABLA 7.3: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DE LOS DESEMBALADORES....56
TABLA 7.4: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DE LOS DEPALETIZADORES....56
TABLA 7.5: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DEL PASTEURIZADOR....57

TABLA 7.6: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DE LOS EMBALADORES 58
TABLA 7.7: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DE LOS PALETIZADORES 58
GRÁFICO 7.1: PROPUESTA DE VELOCIDADES..... 59
TABLA 7.8: BENEFICIO POR REDUCCIÓN DE LA MERMA 60

SINOPSIS

El presente trabajo especial de grado está orientado a la identificación de los desperdicios que se generan y están presentes en la línea de envasado de botellas de Cervecería Polar (específicamente la línea 2). En su mayoría estos desperdicios han pasado a formar parte del proceso, siendo desapercibidos o ignorados, en su mayoría, por gran parte del personal.

Sin embargo su identificación, disminución y control ayudarán a que la planta consuma menos insumos, logrando ser más productiva, eficiente y dándole la oportunidad de aumentar su margen de utilidad, fijando un piso más bajo a la hora de competir, gracias a la disminución del costo de producción.

Al hablar de desperdicios nos enfocamos a todo aquello que no sea la cantidad mínima necesaria de equipo, materiales, esfuerzo y transporte absolutamente esenciales para añadir valor al producto, sin restarle el nivel de calidad deseado. Al hablar de desperdicio se referirán cuatro fuentes que lo generan, las cuales son:

Equipos: Son aquellas circunstancias que se oponen al máximo aprovechamiento del equipo, debido a pérdidas del proceso que impiden su operación al 100 %. Es importante lograr que los equipos operen a este nivel, para obtener el mayor beneficio de ellos, generando productos dentro del estándar de calidad deseado.

Se observó que la operatividad de los equipos se ve afectada por el tiempo ocioso de los mismos, el cual se divide en paradas programadas y paradas no programadas. En el caso de la línea de estudio se observa un elevado índice de paradas no programadas las cuales se clasificaron, para efectos del estudio, en paradas propias y ajenas. Se analizó la factibilidad de disminuir dichas causas y su impacto en la línea de envasado. Además, se realizaron paretos de las paradas en cada equipo, de forma de poder determinar cuales producen el 80 % del tiempo ocioso en cada uno de ellos, generando luego posibles soluciones que atacan directamente las causas de las paradas que cayeron en el rango mencionado del pareto. Luego de evaluar el tiempo no operativo, se efectuó el cálculo de la Efectividad Global de Equipos que es un índice del TPM (Mantenimiento Productivo Total) que toma en cuenta todas las pérdidas del equipo al multiplicar la disponibilidad y la eficiencia del rendimiento por la tasa de calidad, indicando que tan bien se están utilizando los equipos, es un índice bastante integral por la cantidad de factores que incluye.

Otro punto interesante del trabajo es el estudio específico para atacar las paradas ajenas de los equipos, que por lo general son causadas por falta de material a la entrada o acumulación de material a la salida. Dicho estudio se centra en determinar y luego comparar las velocidades actuales de los equipos de la línea con sus valores correctos, calculados a partir de las paradas propias de los equipos. Las velocidades correctas pretenden lograr un funcionamiento más continuo de los equipos y se calculan para que sus paradas no afecten a la Llenadora, que es el equipo crítico. El correcto cálculo de velocidades puede evitar; el sobredimensionamiento innecesario de ellas, que genera mayor desgaste y fatiga de los componentes al arrancar y parar, o el subdimensionamiento que generara paradas en los demás equipos.

Materiales: Son todas aquellas pérdidas que se reflejan en el desaprovechamiento de las materias primas y envases.

En esta fuente se pueden generar desperdicios en el desaprovechamiento de materias primas a lo largo de la línea ya sea como, acumulación, rechazo y pérdida de materiales. El análisis que se realizó está directamente relacionado con el manejo de las materias primas y envases como lo son, el líquido de la cerveza o malta, las botellas y las gaveras plásticas.

Esfuerzo: Pérdidas que impiden el máximo aprovechamiento del personal.

En esta fuente de desperdicio se quiere evaluar qué tan bien está distribuida la carga de trabajo en cada uno de los operarios que laboran directamente en la parte operativa de la línea estudiada. Esto servirá para medir en qué medida la empresa está aprovechando su fuerza laboral en la línea de envasado. El estudio realizado se aplicó a los nueve operarios que laboran en la línea por turno de producción a través de un muestreo estadístico, que nos permite evaluar con sus resultados, la porción del tiempo en que un operario permanece inactivo. Su resultado puede ayudar a determinar la capacidad de asignar más responsabilidades a los trabajadores para su mejor aprovechamiento.

Otras: Son pérdidas que implican costos adicionales como lo podría ser el transporte.

Este punto es bastante interesante, gracias a las características peculiares de la Planta Los Cortijos de Cervecería Polar, ya que el proceso de envasado que se diagnostica, tiene una longitud de vías transportadoras de aproximadamente 340 m. entre la etapa de depaletizado y desembalaje (denominada Vía de Vacío), mientras que entre la etapa de embalaje y paletizado (denominada Vía de Lleno) posee un tramo de aproximadamente 300 m. de vías transportadoras. Este es uno de los desperdicios más apreciables del proceso ya que, por concepto, el transporte no agrega valor al producto y debe ser el mínimo necesario. Se evaluó el impacto o repercusión en la línea, gracias a las fallas que en ellos (Vía de Vacío y de Lleno) se están generando y que afectan la producción de la línea.

Después de analizar las fuentes de desperdicio mencionadas anteriormente, se plantearon soluciones que mejoran el aprovechamiento de los recursos mediante la disminución o eliminación de los desperdicio identificados, logrando que la planta aumente su capacidad de respuesta por ser más eficientes, y el beneficio por producto terminado sea mayor. Por lo general los beneficios cuantificables se enfocaron en relación a un incremento en la capacidad productiva de la planta, que se alcanzaría al implementar las mejoras propuestas, traduciéndola luego a ganancias por ventas potenciales.

OBJETIVOS, ALCANCES Y LIMITACIONES

Objetivo General:

Analizar y diagnosticar los factores de mayor incidencia en la cantidad de desperdicio que se genera en la línea de envasado de una industria cervecera, con la finalidad de plantear un plan de mejora que reduzca los mismos.

Objetivos Específicos:

- Cuantificación económica de los desperdicio existentes en las línea de envasado.
- Determinar y analizar las variables que afectan la efectividad global de equipos.
- Plantear las propuestas de mejora para eliminar o reducir los desperdicios de la línea de envasado.
- Establecer las velocidades óptimas (en equipos y transportadores) para el flujo continuo de material en la línea de envasado, garantizando los requerimientos de producción.
- Estipular el ahorro económico que representará la aplicación de dicho plan de mejora.

Alcances y Limitaciones:

Diseñar un plan de mejora que permita eliminar o disminuir el desperdicio en el sentido amplio de la palabra, es decir: tiempo ocioso de máquinas y obreros, acumulaciones preventivas de material y la pérdida de insumos en la línea de envasado N°2 de la planta Los Cortijos de Cervecería Polar con miras a ser extrapolado a las demás líneas de envasado de dicha planta.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, factores como la calidad, la rapidez, la flexibilidad y la reducción de costos en los sistemas productivos son considerados fundamentales para que una empresa pueda mantener niveles altos de competitividad que le permita sostener o incrementar su participación en el mercado actual, al igual que penetrar en los mercados extranjeros, ante una competencia cada vez más agresiva.

Los fracasos empresariales o la pérdida de posiciones competitivas de muchas industrias occidentales frente a las orientales, específicamente las japonesas, se debió principalmente a que estas últimas reconocieron primero el papel crítico que juegan la Dirección de Operaciones y los sistemas productivos en la competitividad de la empresa. Durante este periodo los japoneses invadieron mercados que tradicionalmente habían sido dominados por empresas norteamericanas y europeas especialmente la industria automotriz, la del acero, y la de artefactos eléctricos. La diferencia con los sistemas occidentales residía en el enfoque e instrumentos empleados para la dirección y gestión de la producción. Sólo la fuerte sacudida que produjo el declive de la industria occidental permitió que se le diera la debida importancia a la dirección y gestión de operaciones.

Los mercados Latinoamericanos han sido protegidos por sus gobiernos durante muchos años; lo que originó que la mayoría de las industrias no sintieran la necesidad de mejorar su eficiencia, manteniéndose en niveles tan sólo aceptables de calidad y productividad. El resultado de este proteccionismo ha sido que se posponga peligrosamente la necesidad de cambio ante las crecientes aperturas comerciales entre países y la creación de diferentes bloques económicos alrededor del mundo.

En la década de los 70 se observó que dentro de la Dirección de Operaciones resaltaban dos factores críticos que diferenciaban a la industria japonesa de la occidental; estos son la **productividad** y la **calidad**. La industria japonesa contaba con amplias ventajas competitivas para ambos factores sobre sus homólogos occidentales. De estos dos factores, el que está directamente vinculado con el presente Trabajo Especial de Grado es la **productividad,** la cual en términos matemáticos es igual a:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Productos}}{\text{Insumos}}$$

Mediante la eliminación y/o reducción de desperdicios se pretende disminuir la cantidad de insumos utilizados para producir determinado número de productos o unidades. Esto se traduce en reducciones de costos de producción, que brindan a la empresa la oportunidad de situarse en mejores posiciones competitivas, al aumentar las utilidades por producto, permitiéndole mayor flexibilidad para las ventas.

El fin específico del presenta Trabajo Especial de Grado, será determinar las oportunidades de mejora que tiene la empresa en cuanto a la eliminación o disminución de los desperdicios existentes en una línea de envasado de botellas retornables, para luego proponer soluciones que permitirán aumentar la productividad, la flexibilidad en la producción, y un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada.

CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE CERVECERIA POLAR

En el año de 1939, en terrenos de la parroquia de Antímano se levantó la primera planta cervecera del Grupo Polar: "La Planta de Antímano". Pero no fue sino hasta el año de 1941 que esta empresa empezó a funcionar dirigida por sus fundadores Lorenzo Mendoza Fleury, Rafael E. Luján y Karl Eggers. Dicha planta comenzó a funcionar con instalaciones muy modestas alcanzando para ese momento una producción mensual de 30.000 litros de cerveza, lo que hoy en día produce una planta en unas pocas horas.

Posteriormente, en el año de 1950, para satisfacer la creciente demanda se creó una segunda planta; Cervecería de Oriente C.A., ubicada en Barcelona, Estado Anzoátegui con una producción de 1.200.000 litros mensuales. En el año siguiente se inició la construcción de la tercera planta: Cervecería Polar C.A. ubicada en Los Cortijos de Lourdes, comenzando con una producción de 1.200.000 litros mensuales de cerveza. Esta planta ha visto limitado su crecimiento físico por estar ubicada en una zona de la capital, que se ha poblado densamente. Actualmente la Cervecería Polar C.A. (Planta Los Cortijos), cuenta con una fuerza laboral constituida aproximadamente por 1.000 trabajadores del más alto nivel. Para el año de 1960, la Cervecería de Oriente C.A., despachaba productos para los estados del Oriente del país, y la planta de Antímano que aún funcionaba, continuó haciéndolo hasta 1978, por lo que Cervecería Polar C. A. despachaba productos para el Centro y el Occidente del país.

Debido a la gran importancia económica que cobra el Estado Zulia y los Estados Andinos, se decide construir una nueva planta ubicada en ésta zona, lo cual dio origen al nacimiento de La Cervecería Modelo C.A., en Maracaibo, Estado Zulia, con una producción mensual de 2.000.000 litros de cerveza.

En el año de 1975, el grupo Polar dio su más reciente e importante paso hacia la expansión con la creación de la Cervecería del Centro C.A., ubicada en San Joaquín, Estado Carabobo. Siguiendo la política establecida por los fundadores de Polar, Cervecería del Centro C.A., constituye para la región y para el país un factor de progreso y desarrollo. No sólo está dotada de magníficos recursos técnicos y humanos, sino que su diseño responde en forma estricta a las más modernas normas establecidas por la arquitectura industrial en lo que se refiere a seguridad, perfilándose de este modo como el más moderno complejo cervecero de Latino América. El sabor característico de la Cerveza Polar, su óptima calidad y el riguroso cumplimiento de las normas establecidas para su elaboración y control, son algunos de los factores en los cuales Polar basa su éxito indiscutible entre los venezolanos e incluso en el exterior del país.

Misión de la Empresa:

Ser la empresa líder en la producción de cerveza y malta de alta calidad, garantizando la disponibilidad y frescura de los productos, y a su vez, asegurar la perpetuidad de la operación de sus equipos, manteniendo la mejor relación calidad-costo de dicha producción.

1.2 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA INTERNA

Cervecería Polar C.A., está organizada de acuerdo a una estructura que le permite participar activa y eficientemente en un claro proceso de producción, su organización está estructurada (ver Figura 1) de la siguiente manera:

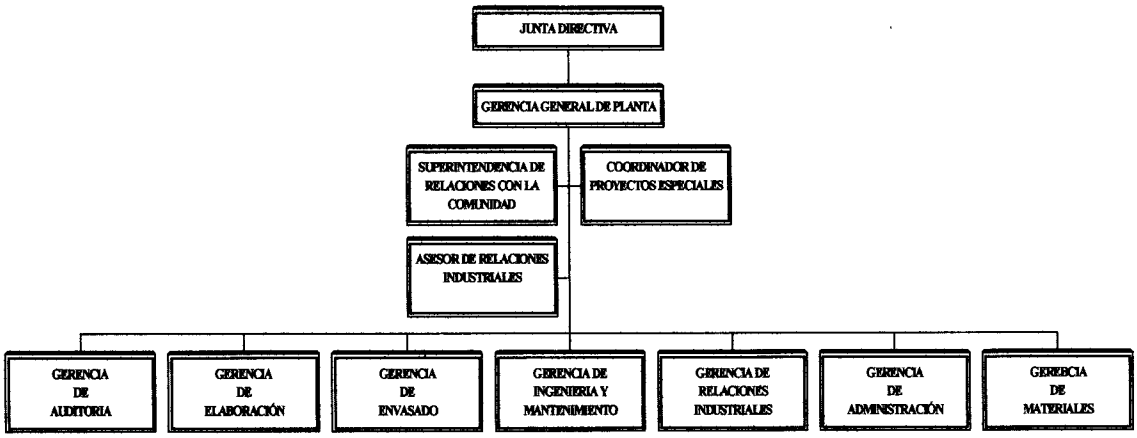


FIGURA 1: ESTRUCTURA ORGANIZATIVA INTERNA

Cada gerencia consta a su vez de cierto número de superintendencias, a quienes reporta directamente el personal supervisorio. La Gerencia de Envasado que es el área en donde se realizó el presente Trabajo de Grado, se compone de cuatro superintendencias, como son: Superintendencia de Operaciones que se encarga de abarcar todos los procesos operativos de la etapa de envasado, sistemas técnicos y otros, Superintendencia de Montaje y Mantenimiento Mecánico encargada de velar por el desarrollo y reparaciones de este tipo que presenta el área de envasado, Superintendencia de Montaje y Mantenimiento Eléctrico enfocada a velar por el desarrollo y mantenimiento del tipo eléctrico, y por último Superintendencia de Logística y Transporte que se encarga de regular las operaciones de traslado, recepción de vacíos e insumos, logística de despachos, entre otras. Dentro de la figura de la Gerencia de Envasado, se encuentra la Unidad de Ingeniería encargada de llevar a cabo proyectos varios. A continuación se presenta la estructura organizativa de la Gerencia de Envasado (ver Figura 2):

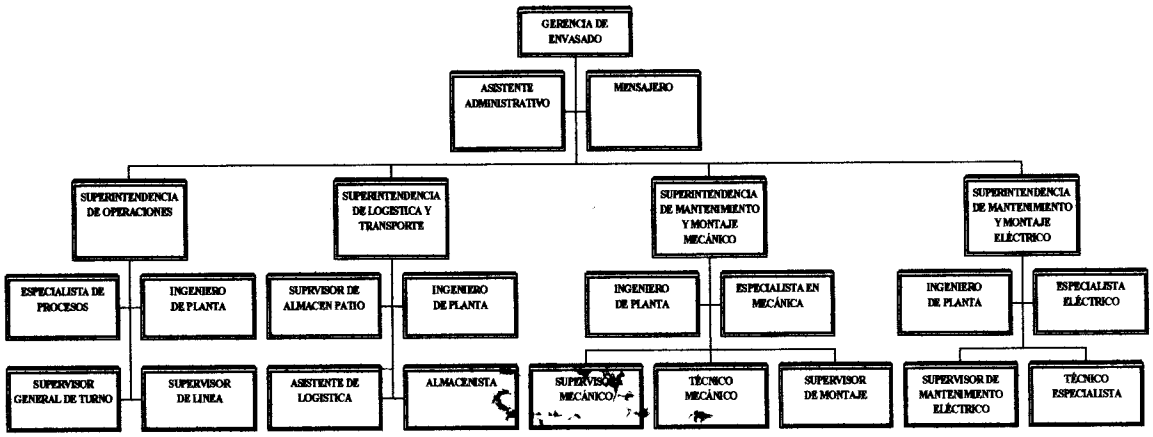


FIGURA 2: ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA GERENCIA DE ENVASADO

1.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

Para la elaboración de la cerveza producida por Polar es de gran importancia la calidad de la materia prima. Las materias primas para la elaboración de la cerveza son; agua, cebada malteada, arroz o maíz, lúpulo y levadura.

El agua debe poseer una pureza biológica y química que es verificada por los estrictos controles de calidad a la cual es sometida. Sin embargo, la materia prima por excelencia de la cerveza es la cebada malteada, que es obtenida a partir de variedades cerveceras especialmente

cultivadas y convertida en las malterías en cebada malteada. Existen cultivos en los E.U.A, Canadá, Inglaterra, Bélgica, Argentina entre otros países. Sin embargo, en países con climas fuertemente tropicales como el de Venezuela, no se ha logrado cultivar con éxito. Además de la cebada malteada se utiliza una pequeña y determinada fracción de arroz o maíz en el proceso de elaboración para sustituir parte de los carbohidratos aportados por la cebada malteada e imprimirle a la cerveza un toque de frescura adecuado para nuestro clima tropical.
La cerveza debe su sabor amargo y fresco al lúpulo, que es otro de los elementos que conforman la materia prima. Esta planta trepadora crece en estado silvestre con gran difusión en la naturaleza. Sin embargo, para la cerveza, solo se emplea la flor de la planta. Las importantes áreas de cultivo se encuentran en Alemania, República Checa, Polonia, E.U.A entre otros.
La levadura es el último de los ingredientes o materia prima de la cerveza y en todas las plantas de Polar es del género Sacchamoryces Uvarum. Su cultivo y propagación se lleva a cabo en los laboratorios propios de la empresa, lo que garantiza una calidad uniforme y continua de la levadura. Durante la fermentación la levadura convierte los azúcares producidos por la maceración en alcohol etílico y gas carbónico.
La elaboración de la cerveza consta de varias etapas (ver Figura 3), la primera de estas etapas se denomina "cocimiento" y comienza con la trituración de la cebada malteada, para luego mezclarla en la paila de maceración con arroz o maíz y agua purísima, formando una suspensión espesa. Bajo constante agitación y a temperaturas entre 50 y 75 grados centígrados, las proteínas de la cebada malteada son convertidas en aminoácidos. El almidón, tanto de la cebada malteada como el del arroz y maíz, es transformado en azúcares fermentables. Además de extraerse las vitaminas y minerales provenientes de la cebada malteada. Seguidamente se bombea la mezcla hacia la cuba de filtración, a fin de separar el líquido denominado mosto, de la fracción insoluble conocida como afrecho. El afrecho, subproducto rico en proteínas y fibras, tiene aplicación industrial como valioso aditivo para la fabricación de alimentos concentrados para animales.

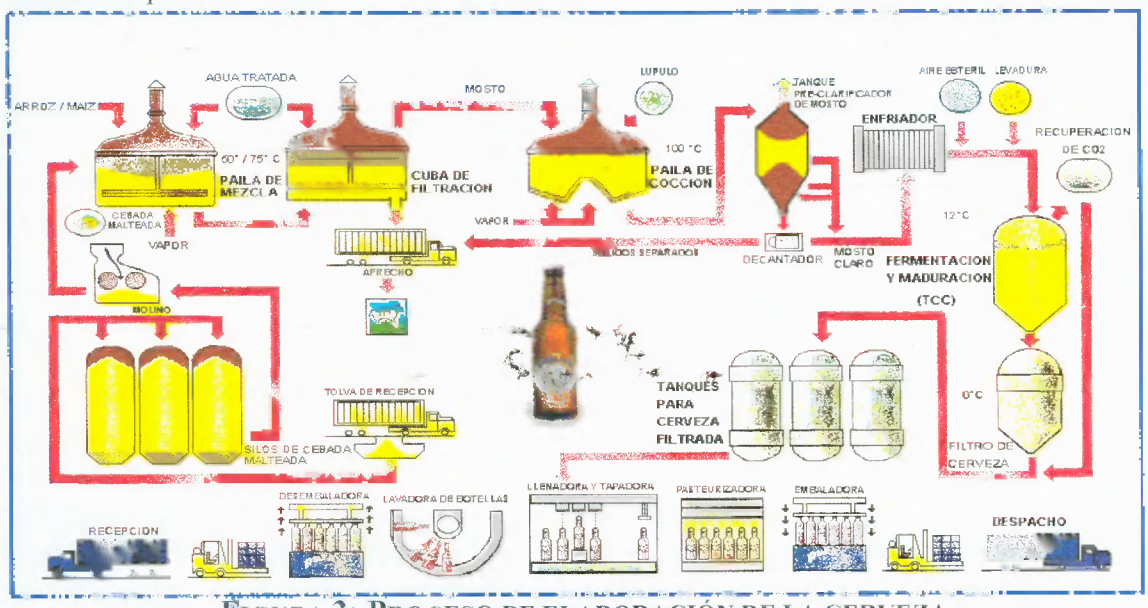


FIGURA 3: PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

El mosto obtenido es transferido a una paila donde es hervido con una cantidad determinada de lúpulo, durante hora y media aproximadamente, con la finalidad de; extraer las sustancias aromáticas y amargas típicas del lúpulo, inactivar las enzimas de la malta una vez cumplidas

sus funciones, evaporar una parte del agua para llevar al mosto a la concentración requerida, esterilizar el mosto. A continuación se procede a enfriar el mosto a una temperatura entre 10 y 15 grados centígrados por medio de enfriadores especiales. Una vez enfriado se enriquece con aire estéril para ofrecer el oxígeno necesario en el proceso de reproducción de levadura, que se agrega seguidamente.

Una vez agregada la levadura al mosto, comienza el proceso más complejo de la elaboración de la cerveza; la "fermentación", la cual en Cervecerías Polar se lleva a cabo en tanque cilindro-cónicos con una capacidad de 750.000 litros cada uno. Durante la fermentación, cuya duración normal es de siete días, la levadura transforma los azúcares del mosto en alcohol etílico, gas carbónico y un gran número de compuestos aromáticos adicionales.

Concluido el proceso de fermentación, se inicia el proceso de "maduración" y ya no se habla de mosto, sino de cerveza joven o verde. Este proceso es realizado a temperaturas entre cero y un grado centígrados bajo cero, durante dos semanas aproximadamente. Este proceso favorece la precipitación de sustancias insolubles y la sedimentación de la levadura aun en suspensión. También se aprovecha para que la cerveza joven, madure alcanzando el agradable aroma y sabor característico de la cerveza Polar. Luego la cerveza joven se pasa por los filtros donde se clarifica por medio de la tierra infusoria eliminando las últimas células de levadura y partículas mínimas de proteínas precipitadas. Durante la "filtración" se agrega el volumen necesario de gas carbónico, producido y recuperado durante la fermentación. Finalmente el líquido es enviado al área de "envasado" a través de tuberías para vertirlo en los diferentes tipos de botellas, latas y barriles para su venta.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

Mediante la eliminación y/o reducción de desperdicios se disminuye la cantidad de insumos utilizados para producir determinado número de productos o unidades, lo que se traduce en reducción de costos de producción. La reducción de desperdicios no es del todo suficiente para aumentar la productividad de una industria, para los japoneses existen tres conceptos para el aumento de la productividad:

1. Creer firmemente en que hay que **eliminar los desperdicios** de cualquier manera.
2. Invertir en las **nuevas tecnologías** que ofrezcan ventajas competitivas.
3. Practicar un gran **respeto por las personas**.

El éxito de la industria japonesa a orientado a la industrtia occidental a darle mayor trascendencia al área productiva, basándose en filosofías y modalidades como la Manufactura de Clase Mundial (MCM), el Justo a Tiempo (JIT, Just in Time), la Mejora Continua (CI, Continuos Improvement), el Mantenimiento Productivo Total (TPM, Total Productive Manteinance), la Calidad Total, etc. Todas atacan de una u otra forma la reducción y eliminación de los desperdicios existentes en los procesos productivos, incrementando la productividad.

Hoy existe un amplio consenso de que es posible, realista y necesario mejorar continuamente la calidad, los costos, el tiempo de producción, la flexibilidad y el servicio a los clientes. Ahora existen las bases para estar completamente seguros de que es viable creer en que estas metas son accesibles siempre y cuando la empresa se las trace de forma seria, con apoyo y cooperación desde la dirección hasta los operarios.

2.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN JUSTO A TIEMPO (JIT)

El JIT se ha convertido en el enfoque de diseño dominante en la manufactura moderna. Comenzó en Japón, y se atribuye la idea a Taiichi Ohno, exvicepresidente de manufactura en la planta japonesa de Toyota Motor Company. Esta modalidad se desarrollo sobre el modelo de la planta de proceso. Las industrias de proceso continuo han existido desde hace uno o dos siglos. El producto sale de una etapa del proceso y fluye hacia la siguiente, donde llega justo a tiempo, en el último momento posible y con la menor cantidad de recursos totales.

La producción justo a tiempo se basa en que no se producirá nada hasta que se necesite, esto se refiere tanto al cliente externo como al interno, es decir, al consumidor o a la siguiente etapa del proceso productivo respectivamente. Esta necesidad se refiere a la utilización o la retirada del producto en alguna etapa del proceso. Es más, se considera como desperdicio a cualquier cosa que no forme parte del mínimo necesario. En el JIT, el objetivo principal es reducir tanto el inventario en proceso como el inventario en almacén en lo posible manteniendo a la demanda satisfecha. Con el sistema de producción JIT se combate la idea de los grandes lotes mediante la reducción de tiempos de preparación, el rediseño de los procesos y la normalización de los trabajos.

Repetidamente, el JIT es implementado en combinación con un sistema de producción llamado "*kanban*" (tarjeta). Este sistema utiliza contenedores y tarjetas que se reciclan. La tarjeta acompaña al trabajo en proceso y sirve para indicar qué parte se ha utilizado en la operación siguiente y la necesidad de volverlas a producir para reemplazarla.

Como se señaló anteriormente la idea es no tener ningún stock o pulmón intermedio. Si existen problemas en el proceso productivo, se deben atacar sus causas directamente, y no

esconderlos mediante el uso de existencias. Por la tanto el JIT sólo es aplicable a un sistema capaz de alcanzar las exigencias de calidad y confiabilidad ya que no se admiten stocks, o sólo uno muy pequeño para reemplazar los productos defectuosos. La idea es aproximar a cero las colas para:

- Invertir lo mínimo en inventario.
- Reducir los tiempos de entrega de la producción y tiempos de alistamiento.
- Reaccionar más rápidamente ante los cambios de la demanda.

2.2 MANUFACTURA DE CATEGORÍA MUNDIAL

La Manufactura de Categoría Mundial (MCM) se refiere al vuelco que se vivió en el sector industrial occidental durante los años ochenta, su principal autor es Richard J. Schonberger. La MCM busca reducir considerablemente el índice de defectos, el tiempo de producción, el transporte dentro del proceso productivo, aumentar el volumen de ventas disminuyendo el espacio dedicado a fabricación, aminorar los espacios ocupados por almacenes y convertirlos en áreas de trabajo, el uso de la automatización, etc. En fin, la MCM lleva como pasos implícitos para su aplicación a la calidad, el eliminar desperdicios, a los sistemas de producción JIT y algunos de los conceptos básicos del Mantenimiento Productivo Total (TPM), entre otros.

La MCM logra la intervención de los operarios en actividades que alguna vez fueron exclusivas de los supervisores, ingenieros, inspectores y técnicos. La MCM logra que los operarios tomen responsabilidad en el buen funcionamiento de los procesos productivos y que aprendan a solucionar la mayoría de la amplia gama de problemas que pueden surgir en cualquier planta. Esta filosofía sugiere que en la industria de hoy no pueden haber empleados cuyo trabajo se limite a hacer tareas monótonas durante todo el día, ese tipo de trabajo se le debe dejar a las máquinas.

El camino para alcanzar la Manufactura de Categoría Mundial está en elegir metas apropiadas y organizar la empresa de manera que avance constantemente hacia esas metas. Existen dos metas principales que engloban toda una gama de submetas, estas son reducir las desviaciones y reducir la variabilidad de todos los elementos del proceso productivo.

2.3 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

El mantenimiento productivo total (TPM) es el mantenimiento productivo realizado por todos los empleados a través de actividades de pequeños grupos. Incluye a todos los empleados desde la alta dirección a los trabajadores de la línea de producción, es un sistema de mantenimiento y supervisión autónomo del equipo realizado por los operarios, permitiendo que se apoyen instalaciones de producción sofisticadas.

La meta doble del TPM es el cero averías y el cero defectos, con este fin promueve la producción JIT, y la automatización. Cuando se eliminan las averías y defectos, las tasas de operación del equipo mejoran, los costos se reducen, el stock puede minimizarse y, como consecuencia, la productividad del personal aumenta. Muchas compañías han alcanzado logros impresionantes aplicando la filosofía del TPM, sin embargo, tales resultados no pueden lograrse de la noche a la mañana; típicamente toma una media de tres años desde la introducción hasta lograr resultados deseados.

Una definición completa del TPM incluye los siguientes cinco elementos:

1. El TPM contempla maximizar la efectividad del equipo (efectividad global).

2. El TPM establece un sistema completo de mantenimiento preventivo para la vida entera del equipo.
3. El TPM se implementa por varios departamentos (ingeniería, operaciones, mantenimiento).
4. El TPM incluye a cada empleado particular, desde la alta dirección hasta los trabajadores de planta.
5. El TPM se basa en la promoción del mantenimiento preventivo a través de la dirección de la motivación: actividades autónomas de pequeños grupos.

Uno de los objetivos principales del TPM es mantener condiciones operativas ideales manejando el equipo efectivamente. Si algún elemento de determinado equipo se encuentra en mal estado, se experimentarán fallas periódicas o falta de precisión produciendo defectos, no se estará operando con efectividad. Se debe lograr la efectividad Global del equipo, mientras se reduce su costo de ciclo de vida (costo incurrido durante la vida del equipo). Lograr la efectividad global del equipo requiere buscar eliminar las "seis grandes pérdidas". Estas son:

Tiempo de parada:

1. Fallas del equipo (averías).
2. Cambios en útiles y ajustes (ej. arranque, cambios de producto).

Pérdidas de velocidad:

3. Tiempos en vacío y paradas menores (Debidas a operación anormal de sensores, bloqueo de piezas, etc.).
4. Reducción de velocidad (diferencia entre velocidad actual y velocidad nominal del equipo).

Defectos:

5. Defectos de proceso (desechos y defectos de calidad)
6. Reducción de rendimiento, desde el arranque hasta la producción estable.

Es frecuente observar que las industrias utilicen la tasa de operación del equipo o disponibilidad como la tasa de efectividad. Las condiciones de operación del equipo no se reflejan de forma precisa cuando se basan solamente en la disponibilidad. Solamente las pérdidas de tiempo de paradas se toman en cuenta por este indicador, las otras pérdidas (defectos y pérdidas de velocidad) no son consideradas. Para obtener un valor real de las condiciones de operación actuales del equipo, deben incluirse en los cálculos las seis pérdidas del equipo. El TPM toma en cuenta a todas estas pérdidas al calcular la efectividad global del equipo multiplicando la disponibilidad y la eficiencia del rendimiento por la tasa de calidad de los productos. La fórmula matemática para la efectividad global del equipo es:

Efectividad del Equipo *= Disponibilidad x Eficiencia del Rendimiento x Tasa de calidad de Productos*

Disponibilidad: También llamada tasa de operación se basa en la relación entre el tiempo de operación, excluido el tiempo de parada; y el *tiempo de carga*, donde el tiempo de carga se deriva restando el tiempo de parada planificado del tiempo disponible por día (o mes). El tiempo de parada planificado se refiere al tiempo de parada planificado o programado en el plan de producción, que incluye rutinas de mantenimiento y actividades de gestión. El tiempo de operación se deriva sustrayendo el tiempo de paradas no programadas del de carga, en otras palabras, se refiere al tiempo durante el cual el equipo está operando. Llevando esto a términos matemáticos quedaría:

$$Disponibilidad = \frac{tiempo\ de\ operación}{tiempo\ de\ carga} = \frac{tiempo\ de\ carga - tiempo\ de\ parada}{tiempo\ de\ carga}$$

Tasa de eficiencia de rendimiento: es igual al producto de la tasa de velocidad de operación y la tasa de operación neta:
Tasa de velocidad de operación: La tasa de velocidad de operación del equipo se refiere a la discrepancia entre la velocidad nominal (basada en el diseño) y su velocidad de operación actual. La formula matemática de la tasa de velocidad de operación es:

$$\textit{Tasa de velocidad de operación} = \frac{\textit{tiempo de ciclo teórico}}{\textit{tiempo de ciclo actual}}$$

Tasa de operaciones neta: Mide el mantenimiento de una velocidad dada sobre un periodo dado. Calcula las pérdidas resultantes de paradas menores, tales como pequeños problemas y pérdidas por ajustes:

$$\textit{Tasa de operación neta} = \frac{\textit{cantidad procesada x tiempo actual del ciclo}}{\textit{tiempo de operación}}$$

Tasa de calidad de productos: Está, indica el porcentaje de rechazo de producto defectuoso o que exceda las tolerancias de calidad; que se deriva de dividir la cantidad de producto rechazado por la cantidad de producto procesado.
La experiencia empresas que han aplicado la filosofía del TPM durante los últimos años, dice que las condiciones ideales de trabajo de cierto equipo presenta los siguientes resultados:

- Disponibilidad de más del 90%.
- Eficiencia del rendimiento de más del 95%.
- Tasa de calidad de productos mayor del 99%.

Por tanto, la efectividad global del equipo debe ser mayor a:

$$0{,}90 \times 0{,}95 \times 0{,}99 = 0{,}85$$

Un incremento en la efectividad global del equipo se traduce en un incremento de la productividad. Alcanzar esto requiere buscar eliminar las seis grandes pérdidas, aún cuando no se puedan eliminar del todo.
Como se destacó anteriormente, la meta doble del TPM es el cero averías y el cero defectos. El TPM considera las averías y paradas menores como un impedimento para la automatización, ya que crean la necesidad de personal que las corrija. Por otro lado las paradas aceleran el deterioro del equipo. Un mantenimiento preventivo diario, por parte del operador del equipo previene las fallas. Lubricando, limpiando y realizando ajustes e inspección, el deterioro puede prevenirse. Esta es la premisa básica del mantenimiento autónomo por los operarios. Adicionalmente, el personal de mantenimiento es responsable de inspecciones periódicas y de reparaciones preventivas. Por lo tanto, el mantenimiento preventivo reduce el número de averías e inevitablemente incrementa la vida útil del equipo. *Es más barato reparar el equipo sobre una base preventiva que esperar hasta su completo deterioro*[1] .

2.4 DESPERDICIOS

Existen muchas definiciones de desperdicio (también conocido como pérdida). Las de mayor aceptación a nivel de producción e ingeniería industrial son:
-Un desperdicio es "cualquier actividad que no agrega valor al producto".[1]

[1] Seiichi Nakajima "Introducción al TPM", *Productivity Press*,2ª Edición,1991, pg. 35.

[1] Edward J. Hay "Justo a Tiempo", *Grupo Editorial Norma*, febrero 1995, pg. 39.

- Se considera desperdicio a "cualquier cosa que no sea la cantidad mínima necesaria de equipo materiales, componentes, espacio y tiempo del trabajador, absolutamente esencial para la producción".[2]

Los desperdicios generan costos adicionales dentro de los procesos productivos. Es evidente la importancia de la reducción de costos como arma competitiva de la empresa: por una parte, es uno de los condicionantes fundamentales del precio de los productos y servicios que vendan las empresas que aunque este último no sea siempre el factor determinante a la hora de competir, mantiene un papel relevante porque fija el piso para competir, y mientras este sea menor se está en ventaja contra la competencia. Por otra parte, la disminución de costos aumentará el beneficio empresarial, por lo que siempre será una meta importante para cualquier empresa. Para las empresas fabriles la reducción de costos en los sistemas productivos tiene especial importancia.

La cantidad de desperdicio afecta directamente la productividad, esta última es sin duda el indicador por excelencia de la eficiencia (técnica o económica según el tipo de unidades empleadas en su evaluación), midiendo para un cierto periodo de tiempo, la relación entre la producción obtenida y la cantidad de insumos (o factores productivos) empleados para obtenerla. Aumentar la productividad significa producir más para una determinada cantidad de insumos, lo que implica menores costos por unidad de producto. Ello puede traducirse en disminuciones de precios que impliquen un aumento de demanda o del beneficio unitario. Lógicamente, los incrementos citados no deben ir en detrimento de otros objetivos, como la calidad, pues ello dañaría la demanda y reduciría o anularía los efectos mencionados.

Los siete tipos de desperdicios más importantes son:

- **Sobreproducción:** Ocurre cuando se produce más de lo que demanda el mercado. Es uno de los peores desperdicios. En la sobreproducción más materias primas que las necesarias; esto requiere también mayor manejo de materiales, espacio adicional, y otros factores.
- **Tiempo de espera:** Este desperdicio se refiere a la inactividad tanto de los trabajadores como de las máquinas. Un ejemplo es el desperdicio de tiempo en que se incurre cuando la tarea de un trabajador consiste en ver cómo funciona una máquina, y que este sólo entre en acción en el caso que se presente algún problema.
- **Transporte:** Por lo general el movimiento es muy costoso y consume mucho tiempo, sin embargo no agrega valor al producto. Hay que considerar las distancias entre los proceso de producción. Se puede reducir el desperdicio por transporte con mejoras en la distribución de la planta en la coordinación de procesos, en los métodos de transporte, en la limpieza y en la organización de área de trabajo.
- **Inventario:** Aunque generalmente la sobreproducción genera exceso de inventario, este puede tener varias causas. Esto tiene como consecuencia mayor manipulación, más espacio, costo adicional por intereses, trabajadores adicionales, etc.
- **Procesamiento:** El método de producción utilizado puede ser una fuente de desperdicios, si existe alguna forma de mejorarlo.
- **Movimiento:** El tiempo que se emplea para buscar una herramienta, para caminar y accionar un botón, pueden ser considerados como desperdicios. Los movimientos deben ser eficientes y las áreas de trabajo deben estar bien diseñadas.
- **Defectos en productos:** El control de productos defectuosos genera diversos tipos de desperdicio, los más importantes son, la inspección necesaria, tiempos en trabajos de

[2] R. Chase y N. Aquilano "Dirección de la Producción y de las Operaciones", *IRWIN*, 1995, pg. 263.

ajuste y desmontaje de productos, tiempo desperdiciado por estaciones de trabajo subsecuentes que esperan el producto corregido, el producto que se desecha y, lo que es más importante, del cliente (por mercancía devuelta, pérdida de ventas potenciales, etc.).

La generación de cada tipo de desperdicio se puede deber a más de una causa. Para eliminar los desperdicios se debe trabajar en identificar las causas que los originan y luego atacarlas. Los desperdicios pueden estar presentes de forma esporádica o de forma permanente dentro de un proceso productivo.

Los que se presentan de forma esporádica ocurren puntualmente cuando se presenta una falla. Trabajando preventivamente, el tiempo entre falla y falla puede ser alargado o se pueden tomar acciones antes de que se presente. Por otro lado los desperdicios que se presentan de forma permanente o crónica están presentes todo el tiempo, sus causas pueden ser diferentes o estar combinadas con otras haciéndose difíciles de eliminar.

Realizar un buen análisis de desperdicios dentro de un proceso productivo requiere de una metodología que permita identificar a estos y a sus causas de forma eficiente y ordenada. Para lograr esto se pueden englobar los diferentes tipos de desperdicio, como pérdidas generadas en cuatro elementos (ver Figura 4):

Equipo: Pérdidas que impiden el máximo aprovechamiento del equipo.

Esfuerzo: Pérdidas que impiden el máximo desempeño de la gente.

Materiales: Pérdidas que se reflejan en desaprovechamiento de las materias primas, producto en proceso, producto terminado y otros materiales.

Otras: Pérdidas que implican costos adicionales no contemplados en los puntos anteriores, como el transporte.

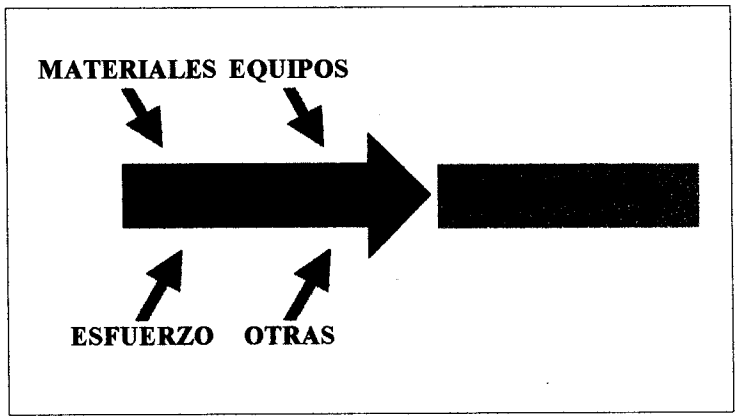


FIGURA 4. FUENTES DE DESPERDICIO

CAPITULO III: METODOLOGIA

Para el desarrollo del presente trabajo especial de grado, se utilizó una metodología que científicamente ayuda a realizar un diagnóstico acertado de la situación actual de la línea de envasado estudiada. Esta metodología garantiza el correcto levantamiento y análisis de la información, lo que permite formular soluciones adecuadas para atacar o mejorar el problema planteado. Ésta metodología consta de varias etapas (ver Diagrama 3.1), que garantizan un correcto resultado.

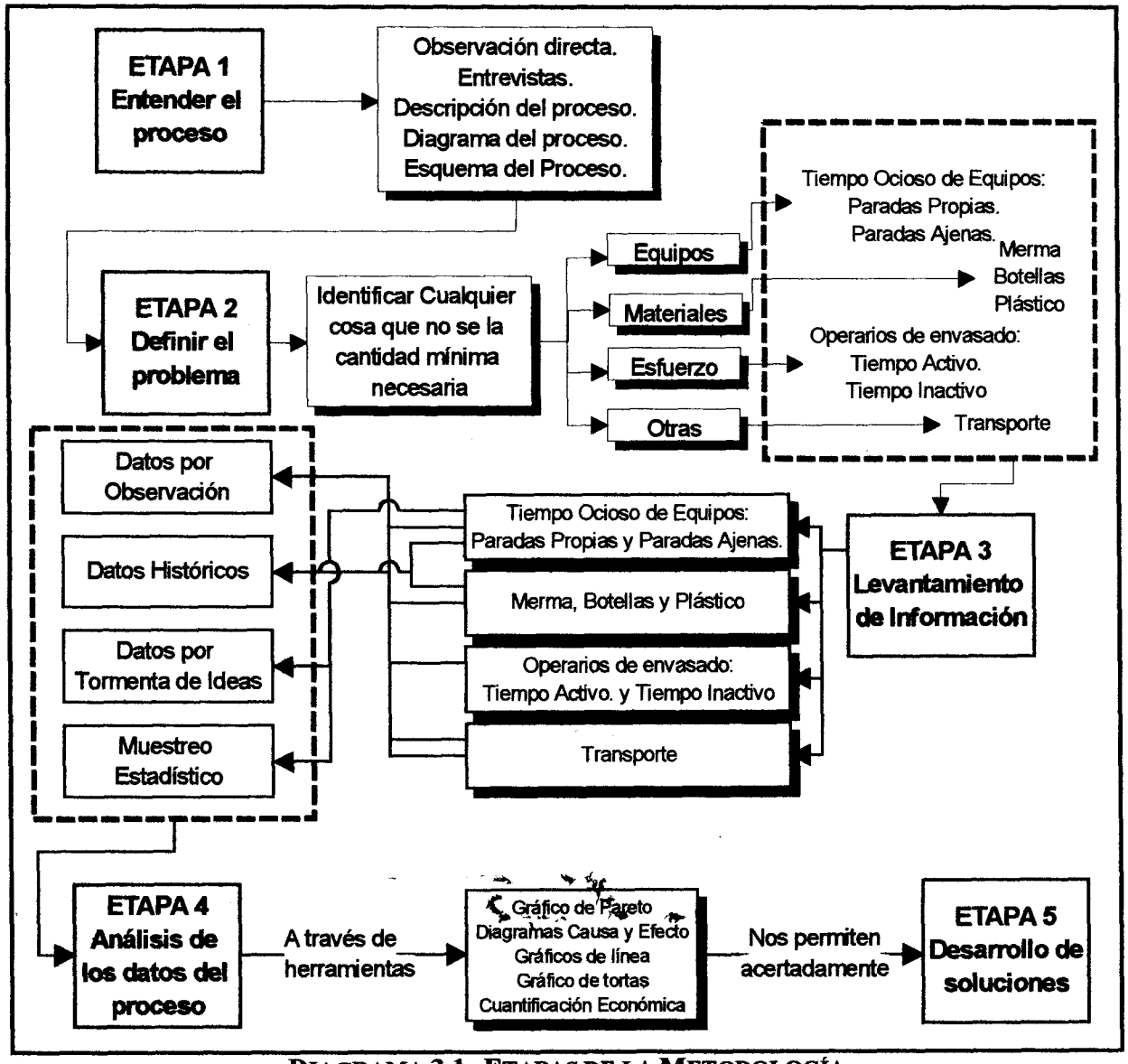


DIAGRAMA 3.1: ETAPAS DE LA METODOLOGÍA

3.1 ETAPA 1: ENTENDER EL PROCESO

Antes de realizar cualquier análisis para hacer o plantear mejoras relacionadas con un proceso, es importante el que cada miembro que participa en esta gestión entienda el proceso a fondo, para saber realmente lo que está bien y lo que está mal dentro del proceso.

Entender el proceso tiene una serie de beneficios obvios tales como:

- Llegar a un consenso sobre el problema ya que, los miembros del proyecto adquieren un entendimiento común del proceso. Permitiendo así el uso de la misma terminología y no se perderá tiempo moviéndose en diferentes direcciones o recopilando información irrelevante.
- Elimina las inconsistencias guiándose sistemáticamente por el proceso, permitiendo así comparar la forma en que cada persona o elemento lleva a cabo su trabajo. Esto permitirá encontrar inconsistencias, muchas de las cuales son el resultado de la falta de documentación y del entrenamiento inadecuado. La uniformidad del sistema crece increíblemente una vez que los que hacen el mismo trabajo comienzan a usar los mismos procedimientos para realizar su labor.
- Destacar los problemas obvios a través de la observación de cerca del proceso, que han pasado desapercibidos o el personal y sistema se han acostumbrado a él restándole importancia.

Para entender el proceso se procede a su descripción detallada paso a paso de manera de poder identificar las funciones de todos los elementos que participan, tales como maquinarias, trabajadores y materiales en proceso, en donde se podrá identificar con bastante claridad y precisión que pasa en cada estación de trabajo y que interacción hay entre estos elementos.

Ésta descripción del proceso se realizará a través de un diagrama de proceso cuyo propósito es representar gráficamente la secuencia de operaciones y actividades relacionadas al proceso, con el objeto de proporcionar una base útil para el análisis y revisión de los métodos utilizados.

Otras formas de describir el proceso son; por la explicación escrita de las funciones de los diferentes elementos que participan en el proceso y la representación gráfica por medio de un esquema de la línea que se quiere estudiar, en donde se representará la posición de cada uno de los equipos o maquinarias que participan en el proceso de envasado de la línea en cuestión, así como la ubicación de los trabajadores que participan en el mismo.

3.2 ETAPA 2: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Se debe definir claramente el problema que se quiere mejorar o eliminar, estableciendo su importancia de manera que se pueda asegurar la asignación apropiada de recursos para su análisis, se clarifique el grado de importancia para obtener el apoyo requerido, se establezcan objetivos y planteamientos realistas, además de obtener una apreciación común del problema de todas las personas participantes en el plan de diagnóstico y mejora.

La apreciación común e importancia del problema son dos factores importantísimos en la metodología ya que permite crear una visión a todas las personas que participan en el proceso de diagnóstico y mejora, creando o permitiendo así un ambiente en donde la recopilación de la información es más veraz, debido a que se centra la participación de las personas en alcanzar una visión común en pro de la solución del problema para alcanzar el estado deseado.

3.3 ETAPA 3: OBSERVACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

La observación es la etapa metodológica en donde se van a identificar y recopilar los datos que se requieren para la solución o disminución del problema planteado, en función de la situación actual del proceso. Es de gran importancia el determinar que la información que se levanta es útil para la solución del problema o si está relacionada con el mismo. Para ello se deben contestar dos preguntas básicas para cada tipo de dato, que son:

¿Por qué se están recopilando estos datos?

¿Cómo van a ayudar los datos para el diagnóstico, tomando en cuenta el problema?

Un problema importante que se puede presentar en ésta etapa es el levantamiento de datos inexactos, inconsistentes y poco estables. De está forma los participantes en la etapa de recolección de datos deben estar claros de cuál es el concepto que se quiere evaluar, que datos permitirán darle valor a este concepto, cuál es el plan o procedimientos de recopilación que se utilizará para cada tipo de dato y como será el procedimiento de anotación de los datos. Los factores antes mencionados darán consistencia y estabilidad en los datos levantados, gracias a que todos los que participen en ésta etapa utilizarán una metodología específica e igual en caso de que más de una persona recopile el mismo tipo de dato, en donde se conocerá el ¿Por qué?, ¿Para qué?, ¿Cómo y cuando se recopilarán los datos?.

Los datos a recolectar se pueden obtener a través de:

- Datos por Observación Directa.
- Datos por Entrevistas.
- Datos Históricos.
- Datos por Tormenta de Ideas.

Datos por Observación Directa: Los datos levantados en este proceso se obtienen directamente en el lugar de trabajo del proceso que se quiere analizar con más detalle, o de una característica del proceso que se quiere observar más de cerca. Básicamente la recolección de datos de este tipo se realiza por medio de planillas que permiten el registro de los mismos, promoviendo la consistencia y comparación entre los datos anotados.

Antes de recolectar este tipo de información se debe establecer el propósito específico de recolectar los datos, es decir, ¿qué datos?, ¿cuándo?, ¿dónde? y ¿por qué? se van a recolectar. Además de determinar la cantidad de datos que se desean analizar y elaborar un formulario que facilite, estandarice y agilice la recolección.

Datos por Entrevistas: La entrevista es una importante técnica de reunir información que ayuda a fomentar las relaciones de trabajo cooperativas y estimula a que la persona entrevistada incorpore sus esfuerzos para la solución o mejoramiento del problema. Este proceso de entrevista puede ser uno de los más efectivos para reunir una retroalimentación más completa y útil, gracias a la oportunidad que tiene el entrevistador de hacer preguntas de confirmación y seguimiento.

La entrevista sirve para investigar el proceso e identificar las oportunidades de perfeccionamiento, definir y establecer medidas, además de determinar y evaluar el cumplimiento de las especificaciones ya establecidas dentro del proceso.

La información obtenida en la entrevista sirve para verificar la información obtenida en los datos históricos, además de ampliar e indagar más sobre la misma, de igual forma es útil para el levantamiento de información que se requiera, sobre las condiciones reales de funcionamiento del proceso y no esté por escrito, pero que sea de conocimiento de las personas que trabajan directa o indirectamente en el proceso.

Datos Históricos: La información obtenida en este proceso procede de los sistemas de información de Cervecería Polar archivados a lo largo del tiempo en lo referente a la línea de envasado estudiada, está información está archivada en computadoras, sistemas de informática de la gerencia y carpetas.

Los datos que son de utilidad para el diagnóstico del proceso son; fechas de funcionamiento del proceso, mantenimiento realizado a ciertos equipos, información referente al costo de mantenimiento de equipos, tiempo de funcionamiento de los equipos en base al tiempo de producción real, entre otros. El tener acceso a esta información nos permite realizar un estudio más profundo del problema, debido a que la información obtenida por ésta vía es bastante completa y fidedigna, permitiéndonos un mejor diagnóstico para detectar las causas reales que afectan o inciden en el problema.

Para la obtención de los datos históricos necesarios para el diagnóstico se consideró imperante para su recolección y análisis, la consistencia en el registro de la información requerida y la continuidad en el tiempo con que los datos han sido registrados.

Datos por Tormenta de Ideas: Esta es una excelente técnica para la recolección de datos y es muy útil en la construcción de diagramas causa-efecto o Espina de Pescado, su finalidad es estimular el pensamiento creativo de un equipo que participa en el proceso y tienen relación directa o indirecta con el problema estudiado, de modo de generar rápidamente, aclarar y evaluar una gran lista de ideas, en función de los problemas y puntos de discusión.

Al generar toda la lista de los posibles ítems, el equipo vuelve sobre la lista para asegurarse de que todos comprenden todos los ítems o ideas, de forma de poder realizar una discusión luego de los mismos y evitar ideas repetidas, irrelevantes, o fuera del tema de discusión.

3.4 ETAPA 4: ANÁLISIS DE LOS DATOS

Con los datos levantados en la etapa anterior se deben determinar las causas principales que afectan o inciden en el problema analizado. Para ellos se utilizan herramientas de análisis como los son los gráficos, los paretos, los diagramas de espina de pescado o diagramas causa-efecto, entre otras.

Este paso es necesario para poder determinar las causas que inciden en nuestro problema buscando un enfoque científico y no arbitrario, además de ayudarnos a evitar conclusiones erróneas y aumentar la posibilidad de un buen diagnóstico y planteamiento de soluciones.

Las herramientas más utilizadas para el análisis de los datos obtenidos fueron:

Diagramas de Pareto: Estos diagramas se caracterizan por ser una técnica gráfica sencilla en donde se ordenan las causas de un problema clasificándolas de la más a la menos significativa. El diagrama de pareto se basa en el principio de Pareto, el cual afirma que unas pocas causas a menudo son responsables de la mayoría de los efectos, o mejor dicho el ochenta por ciento de los efectos, es originado por el 20 por ciento de las causas. Esto nos permite reconocer a simple vista cuales son las causas criticas entre las causas posiblemente menos significativas, lo que nos permite obtener un máximo mejoramiento con el menor esfuerzo.

El diagrama de Pareto despliega, en orden decreciente, la contribución relativa de cada causa al problema. La contribución relativa puede estar basada en la cantidad de ocurrencias u otra medida de impacto sobre el problema como podría ser el tiempo, los bloques o barras se usan para mostrar la contribución de cada causa, mientras que la línea de acumulación es utilizada para mostrar la contribución acumulativa de las causas.

Diagrama de Causa-Efecto: Un diagrama de causa-efecto o de Espina de Pescado representa las relaciones entre un efecto dado y sus posibles causas. Los diagramas de causa y efectos son diseñados de manera que se pueda distribuir y relacionar las interacciones entre los factores

que afectan al proceso. Por lo general un diagrama de causa y efecto bien detallado tomará la forma de una espina de pescado.
Para su correcta realización se debe realizar el siguiente procedimiento:
Definir el problema o efecto clara y objetivamente.
Definir las posibles categorías de las posibles causas.
Comenzar a elaborar el diagrama, definiendo el efecto en una casilla a la izquierda y ubicando las principales categorías como "Alimentadores" para el efecto.
Aplicar la tormenta de ideas para sacar las posibles categorías y ubicarlas para alimentar las categorías relacionadas.
Analizar cada causa para concentrarse cada vez en las más específicas.
Identificar y resaltar las causas raíces probables y accionables del efecto.
Verificar las causas más probables.
Gráficos de Línea: Estos gráficos sirven para ilustrar los datos mostrando líneas de tendencia en base a un conjunto de datos recolectados. Estas líneas nos permiten supervisar el comportamiento de alguna característica del proceso en función del tiempo, de modo de identificar cambios significativos en el promedio a períodos de tiempo.
Gráficos de Torta: Este gráfico muestra las relaciones entre cantidades por medio de la división de un circulo en cuñas en un tamaño proporcional. Es bastante útil cuando todo el circulo representa el cien por cien (100 %), en donde el tamaño de cada cuña o pedazo representa e indica su porcentaje sobre el total.
Cuantificación Económica: Consiste en cuantificar económicamente o el equivalente en dinero, cuanto se podría ahorrar si se eliminase el problema totalmente. En este trabajo se buscará la manera de cuantificar lo que se podría ahorrar en la eliminación ideal total del problema, en base a la estructura de costos de la empresa la cual es limitada, por no poseer dicha empresa una contabilidad de costo para cada elemento del proceso estudiado, lo que dificulta bastante su clasificación y diferenciación, al igual que su estimación.

3.5 ETAPA 5: DESARROLLO DE SOLUCIONES APROPIADAS

Después de haber realizado el análisis de los datos se evaluarán las soluciones potenciales que permitan la incorporación; de ser necesario, de elementos técnicos, económicos y prácticos de manera que se enfatice en la disminución o eliminación del problema, buscando disminuir el costo de producción del producto final con la calidad deseada, de manera de lograr que el proceso estudiado mejore su competitividad.

CAPITULO IV: DESCRIPCION DEL PROCESO DE ENVASADO

4.1 ETAPAS DEL PROCESO DE ENVASADO

a) Recepción de Envases
Las cajas paletizadas con botellas vacías se separan mediante una máquina Depaletizadora (ver Anexo 1.1) y son conducidas por transportadores a la sala de envasado. A medida que llegan al inicio del tren de envasado, se realiza una inspección visual de las mismas con el fin de retirar manualmente elementos y botellas que eventualmente pudieran dañar al Desembalador o Lavadora tales como papeles, chapas, pitillos, botellas con cemento adherido y botellas de otro fabricante.

b) Transporte entre el depaletizado y el desembalaje:
En ésta etapa del proceso denominada "vía de vacío" las cajas que contienen botellas vacías son transportadas por medio de diferentes transportadores como lo son del tipo de cadena agrícola o de correa, el uso de estos transportadores varía a lo largo de la vía de vacío, en el caso que se requiera deslizamiento de la caja sobre el transportador debido a la parada de un equipo posterior y el funcionamiento continuo del transportador, se utilizarán transportadores de cadena agrícola, y en el caso que no se requiera desplazamiento de la caja sobre el transportador, como en subidas y bajadas siempre se utilizan transportadores de correa.

c) Desembalaje
En la máquina Desembaladora (ver Anexo 1.2) se extraen las botellas de las cajas para posteriormente pasar a la operación de lavado. Las cajas pasan a través de un mecanismo separador sincronizado con el movimiento de una serie de cabezales. Estos a su vez están compuestos por chupones que toman las botellas por su extremo superior y luego son depositados en las vías transportadoras. Dichos chupones poseen un diafragma cilíndrico de goma, al cual, se le inyecta aire y aprisiona el cuello de la botella para poder levantarla.
Las cajas vacías se conducen a la Lavadora de cajas y de allí a la máquina Embaladora.

d) Lavado de las Botellas
Después de la operación de desembalado, las botellas se conducen por vías de cadenas inoxidables hacia la Lavadora (ver Anexo 1.3). Su objetivo es remover y eliminar elementos contaminantes como: sucio, minerales y restos de cerveza o malta, desinfectando las botellas y dejándolas listas para ser llenadas.
La máquina Lavadora está conformada por diez tanques que contienen soluciones de soda cáustica a diferentes temperaturas y concentraciones, además de agua tratada para el remojo final. Las botellas se transportan a través de los tanques mediante hileras de colmenas o peines transversales de 68 botellas de capacidad cada uno, los cuales a su vez están soportados por cadenas laterales que recorren la Lavadora en toda su longitud.

e) Inspección de Botellas Lavadas
Las botellas que salen de la Lavadora se hacen pasar individualmente a través de inspectores electrónicos (ver Anexo 1.4) que se encargan de rechazar aquellas botellas con partículas extrañas, líquido residual o fracturas en el vidrio. Cada inspector consta de dos etapas:

- *Inspección vertical:* Esta unidad inspecciona el interior de las botellas desde su parte superior. Si encuentra algún objeto extraño o la presencia de algún liquido residual en su campo de visión, emite una señal para que dicha botella sea rechazada.
- *Inspección lateral:* La función de esta unidad es detectar la existencia de líquido residual o fracturas en el cuello de la botella. Si esto sucede se rechaza automáticamente la botella defectuosa.

El rechazo de la botella se realiza mediante un dispositivo mecánico que la coloca en una bandeja metálica perpendicular a la vía.

f) Llenado de Botellas

Todas las botellas que pasaron la inspección de limpieza son conducidas a las máquinas Llenadoras (ver Anexo 1.5). En líneas generales, dicha máquina sigue el principio de un "carrusel", el cual se compone en su parte superior de una hilera circular de válvulas que inyectan $C0_2$ e introducen el líquido - cerveza o malta - por gravedad, a bajas temperaturas para así evitar la formación de espuma. En la parte inferior del carrusel se encuentran cilindros que alzan las botellas para llevarlas a las válvulas Llenadoras. Todas estas operaciones se realizan en una sola revolución de la Llenadora.

Después de llenar las botellas, se les inyecta por la boca una pequeña cantidad de agua tratada a alta presión en forma de "chorrito". Esto se realiza para inducir turbulencia en la cerveza formándose espuma que desplaza el aire hacia el exterior de las botellas Con esto se logra mantener un buen estado del producto por más tiempo, puesto que el aire contiene agentes oxidantes. Inmediatamente después del llenado, la botella es tapada. Cintas magnéticas transportan las tapas metálicas desde los contenedores hasta la tapadora, depositándolas en una tolva o molino, el cual se encarga de llevarlas a la posición correcta para ser colocada en la boca de la botella.

g) Inspección de Botellas Llenas

Una vez más las botellas son revisadas mediante un inspector electrónico (véase Anexo 1.6) que se encarga de rechazar las unidades que no cumplan con las tolerancias de volumen, de llenado y o falta de tapa. Las botellas rechazadas son llevadas a una Vía de Recuperación de Cerveza donde se vacían y se lavan con agua tratada.

h) Pasteurización

La pasteurización se realiza con el fin de eliminar todos los microorganismos capaces de acelerar la oxidación de cerveza o malta y así mantener el sabor del producto en su forma original, al menos durante los seis primeros meses.

En esta máquina (ver Anexo 1.7) se eleva la temperatura gradualmente mediante duchas consecutivas de agua caliente hasta alcanzar un punto máximo de 60 °C y permanecer durante un tiempo predeterminado que depende del producto a ser envasado.

La razón del cambio gradual de la temperatura, obedece al choque térmico que experimenta el vidrio con un frente frío por la cerveza en su interior y con un frente cálido en el exterior. Después de alcanzar el punto térmico máximo, la temperatura de las duchas se va disminuyendo hasta alcanzar en lo posible la temperatura ambiente.

El Pasteurizador está compuesto por tanques de agua a diferentes temperaturas. De cada uno de ellos se bombea el agua de manera independiente a los rociadores.

i) Embalaje

El Embaladora (ver Anexo 1.8) se basa en el mismo principio del Desembalador pero en sentido inverso.

Esta máquina posee dos vías de entrada una para botellas llenas y otra para cajas vacías y una de salida de botellas embaladas dentro de sus respectivas cajas. Las botellas provenientes del Pasteurizador se ordenan a lo largo del movimiento de transportadores mediante un mecanismo agrupador de manera que puedan ser agarradas por los chupones del Embalador. Los chupones de los cabezales levantan las botellas y las depositan en las cajas en forma sincronizada. De este modo, esta listo para ser paletizado y para su despacho posterior

j) Transporte entre el embalaje y el paletizado:

En ésta etapa del proceso denominada "vía de lleno" las cajas que contienen botellas vacías son transportadas por medio de diferentes transportadores como lo son del tipo de cadena agrícola, de correa, rodillos vivos (live-roll) y de rodillos libres, el uso de estos transportadores varía a lo largo de la vía de lleno, en el caso que se requiera deslizamiento de la caja sobre el transportador debido a la parada de un equipo posterior y el funcionamiento continuo del transportador se utilizarán transportadores de cadena agrícola o de rodillo libre, y en el caso que no se requiera desplazamiento de la caja sobre el transportador, como en subidas y bajadas siempre se utilizan transportadores de correa.

k) Paletizador

El Paletizador (ver Anexo 1.9) apila en forma ordenada las cajas llenas mediante un control programado. La forma de apilamiento será diferente dependiendo del tamaño de la caja.

Finalmente operarios con montacargas colocan las paletas en el almacén de distribución para su posterior despacho.

4.2 DIAGRAMA DE PROCESO

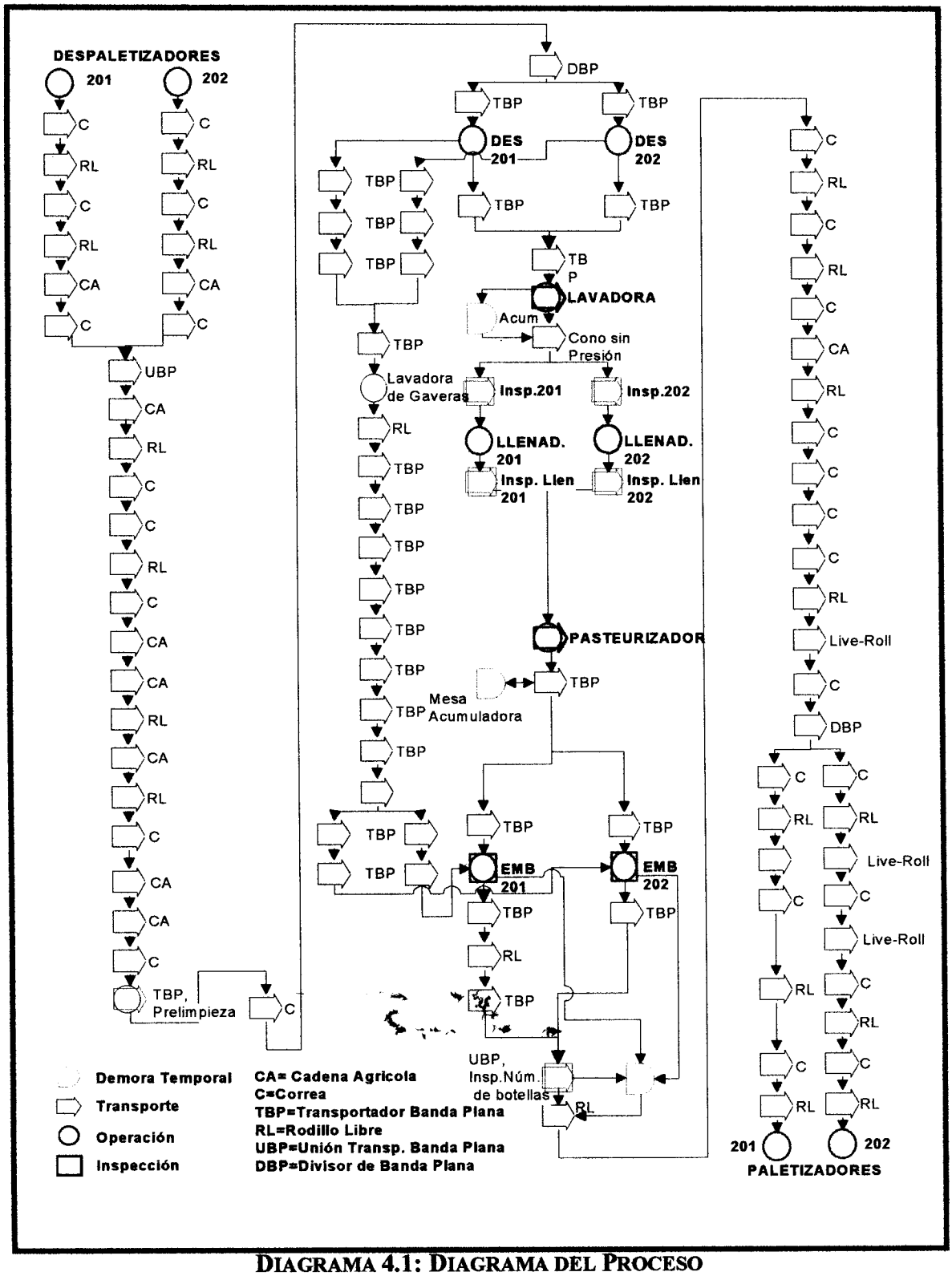
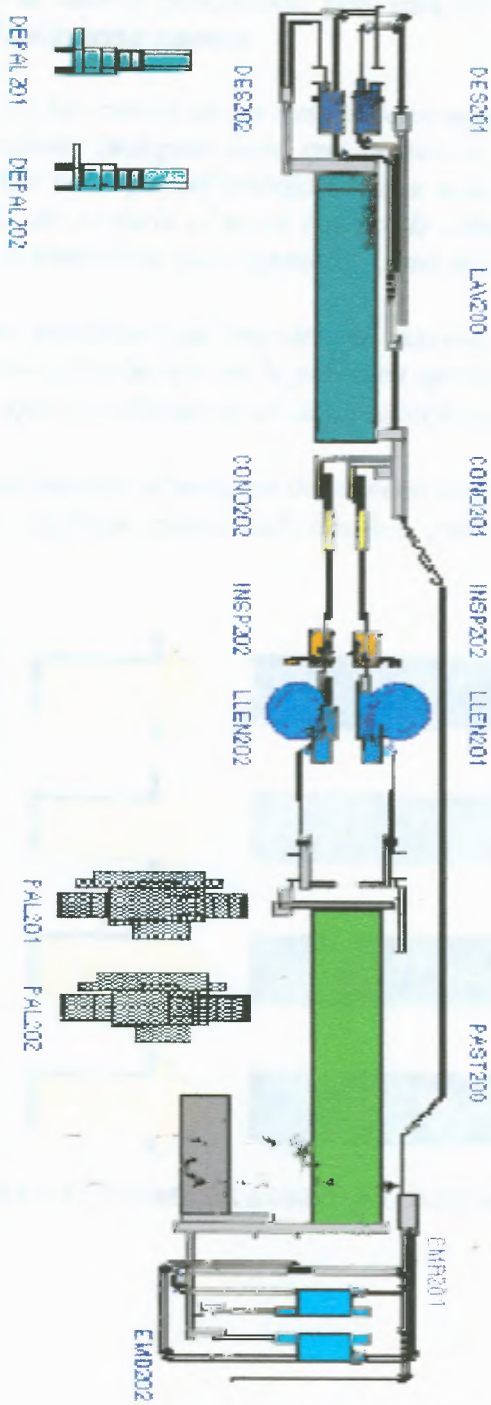


DIAGRAMA 4.1: DIAGRAMA DEL PROCESO

4.3 ESQUEMA DEL PROCESO



CAPITULO V: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema que se quiere atacar en el proceso de envasado analizado es la identificación de desperdicios a lo largo de la línea de producción, pero para ser más exactos en la definición se enfocará el problema de la siguiente manera:

Determinar y atacar las causas de los desperdicios a lo largo de la línea de envasado, entendiéndose por desperdicio cualquier cosa que no sea la cantidad mínima necesaria de equipo, materiales, esfuerzo y tiempo del trabajador, que sean absolutamente esenciales para añadir valor al producto, sin restarle el nivel óptimo de calidad deseada. Los desperdicios serán agrupados en cuatro elementos (ver Figura 5.1), que definiremos a continuación:

- *Equipo: Son aquellas pérdidas que impiden el máximo aprovechamiento del equipo, debido a las pérdidas del proceso que no le permiten operar al 100 %.*
- *Materiales: Pérdidas que se reflejan en el desaprovechamiento de las materias primas y otros materiales.*
- *Esfuerzo: Pérdidas que impiden el máximo desempeño del personal u operarios.*
- *Otras: Pérdidas que implican costos adicionales, como lo podría ser el exceso de transporte.*

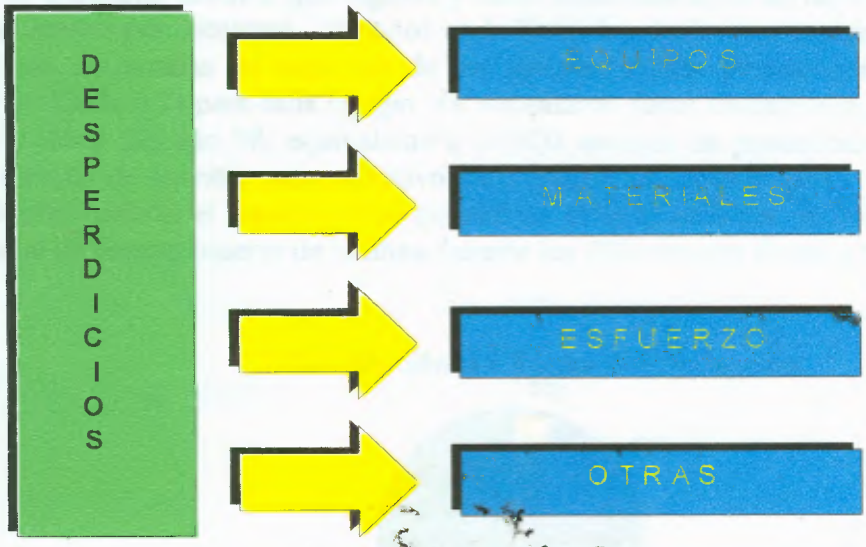


FIGURA 5.1: FORMA DE AGRUPAR LOS DESPERDICIOS

CAPITULO VI: LEVANTAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Es importante destacar que para la cuantificación económica de ciertos desperdicios se tomó como base una demanda no cubierta, que permite vender toda la producción de la línea a una eficiencia del 100%. Este enfoque se fundamenta en la ampliación de la capacidad del proceso de elaboración de cerveza y malta que se está experimentando actualmente en La Planta Los Cortijos. Por otro lado, lo poco detallada que resulta la estructura de costos disponible para definir los costos fijos y variables, del proceso de envasado en específico, dejan como la alternativa más viable a la utilización de dicho enfoque.

6.1 EQUIPOS DEL PROCESO DE ENVASADO

6.1.1 TIEMPO OCIOSO DE EQUIPOS

En el proceso de envasado de cerveza, se quiere determinar el tiempo muerto planeado y no planeado de los equipos dentro del tiempo de producción. Esto se realizará para evaluar la disponibilidad y utilización de los equipos, ya que de existir ineficiencias, se estaría generando un desperdicio que provoca que la planta produzca lo solicitado por el mercado, usualmente en tiempos de operación más largos que el necesario.

Los datos recopilados del tiempo ocioso de los equipos y que se presentan en este trabajo, se obtuvieron a partir de información almacenada en la base de datos proveniente del Sistema de Información Gerencial (SIGE), que registra y emite diferentes tipos de reportes a partir de las lecturas realizadas por sensores ubicados en la línea, los cuales son capaces de detectar los diversos tipos de paradas en cada uno de los equipos, dichas paradas serán descritas más adelante (ver Tabla 6.2) para cada equipo. Se recopilaron datos comprendidos entre los meses de Marzo y Abril del año 98, equivalente a 30.000 minutos de producción, considerándose como un tamaño de muestra representativo para realizar un buen análisis. A partir de estos datos se decidió enfocar el estudio en las paradas no programadas por representar estas casi el 80% del total de tiempo muerto de la línea durante los 480 minutos de cada turno (ver Gráfico 6.1).

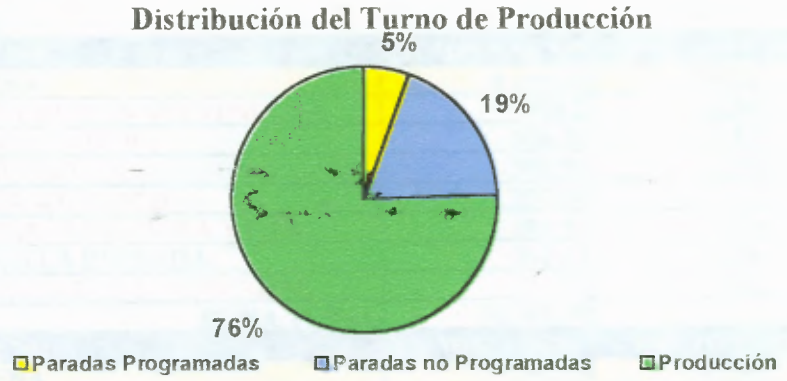


GRÁFICO 6.1: DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO EN EL TURNO DE PRODUCCIÓN

El criterio para evaluar el tiempo ocioso, será analizando por separado las paradas propias y ajenas. Las paradas propias son aquellas ocasionadas por fallas en el funcionamiento del equipo o aquellas condiciones de entrada de material que pueden, cambiar sus parámetros normales de funcionamiento, generando luego una parada. Mientras que las paradas ajenas son

aquellas que ocasionan que el equipo deje de operar debido a la falta de insumos, material en proceso a la entrada o acumulación de materiales a la salida que le impiden seguir funcionando.

Cada una de las paradas por equipo, se clasificarán dentro de uno de los dos tipos mencionados anteriormente. En la siguiente tabla (ver Tabla 6.1) se muestra el tiempo ocioso de cada uno de los equipos en el tiempo de producción planificado entre los meses de Marzo y Abril del 98, reflejándonos estos valores que los equipos tienen una cantidad elevada de tiempo ocioso.

EQUIPO	Tiempo Ocioso (min.)	Tiempo Operando (min.)	% Tiempo Ocioso en Producción
DEPALETIZADOR 201	10.305,39	20.713,61	*33,22%*
DEPALETIZADOR 202	9.368,44	21.650,56	*30,20%*
DESEMBALADOR 201	9.063,51	21.955,49	*29,22%*
DESEMBALADOR 202	8.275,42	22.743,58	*26,68%*
LAVADORA	9.069,99	21.949,01	*29,24%*
CONO SIN PRESION 201	5.919,12	25.099,88	*19,08%*
CONO SIN PRESION 202	4.780,73	26.238,27	*15,41%*
INSPECTOR 201	6.182,18	24.836,82	*19,93%*
INSPECTOR 202	4.988,20	26.030,80	*16,08%*
LLENADORA 201	6.170,74	24.848,26	*19,89%*
LLENADORA202	4.800,28	26.218,72	*15,48%*
PASTEURIZADOR	1.611,30	29.407,70	*5,19%*
EMBALADOR 201	8.879,36	22.139,64	*28,63%*
EMBALADOR 202	6.700,29	24.318,71	*21,60%*
PALETIZADOR 201	8.581,06	22.437,94	*27,66%*
PALETIZADOR 202	6.941,22	24.077,78	*22,38%*

TABLA 6.1: TIEMPO OCIOSO DE LOS EQUIPOS

A continuación se muestra las causas de las paradas de los equipos con los respectivos tiempos de duración (ver Tabla 6.2):

TABLA 6.2: TIPOS DE PARADAS Y SU DURACIÓN POR CADA EQUIPO

PARADAS CON FRECUENCIAS ACUMULADAS. CERCANAS AL 80 %
PARADAS PROPIAS
PARADAS AJENAS

N°	DEPALETIZADOR 201	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	VIA DE VACIO LLENA	8.144,44	79,03	79,03
2	SALIDA CAJA TRANCADA EN VOLTEADORA	709,2	6,88	85,91
3	OBJETO EN MESA ELEVADORA	558,46	5,42	91,33
4	PARADA POR OPERARIO	307,91	2,99	94,32
5	PALETA TRANCADA A LA SALIDA	237,64	2,31	96,63
6	OBJETO ENTRE MESA ELEVADORA Y FIJA	184,91	1,79	98,42
7	FALTA DE PALETA A LA ENTRADA	161,13	1,56	99,98
8	FALLA SISTEMA DESCARGA DE CAMADAS	1,7	0,02	100,00
	SUMA TOTAL	10.305,39		
N°	**DEPALETIZADOR 202**	**TIEMPO (MIN)**	**% PARADAS**	**FREC. ACUM.**
1	VIA DE VACIO LLENA	7645,5	81,61	81,61
2	OBJETO EN MESA ELEVADORA	595,58	6,36	87,97
3	SALIDA CAJA TRANCADA EN VOLTEADORA	449,78	4,80	92,77
4	PARADA POR OPERARIO	417,13	4,45	97,22
5	OBJETO ENTRE MESA ELEVADORA Y FIJA	78,17	0,83	98,05
6	PALETA TRANCADA A LA SALIDA	74,96	0,80	98,85
7	FALTA DE PALETA A LA ENTRADA	69,43	0,74	99,60
8	SALIDA DE PALETA LLENA	37,89	0,40	100,00

	SUMA TOTAL	9.368.44		
N°	DESEMBALADOR 201	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	ACUMULACION DE BOTELLAS A LA SALIDA	5.607.17	61.87	61.87
2	ACUMULACION DE PLASTICO A LA SALIDA	1.624.61	17.92	79.79
3	PARADA POR OPERARIO	944.24	10.42	90.21
4	FALTA DE VACIO A LA ENTRADA	601	6.63	96.84
5	BOTELLA EN LOS CHUPONES	154.83	1.71	98.55
6	CAJA ALTA	131.66	1.45	100.00
	SUMA TOTAL	9.063.51		
N°	DESEMBALADOR 202	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	ACUMULACION DE BOTELLAS A LA SALIDA	5.494.48	66.40	66.40
2	FALTA DE VACIO A LA ENTRADA	987.25	11.93	78.33
3	ACUMULACION DE PLASTICO A LA SALIDA	899.17	10.87	89.19
4	PARADA POR OPERARIO	726.68	8.78	97.97
5	BOTELLA EN LOS CHUPONES	135.54	1.64	99.61
6	CAJA ALTA	32.3	0.39	100.00
	SUMA TOTAL	8.275.42		
N°	LAVADORA	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	ACUMULACION DE BOTELLAS A LA SALIDA	4.742.55	52.29	52.29
2	PARADA POR OPERARIO	3.084.28	34.01	86.29
3	FALLA EMBRAGUE DE ENTRADA	949.68	10.47	96.76
4	FALTA DE BOTELLA A LA ENTRADA	251.99	2.78	99.54
5	FALLA EMBRAGUE DE SALIDA	27.48	0.30	99.85
6	FALLA PALANCA DE SALIDA	7.33	0.08	99.93
7	FALLA ZAPATA DE SALIDA	6.68	0.07	100.00
	SUMA TOTAL	9.069.99		
N°	CONO SIN PRESION 201	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	LLENADORA PARADA	2.753.79	46.52	46.52
2	INSPECTOR PARADO	1.379.01	23.30	69.82
3	FALTA DE BOTELLA ENTRADA INSPECTOR	922.94	15.59	85.41
4	FALTA DE BOTELLA A LA ENTRADA	633.84	10.71	96.12
5	PARADA POR OPERARIO	116.91	1.98	98.10
6	CONO TRANCADO	112.46	1.90	100.00
7	BOTELLA SEPARADA ENTRE CONO	0.17	0.00	100.00
	SUMA TOTAL	5.919.12		
N°	CONO SIN PRESION 202	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	LLENADORA PARADA	3.052.37	63.85	63.85
2	FALTA DE BOTELLA A LA ENTRADA	698.06	14.60	78.45
3	FALTA DE BOTELLA ENTRADA INSPECTOR	419.8	8.78	87.23
4	INSPECTOR PARADO	301.75	6.31	93.54
5	CONO TRANCADO	213.57	4.47	98.01
6	PARADA POR OPERARIO	94.81	1.98	99.99
7	BOTELLA SEPARADA ENTRE CONO	0.37	0.01	100.00
	SUMA TOTAL	4.780.73		
N°	INSPECTOR 201	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	LLENADORA PARADA	3.726.72	60.28	60.28
2	CONO PARADO	1.703.57	27.56	87.84
3	SALIDA DE BOTELLA TRANCADA	448.29	7.25	95.09
4	PARADA POR OPERARIO	250.59	4.05	99.14
5	ACUMULACION DE BOTELLAS RECHAZADA	34.57	0.56	99.70
6	PUERTA DE SEGURIDAD	18.09	0.29	99.99
7	FALLA EN SIN FIN ENTRADA	0.35	0.01	100.00
	SUMA TOTAL	6.182.18		
N°	INSPECTOR 202	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	LLENADORA PARADA	3.133.8	62.82	62.82
2	CONO PARADO	1.456.63	29.20	92.03
3	SALIDA DE BOTELLA TRANCADA	241.24	4.84	96.86
4	PARADA POR OPERARIO	120.69	2.42	99.28
5	PUERTA DE SEGURIDAD	20.12	0.40	99.68

6	ACUMULACION DE BOTELLAS RECHAZADA	15.72	0.32	100.00
	SUMA TOTAL	4.988.2		
N°	LLENADORA201	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	PARADA POR OPERARIO	1.499.65	24.30	24.30
2	INSPECTOR PARADO	1.356.39	21.98	46.28
3	CONO PARADO	1.126.27	18.25	64.54
4	FALLA DE CHAPA	648.61	10.51	75.05
5	SALIDA LLENADORA LLENA	627.36	10.17	85.21
6	INYECCION DE AGUA CALIENTE	615.34	9.97	95.19
7	FALTA DE BOTELLA A LA ENTRADA	152.21	2.47	97.65
8	SALIDA DE BOTELLA TRANCADA	144.91	2.35	100.00
	SUMA TOTAL	[illegible]		
N°	LLENADORA202	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	INSPECTOR PARADO	1.138.52	23.72	23.72
2	PARADA POR OPERARIO	1.012.56	21.09	44.81
3	INYECCION DE AGUA CALIENTE	756.1	15.75	60.56
4	CONO PARADO	635.93	13.25	73.81
5	SALIDA LLENADORA LLENA	594.09	12.38	86.19
6	FALLA DE CHAPA	386.07	8.04	94.23
7	FALTA DE BOTELLA A LA ENTRADA	195.84	4.08	98.31
8	SALIDA DE BOTELLA TRANCADA	81.17	1.69	100.00
	SUMA TOTAL	4.800.28		
N°	PASTEURIZADOR	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	SALIDA DEL PASTER LLENA	1.305.50	81.02	81.02
2	TEMPERATURA BAJA PASTEURIZACION	90.39	5.61	86.63
3	TEMPERATURA ALTA PASTEURIZACION	80.33	4.99	91.62
4	PARADA POR OPERARIO	64.02	3.97	95.59
5	TEMPERATURA BAJA SUPER HEAT	42.09	2.61	98.20
6	TEMPERATURA ALTA SUPER HEAT	28.97	1.80	100.00
	SUMA TOTAL	1.611.30		
N°	EMBALADOR 201	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	PARADA POR OPERARIO	4.474.61	50.39	50.39
2	FALTA DE PLASTICO A LA ENTRADA	2.585.61	29.12	79.51
3	BOTELLA CAIDA	685.47	7.72	87.23
4	MESA DE BOTELLA SIN EMBALAR LLENA	591.93	6.67	93.90
5	VIA RECHAZO INSPECTOR LLENA	364.75	4.11	98.01
6	ACUMULACION A LA SALIDA	127.67	1.44	99.44
7	BOTELLA EN CHUPONES	25.22	0.28	99.73
8	CAJA ALTA	24.1	0.27	100.00
	SUMA TOTAL	8.879.36		
N°	EMBALADOR 202	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	PARADA POR OPERARIO	2.848.11	42.51	42.51
2	FALTA DE PLASTICO A LA ENTRADA	1.686.87	25.18	67.68
3	BOTELLA CAIDA	960.27	14.33	82.02
4	VIA RECHAZO INSPECTOR LLENA	376.81	5.62	87.64
5	MESA DE BOTELLA SIN EMBALAR LLENA	346.17	5.17	92.81
6	ACUMULACION A LA SALIDA	255.57	3.81	96.62
7	CAJA ALTA	204.32	3.05	99.67
8	BOTELLA EN CHUPONES	22.17	0.33	100.00
	SUMA TOTAL	6.700.29		
N°	PALETIZADOR 201	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	FALTA DE CAJA (LLENO)	5.414.60	63.10	63.10
2	PARADA POR OPERARIO	2.112.71	24.62	87.72
3	PALETA TRANCADA A LA ENTRADA	831.67	9.69	97.41
4	SALIDA DE PALETA LLENA	189.94	2.21	99.63
5	BARRA EMPUJADORA TRANCADA	14.2	0.17	99.79
6	FALTA PALETA A LA ENTRADA	10.95	0.13	99.92
7	CAJA TRANCADA EN RODILLO VIVO	6.99	0.08	100.00
	SUMA TOTAL	8.581.06		

	PALETIZADOR 202	TIEMPO (MIN)	% PARADAS	FREC. ACUM.
1	FALTA DE CAJA (LLENO)	4.871,73	70,19	70,19
2	PARADA POR OPERARIO	987,95	14,23	84,42
3	PALETA TRANCADA A LA ENTRADA	731,81	10,54	94,96
4	SALIDA DE PALETA LLENA	326,96	4,71	99,67
5	FALTA PALETA A LA ENTRADA	10,54	0,15	99,82
6	CAJA TRANCADA EN RODILLO VIVO	7,56	0,11	99,93
7	BARRA EMPUJADORA TRANCADA	4,67	0,07	100,00
	SUMA TOTAL	6.941,22		

En la tabla anterior se refleja la cantidad de tiempo que los equipos de envasado están ociosos durante el tiempo de producción planificado, al igual que la forma como se clasificaron las distintas paradas en cada equipo y la información requerida para la realización de los paretos de paradas de cada equipo (ver Anexo 2), de manera de poder identificar gráficamente las paradas que se encuentran entre el 75 % y 89 % de la frecuencia acumulada en cada equipo, para luego buscar la causa raíz.

Después de realizar el levantamiento del tiempo de paradas propias se cuantificó económicamente, valorando la producción dejada de realizar por este concepto. Las Llenadoras serán los equipos que tomaremos de referencia para la cuantificación en cuanto a paradas ajenas, debido a que es el que marca la pauta de producción de la línea, tomando en cuenta también las paradas propias de los Conos, Inspectores y Llenadoras, las cuales inciden directamente en la producción de la línea de envasado. A continuación (ver Tabla 6.3) se muestran los resultados de la cuantificación por paradas:

Por cada Llenadora parada se dejan de producir 1000 B.P.M.
El ingreso a planta en Bolívares por botella envasada se estimó en 50 Bs.
Las paradas ajenas de las Llenadoras no incluyen las causadas por Conos e Inspectores

EQUIPO	Tiem.Parad.Total	Botellas	Bolívares
PARADAS PROPIAS DE LOS CONOS	1.881,03	1.881.030	94.051.500,00
PARADAS PROPIAS INSPECTORES	1.099,37	1.099.370	54.968.500,00
PARADAS PROPIAS LLENADORAS	5.144,41	5.144.410	257.220.500,00
PARADAS AJENAS LLENADORAS	2.846,21	2.846.210	142.310.500,00
TOTAL MENSUAL DEJADO DE PERCIBIR	**10971,02**	**10.971.020**	**548.551.000,00**

TABLA 6.3: CUANTIFICACIÓN ECONÓMICA DE LAS PARADAS

A continuación se presentará el análisis de las paradas propias y ajenas en base a su clasificación y posición dentro de los paretos realizados.

6.1.1.1 PARADAS PROPIAS

Las paradas propias analizadas son las comprendidas entre las frecuencias acumuladas indicadas con anterioridad; más cercanas al 80 % (ver Tabla 6.2). Se analizarán las paradas propias de la Lavadora, Conos sin Presión, Inspectores, Llenadoras, Embaladores y Paletizadores. Sin embargo se analizarán los Inspectores y Conos con mayor nivel de detalle, porque se observa que afectan directamente a las Llenadoras y la eficiencia de la línea gira en función de las Llenadoras, que son los equipos que marcan la pauta.

Las Llenadoras son los equipos de menor velocidad en la línea de envasado y el diseño de las velocidades de la línea busca que nunca dejen de operar las Llenadoras, por estas dos razones se dice que este último equipo es el que marca la pauta. Sin embargo, los Conos sin Presión y los Inspectores afectan directamente la operación de las Llenadoras, gracias al funcionamiento en serie y sin acumulación que causan la parada inmediata de las Llenadoras. En pocas palabras, la parada de cualquiera de uno de los tres equipos antes mencionados, causa la

parada automática de los otros dos y por ende la parada de la línea. Mientras que en el resto de la línea entre los equipos siempre hay una acumulación o pulmón de material (botellas y gaveras) que garantiza el funcionamiento continuo de los mismos, permitiendo en lo posible no afectar a las Llenadoras que son los equipos críticos del proceso.

En la siguiente tabla (ver Tabla 6.4) se observan los porcentajes de las paradas propias en el tiempo total de producción de 31.019 minutos sin arranques y cambios de línea:

EQUIPO	Tiem.Parad.Tot (min)	% T.P.T en Prod.	Tiem.Parad.Prop (min)	% T.P.P en Prod.
DEPALETIZADOR 201	10.305,39	33,22%	1.999,82	6,45%
DEPALETIZADOR 202	9.368,44	30,20%	1.615,62	5,21%
DESEMBALADOR 201	9.063,51	29,22%	1.230,73	3,97%
DESEMBALADOR 202	8.275,42	26,68%	894,52	2,88%
LAVADORA	9.069,99	29,24%	4.075,45	13,14%
CONO SIN PRESION 201	5.919,12	19,08%	1.152,48	3,72%
CONO SIN PRESION 202	4.780,73	15,41%	728,55	2,35%
INSPECTOR 201	6.182,18	19,93%	717,32	2,31%
INSPECTOR 202	4.988,20	16,08%	382,05	1,23%
LLENADORA 201	6.170,74	19,89%	2.908,51	9,38%
LLENADORA 202	4.800,28	15,48%	2.235,90	7,21%
PASTEURIZADOR	1.611,30	5,19%	305,80	0,99%
EMBALADOR 201	8.879,36	28,63%	5.209,40	16,79%
EMBALADOR 202	6.700,29	21,60%	4.034,87	13,01%
PALETIZADOR 201	8.581,06	27,66%	2.965,57	9,56%
PALETIZADOR 202	6.941,22	22,38%	1.731,99	5,58%

TABLA 6.4: PARADAS PROPIAS DE LOS EQUIPOS

Para reflejar lo explicado anteriormente, que la eficiencia de la línea se ve directamente afectada por el funcionamiento de los Conos sin Presión, Inspectores y Llenadoras. En la siguiente tabla se muestra (ver Tabla 6.5) cómo afectan las paradas de los tres equipos en la línea, además del tiempo de producción total que los equipos estuvieron ociosos por paradas propias:

EQUIPO	Tiem.Parad.Prop	% T.P.P
CONO SIN PRESION 201	1152,48	3,72%
INSPECTOR 201	717,32	2,31%
LLENADORA 201	2908,51	9,38%
TOTAL MANGA 201	**4778,31**	**15,40%**
CONO SIN PRESION 202	728,55	2,35%
INSPECTOR 202	382,05	1,23%
LLENADORA 202	2235,90	7,21%
TOTAL MANGA 202	**3346,50**	**10,79%**
TOTAL MANGAS (MIN)	**8124,81**	

TABLA 6.5: PARADA PROPIA DE CONOS, INSPECTORES Y LLENADORA

Se aprecia en la tabla anterior que las Llenadoras son las que tienen el mayor porcentaje de paradas entre los tres equipos. Los Conos e Inspectores le están quitando directamente a la línea un 4,8 % de eficiencia, que es equivalente a 82.717 cajas o 3,5 turnos de producción a 25.000 cajas en promedio (ideal) cada uno, estos resultados están en base a 31.019 minutos de producción.

A continuación se presentarán los diagramas de "Causa y Efecto" de las paradas propias; según los argumentos anteriores, de los equipos mencionados para identificar las causas propias de las paradas estudiadas:

Lavadora:

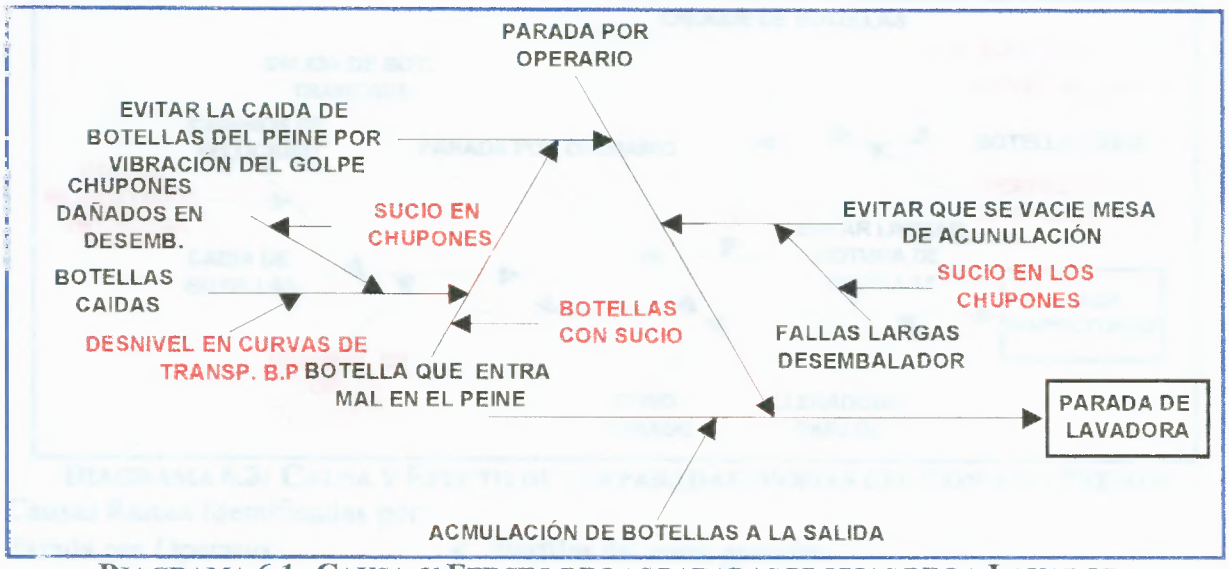


DIAGRAMA 6.1: CAUSA Y EFECTO DE LAS PARADAS PROPIAS DE LA LAVADORA

Causas Raíces Identificadas por:

Paradas por Operario:
- ✓ Curvas y desnivel en los transportadores de cadenas inoxidables o Bandas Planas.
- ✓ Botellas con sucio.
- ✓ Sucio en los chupones del Desembalador.

Conos sin Presión:

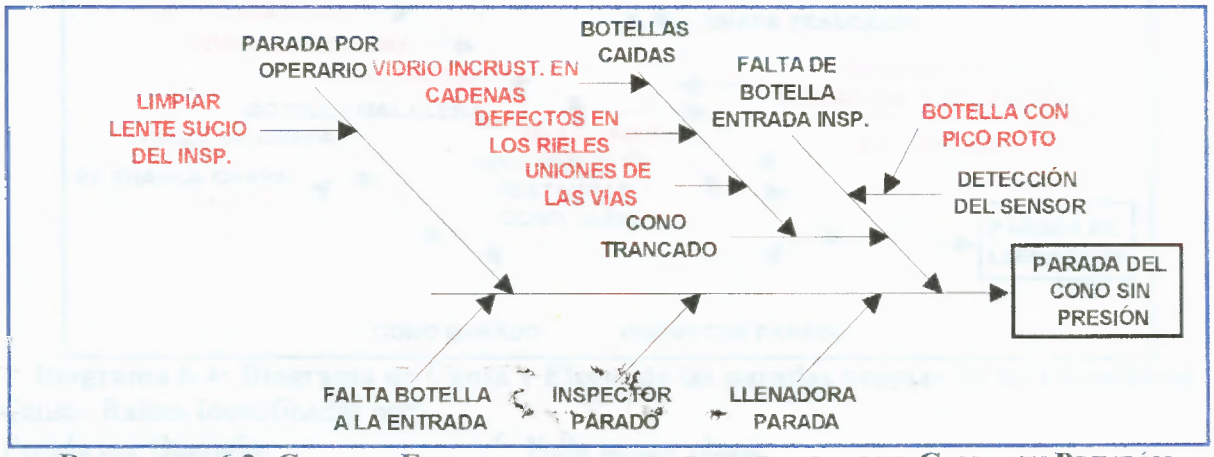


DIAGRAMA 6.2: CAUSA Y EFECTO DE LAS PARADAS PROPIAS DEL CONO SIN PRESIÓN

Causas Raíces Identificadas por:

Parada por Operario:
- ✓ Limpiar lente sucio del Inspector.

Falta de Botella a la entrada del Inspector:
- ✓ Vidrio incrustado en las cadenas.
- ✓ Defectos en los rieles.
- ✓ Uniones de las vías transportadores Banda Plana.
- ✓ Botellas con pico roto.

Inspectores:

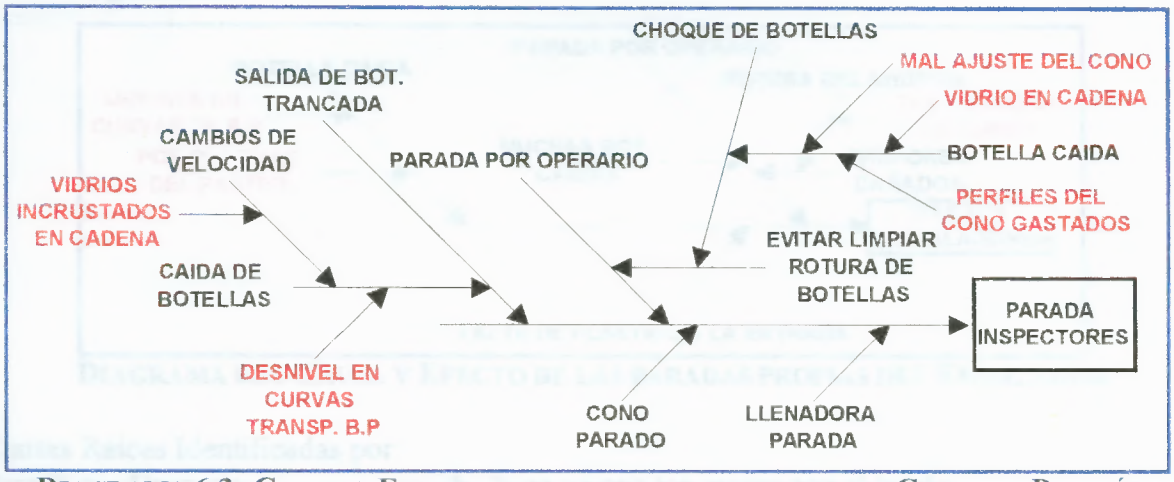


DIAGRAMA 6.3: CAUSA Y EFECTO DE LAS PARADAS PROPIAS DEL CONO SIN PRESIÓN

Causas Raíces Identificadas por:

Parada por Operario:
- ✓ Perfiles del cono gastados.
- ✓ Mal ajuste del cono.
- ✓ Vidrio roto incrustado en cadena inoxidable.

Salida de Botella Trancada:
- ✓ Vidrio incrustado en las cadenas inoxidables.
- ✓ Uniones de las vías transportadores inoxidables.

Llenadoras:

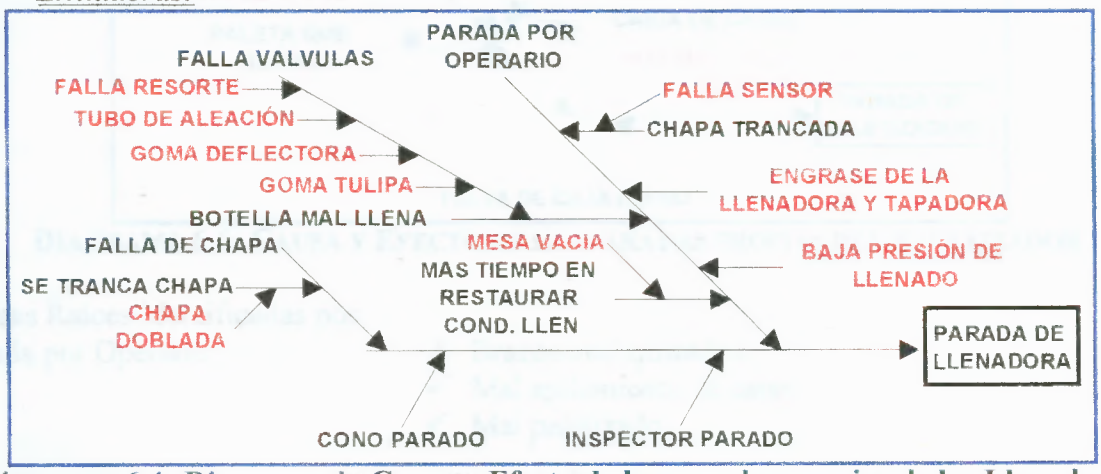


Diagrama 6.4: Diagrama de Causa y Efecto de las paradas propias de las Llenadoras

Causas Raíces Identificadas por:

Parada por Operario:
- ✓ Falla sensor chapa.
- ✓ Engrase de la Llenadora y Tapadora.
- ✓ Baja presión de llenado.
- ✓ Mesa de acumulación después de la Lavadora vacía.
- ✓ Falla resorte de válvulas.
- ✓ Falla goma deflectora.
- ✓ Falla goma tulipa.
- ✓ Falla tubo de aleación.

Falla de Chapa:
- ✓ Chapa doblada en la tolva o vía magnética.

Embaladores:

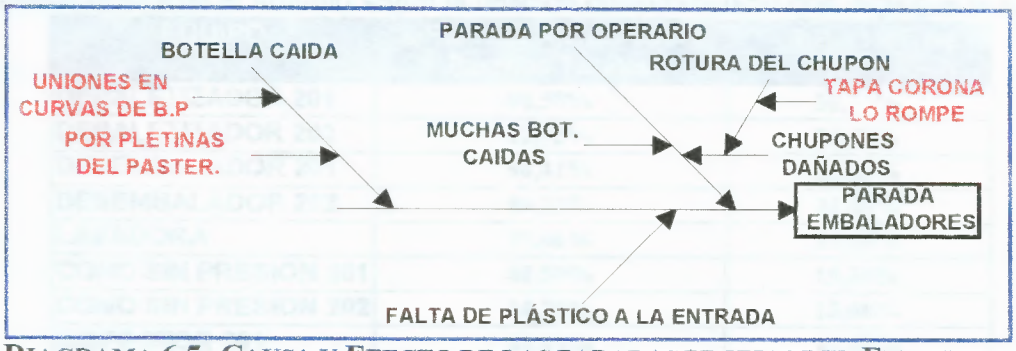


DIAGRAMA 6.5: CAUSA Y EFECTO DE LAS PARADAS PROPIAS DEL EMBALADOR

Causas Raíces Identificadas por:

Parada por Operario:
- ✓ Tapa corona los rompe con el borde.

Botella Caída:
- ✓ Uniones de curva en transportadores inoxidables (B.P).
- ✓ Por pletinas transportadoras dentro y a la salida del Pasteurizador.

Paletizadores:

DIAGRAMA 6.6: CAUSA Y EFECTO DE LAS PARADAS PROPIAS DEL PALETIZADOR

Causas Raíces Identificadas por:

Parada por Operario:
- ✓ Brazos mal ajustados.
- ✓ Mal apilamiento de cajas.
- ✓ Mal paletizado.

Después de elaborar estos diagramas tenemos el diagnóstico de las causas de las paradas propias que más afectan los equipos, permitiéndonos plantear soluciones claras que ataquen la raíz del problema.

6.1.1.2 PARADAS AJENAS

Las paradas ajenas de los equipos del proceso son aquellas generadas por causas no imputables al funcionamiento y diseño del equipo. Como se puede apreciar en la Tabla 6.6, estas paradas representan un alto porcentaje del total de paradas en cada equipo. Sin embargo, dentro de las paradas ajenas existen las que son significativas y las que no lo son. La clasificación de paradas significativas se realizó según el principio de Pareto. El análisis

deberá entonces enfocarse en determinar las causas de estas paradas para luego poder eliminarlas o reducirlas al mínimo según la relación costo/beneficio que implique la solución.

EQUIPO	% Paradas Ajenas sobre Paradas Totales	% T.P.A en Prod.
DEPALETIZADOR 201	80,58%	26,77%
DEPALETIZADOR 202	82,75%	24,99%
DESEMBALADOR 201	86,41%	25,25%
DESEMBALADOR 202	89,21%	23,80%
LAVADORA	55,06%	16,10%
CONO SIN PRESION 201	80,50%	15,36%
CONO SIN PRESION 202	84,75%	13,06%
INSPECTOR 201	88,41%	17,62%
INSPECTOR 202	92,35%	14,85%
LLENADORA 201	52,84%	10,51%
LLENADORA 202	53,42%	8,27%
PASTEURIZADOR	80,92%	4,20%
EMBALADOR 201	41,36%	11,84%
EMBALADOR 202	39,77%	8,59%
PALETIZADOR 201	65,44%	18,10%
PALETIZADOR 202	75,07%	16,80%

TABLA 6.6: INFLUENCIA DE LAS PARADAS AJENAS SOBRE EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN

Lo primero que se puede observar de las paradas ajenas seleccionadas (ver Tabla 6.2) por cada equipo, es que en todos los casos fueron originadas por problemas en los equipos siguientes o anteriores. En ningún caso se observaron paradas relevantes originadas por problemas en el suministro. Esta situación canaliza el estudio a identificar cuáles circunstancias pueden llevar a que un equipo repercuta en el funcionamiento de otro, a tal punto, que le produzca una parada.

Al analizar los tipos de parada ajena, se observó una similitud en los equipos que anteceden a las Llenadoras de botellas, así como también en los equipos posteriores a esta etapa del proceso. Los equipos anteriores a la etapa de llenado presentaron un alto índice de paradas por acumulación de material a la salida. Mientras que los equipos posteriores a dicha etapa tenían como factor común la falta de material a la entrada.

La falta de material a la entrada de un equipo o la acumulación de material a la salida de este suele tener dos causas principales; la primera es un *desequilibrio de velocidades* entre los equipos de la línea, y la segunda es la aparición de una *falla lo suficientemente prolongada en los equipos inmediatos,* las cuales, fueron analizadas dentro de las paradas propias relevantes de cada equipo.

a) Paradas Debido a la Velocidad de los Equipos

Se midieron las velocidades de todos los equipos mediante un cronómetro digital de una apreciación de una centésima de segundo. Para disminuir el margen de error cometido por la persona que realiza la medición, se realizaron un total de quince mediciones por cada equipo (Ver Anexo 3.1) y la suficiencia del tamaño de la muestra fue comprobado a través del coeficiente de variación, el cual representa la relación que existe entre la desviación estándar y la media de la muestra.

Por las diferencias operativas entre cada uno de los equipos, cada uno requirió de una metodología particular de medición. Luego, con el objeto de estandarizar las unidades de

velocidad utilizadas, cada velocidad se llevó a unidades de *botellas por minuto* (b.p.m.). Los resultados de la medición de velocidades se describen a continuación:

Depaletizadores:

La velocidad se determinó mediante la toma del tiempo del ciclo de depaletizado por paleta, considerando que cada paleta carga ocho niveles de nueve gaveras, es decir setenta y dos gaveras:

Velocidad Depaletizador = 72 gaveras x 36 botellas/gavera ÷ (Ciclo(seg.) ÷ 60)

Depaletizador 201	Depaletizador 202
Ciclo por paleta: 131,7 seg.	Ciclo por paleta: 133,6 seg.
Velocidad total de depaletizado = Vel. Dep. 201 + Vel. Dep. 202 = 2.345 b.p.m	

Desembaladores :

Cada Desembalador cuenta con ocho cabezales rotatorios. En este caso, el tiempo medido es el que transcurre desde que un cabezal da una vuelta completa según un punto de referencia. El cálculo de la velocidad del equipo se realizó de la siguiente manera:

Velocidad Desembalador = 8 gav x 36 bot/gav ÷ (ciclo(seg) ÷ 60)

Desembalador 201	Desembalador 202
Ciclo del cabezal: 13,97 seg. Velocidad en b.p.m.: 1.236,9	Ciclo del cabezal: 14,33 seg. Velocidad en b.p.m.: 1.205,9
Velocidad total de desembalaje = Vel. Des. 201 + Vel. Des. 202 = 2.443 bpm	

Lavadora:

La salida de botellas de este equipo es por "golpes", cada golpe representa la salida de un grupo de sesenta y ocho (68) botellas del equipo. La determinación de la velocidad de la Lavadora de botellas se realizó tomando el tiempo que transcurre para que se lleven a cabo diez golpes:

Velocidad Lavadora = 10 golpes x 68 bot/golpe ÷ (Tiempo para diez golpes(seg.) ÷ 60)

Lavadora de botellas
Tiempo por diez golpes: 16,68 seg. Velocidad en golpes por minuto: 36
Velocidad de lavado = 2.448 bpm

Llenadoras:

Las Llenadoras están equipadas con 132 válvulas las cuales giran alrededor de un eje central. Para establecer la velocidad real de estos equipos, se midió el tiempo que tarda una válvula en realizar cinco ciclos tomando un punto de referencia. El resultado y calculo de las mediciones fue el siguiente:

Velocidad Llenadora = 132 bot/ciclo x 5 ciclos ÷ (Tiempo por cinco ciclos (seg.) ÷ 60

Llenadora 201	Llenadora 202
Tiempo por cinco ciclos: 39,49 seg. Tiempo por ciclo: 7,90 seg. Velocidad en b.p.m.: 1.003	Tiempo por cinco ciclos: 39,43 seg. Tiempo por ciclo: 7,89 Velocidad en b.p.m.: 1.004
Velocidad total de llenado = Vel. Llen. 201 + Vel. Llen. 202 = 2.007 bpm	

Pasteurizador:

El ciclo del pistón hidráulico que mueve las pletinas transportadoras fue tomado como base para el cálculo de la velocidad de este equipo, tomando en cuenta que las botellas son desplazadas 12,45 cm por ciclo, se midió el tiempo por ciclo y se efectuaron los cálculos de la siguiente manera:

Vel. Pas. = (Cap. del Pas. (bot) x Desplazamiento(cm)) ÷ ((ciclo(seg.) ÷ 60) x (Largo(cm))

Pasteurizador de botellas
Tiempo por ciclo: 12,03 seg.
Desplazamiento de botellas por ciclo: 12,45 cm
Capacidad del Pasteurizador: 80,365 botellas
Velocidad de Pasteurizado = 2.344 bpm

Embaladores:

Los Embaladores trabajan de forma similar a los Desembaladores pero en vez de sacar las botellas de las cajas, las introducen, por lo que se utilizaron los mismos procedimientos para el cálculo de su velocidad:

Velocidad Embalador = 8 cav x 36 bot/cav ÷ (ciclo(seg.) ÷ 60)

Embalador 201	Embalador 202
Ciclo del cabezal: 16,0 seg. Velocidad en b.p.m.: 1.080	Ciclo del cabezal: 13,87 seg. Velocidad en b.p.m.: 1.246
Velocidad total de embalado = Vel. Emb. 201 + Vel. Emb. 202 = 2.326 bpm	

Paletizadores:

El modo de operar de este equipo es diferente al del Depaletizador, sin embargo, también se utilizó la duración del ciclo por paleta para determinar su velocidad, ya que se mantiene la misma distribución gaveras por paleta.

Velocidad Paletizador = 72 gaveras x 36 botellas/gavera ÷ (Ciclo(seg.) ÷ 60)

Paletizador 201	Paletizador 202
Ciclo por paleta: 117,24 seg. Velocidad en b.p.m.: 1.326,5	Ciclo por paleta: 116 seg. Velocidad en b.p.m.: 1.340,7
Velocidad total de paletizado = Vel. Dep. 201 + Vel. Dep. 202 = 2.667 bpm	

Luego de haber calculado la velocidad de operación de todos los equipos se aprecia (ver Gráfico 6.2) un perfil de distribución de velocidades que intenta ajustarse, sin lograrlo, a una distribución de velocidades en forma de "V", comúnmente aplicada en las líneas embotelladoras. El fin de esta distribución de velocidades es evitar en lo posible tiempos ociosos en las Llenadoras originados por causas ajenas a ellas. Esto se hace ya que, tanto la eficiencia como el número de unidades producidas por la línea, vienen determinadas por este equipo. Con la distribución de velocidades en "V" se pretende acumular botellas a la entrada de las Llenadoras, en la mesa de acumulación ubicada entre la Lavadora de botellas y las Llenadoras. Así, cuando acontezca una parada imprevista en la Lavadora de botellas, existirá un tiempo de recuperación para solucionarla antes de que las Llenadoras deban detenerse por falta de botellas a la entrada. El vacío de botellas creado entre ambos equipos mientras la Lavadora no estuvo operando será eliminado por la diferencia de velocidades existente entre los dos equipos. Si en vez de crear vacío de botellas, se consume el inventario pulmón de la

mesa de acumulación, este se repondrá progresivamente por la misma diferencia de velocidades.

De forma análoga, la Lavadora debería presentar un diferencial de velocidad con la etapa de desembalaje, y así ésta última con la de depaletizado, siendo las velocidades decrecientes desde la etapa de depaletizado hasta la etapa de llenado. Sin embargo la distribución de velocidades actual, la cual intenta ajustarse a la distribución en "V" presenta una discordancia; la velocidad de depaletizado es inferior a la de desembalaje.

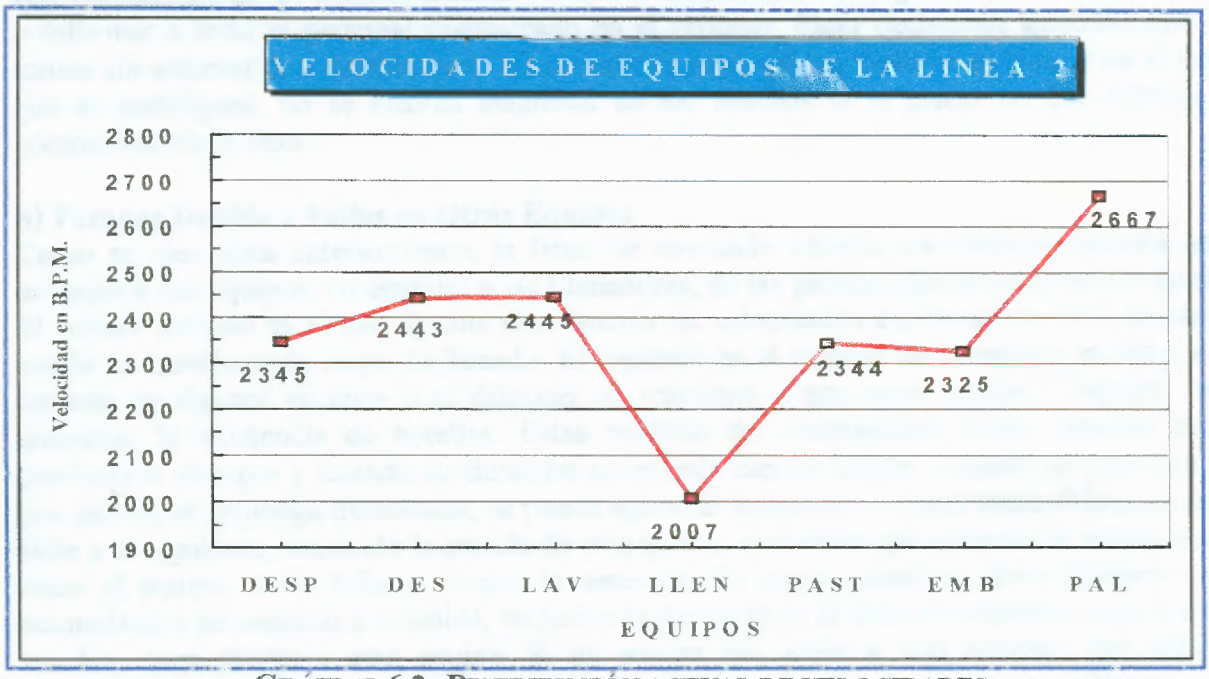


GRÁFICO 6.2: DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE VELOCIDADES

Por otro lado, la pendiente de la curva de velocidades pasa a ser positiva a partir de las Llenadoras. El objetivo de que la velocidad del Pasteurizador sea superior a la de las Llenadoras es retirar inmediatamente las botellas a la salida de los equipos evitando *paradas por acumulación de material a la salida*. Debe existir cierta holgura en caso de que el Pasteurizador deba detenerse repentinamente, de hecho, existe un tiempo para solucionar la causa de la parada del Pasteurizador, antes de que las Llenadoras deban detenerse por acumulación de botellas a la salida. Como la tasa de falla del Pasteurizador es muy baja, el espacio disponible para inventario pulmón es mínimo comparándolo con el disponible entre éste y los Embaladores (aproximadamente 6.140 botellas), los cuales presentan una tasa de fallas muy superior. Por último, cabe destacar que entre la etapa de pasteurizado y la de embalaje el gráfico refleja un absurdo en base a lo explicado anteriormente; la velocidad total de embalaje es inferior a la de pasteurizado.

En síntesis, esta línea de envasado mostró asimetría y cierta incongruencia en su distribución de velocidades.

El estado actual de las velocidades es claramente la causa principal de paradas ajenas no programadas para la mayoría de los equipos de la línea. Los equipos de una línea no podrán trabajar eficientemente mientras no exista un equilibrio entre sus velocidades.

Antes de proponer soluciones para el estado actual de las velocidades de los equipos de la línea de envasado, es necesario determinar el origen de las mismas. Para obtener la

información necesaria se tomaron dos vías, la primera fue entrevistar al personal de la empresa involucrado con el tema y en segundo lugar, la revisión de documentos e informes de estudios realizados en el pasado. La conclusión de esta investigación es que, a pesar de que se han realizado estudios formales sobre las velocidades de equipos en el pasado, las velocidades actuales no siguen las propuestas por dichos estudios. Por otro lado se observa poca confiabilidad en algunos de los cálculos realizados por utilizar una base estadística pobre, además de existir cierto desacuerdo en cuanto a los criterios seguidos para determinar la velocidad de algunos equipos.

Las velocidades de los equipos muchas veces son modificadas sin registrar los cambios hechos o informar a todo el personal involucrado en el proceso. Estas decisiones generalmente se toman sin estudiar con detenimiento si en realidad se justifican dichos cambios, y en el caso que se justifiquen, no se analiza magnitud de los mismos ni el grado en que afectan la continuidad de la línea.

b) Paradas Debido a Fallas en Otros Equipos

Como se menciona anteriormente, la línea de envasado adopta dos métodos básicos para proteger a sus equipos, en especial a las Llenadoras, de las paradas que ocurren en los demás. El primer método es el uso de una distribución de velocidades en forma de "V", donde el cuello de botella es la etapa de llenado. El segundo es el manejo de inventario pulmón a la entrada de algunos equipos o el disponer de trayectos largos entre equipo y equipo, para aumentar la existencia de botellas. Estas medidas de contingencia evitan paradas en la producción siempre y cuando su duración no exceda ciertos límites. Cuando la duración de una parada se prolonga demasiado, se puede agotar el inventario pulmón entre el equipo de la falla y el siguiente, causando la parada de este último, o también permitiendo la acumulación entre el equipo de la falla y el que lo antecede. El equipo suplidor debe detenerse por acumulación de material a la salida, inclusive la duración de la falla no requiere llegar a estos niveles para afectar a otro equipo. Si un equipo que suple a otro presenta una falla lo suficientemente prolongada, se creará un vacío de tal magnitud que la diferencia de velocidades no podrá reponerlo antes que se provoque una parada, aunque corta, en el próximo equipo por falta de material a la entrada.

La información recopilada dio a conocer algunas paradas propias de equipo que se repiten frecuentemente y su duración puede llegar a afectar a los equipos inmediatos al que presenta la falla. La solución este problema está en identificar y luego eliminar en lo posible las causas principales de dichas paradas. El estudio detallado de las paradas propias se hizo con anterioridad en su apartado correspondiente.

6.1.2 EFECTIVIDAD GLOBAL DE EQUIPOS

La Efectividad Global de Equipos (E.G.E) es un indicador que sirve para evaluar o diagnosticar integralmente las condiciones de operación de los equipos, gracias a los factores que lo componen, mientras que en la línea de producción estudiada sólo se evalúan los equipos según su disponibilidad, el cual sólo constituye uno de los términos de la E.G.E. Como ya se explicó en el marco teórico, este factor es el resultado de la multiplicación de la disponibilidad del equipo por la tasa de operación y calidad del mismo. La información requerida para la realización de este cálculo se basa en las pérdidas de tiempo muerto no planeado, pérdidas de tiempo muerto planeado, unidades reales producidas, tasa de calidad del equipo y velocidades reales y nominales de los mismos.

Efectividad Global del Equipo =Disponibilidad x Eficiencia al rendimiento x Tasa de Calidad
E.G.E = Disponibilidad x Tasa de Velocidad de Operación x Tasa de Operación Neta x Tasa de Calidad

Los datos de pérdidas de tiempo muerto no planeado son iguales al total de las paradas analizadas anteriormente como paradas propias. En el caso de otras pérdidas de tiempo muerto, se sustrajo la información de las hojas de producción tales como rutinas de limpieza y tiempos de arranque de línea (ver Anexo 4.1).

Las velocidades nominales fueron sustraídas de las especificaciones técnicas en catálogos de los equipos, mientras que la real fue medida en base al procedimiento descrito con anterioridad. La tasa de calidad de los equipos fue suministrada por los especialistas en cada equipo, en base a muestreos que ellos han realizado.

A continuación se presentan los resultados arrojados por el cálculo de la Efectividad Global de Equipos (ver Tabla 6.7), los cálculos detallados se presentan en los anexos (ver Anexo 3.2):

E.G.E = Efectividad Global del Equipo.
DISP = Disponibilidad
T.V.O = Tasa de Velocidad de Operación.
T.O.N = Tasa de Operación Neta.
T.D.C = Tasa de Calidad.

EQUIPO	DISP	T.V.O	T.O.N	T.D.C	E.G.E.
DEPALETIZADOR 201	89,97%	91,13%	79,23%	99,71%	64,77%
DEPALETIZADOR 202	91,16%	89,89%	79,27%	99,71%	64,77%
DESEMBALADOR 201	92,36%	76,36%	73,49%	99,80%	51,72%
DESEMBALADOR 202	93,40%	74,44%	74,54%	99,80%	51,72%
LAVADORA	83,54%	99,88%	82,08%	99,90%	68,41%
CONO SIN PRESION 201	92,60%			99,99%	92,59%
CONO SIN PRESION 202	93,91%			99,99%	93,90%
INSPECTOR 201	93,95%			99,50%	93,48%
INSPECTOR 202	94,99%			99,50%	94,51%
LLENADORA 201	87,15%	100,30%	94,61%	99,70%	82,45%
LLENADORA 202	89,24%	100,40%	92,31%	99,70%	82,45%
PASTEURIZADOR	95,22%	99,83%	73,99%	99,99%	70,32%
EMBALADOR 201	80,02%	66,67%	95,43%	99,80%	50,81%
EMBALADOR 202	83,66%	76,85%	79,18%	99,80%	50,81%
PALETIZADOR 201	86,98%	102,39%	71,46%	99,71%	63,45%
PALETIZADOR 202	90,80%	103,47%	67,73%	99,71%	63,45%

TABLA 6.7: EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS

A Los Conos sin Presión e Inspectores no se les calculó la Tasa de Velocidad de Operación y Tasa de Operación Neta debido a que son equipos que regulan automáticamente las velocidades, gracias a fotoluces en función de la separación entre botellas.

De los resultados arrojados se puede observar que no todos los equipos poseen disponibilidades altas a excepción del Pasteurizador, tomándose como referencia una buena disponibilidad del 90 %. La disponibilidad es una fracción que nos indica el porcentaje del tiempo de producción planificado en que el equipo está disponible y en nuestro caso se ve directamente afectada por las paradas propias de cada equipo. Así que, para aumentar la disponibilidad hay que atacar las causas de las paradas propias señaladas con anterioridad de cada equipo.

La tasa de velocidad de operación nos refleja que la Lavadora y Pasteurizador están bastante cercanas a la velocidad nominal, mientras que las Llenadoras y Paletizadores están por arriba de su velocidad nominal, lo que indica que podría generar desgaste acelerado del equipo pero

debido a que el exceso no se aprecia de mucha magnitud, habría que analizar con mas detalle esta condición. Los equipos restantes están trabajando por debajo de su velocidad nominal.
Analizando la tasa de operación neta, se aprecia que las Llenadoras y el Pasteurizador son los equipos más eficientes, sin embargo, en las Llenadoras y demás equipos la eficiencia no es muy aceptable. La Tasa de Operación sirve para medir la permanencia o estabilidad de operación del equipo a su velocidad real y se ve afectada por las paradas ajenas, cambios en la velocidad de operación real del equipo o tiempos de trabajo en vacío. En todos los equipos se observa que están siendo afectados por paradas ajenas, pero los únicos equipos que se ven afectados por cambios de velocidades son los Embaladores y Desembaladores , al igual que la Lavadora, los cuales poseen una velocidad baja que se activa automáticamente. En el caso de los Paletizadores y Pasteurizador se ve afectada su Tasa de Operación por la cantidad de tiempo que estos equipos están trabajando en vacío.
La Tasa de Calidad de los equipos es bastante aceptable por lo que se considera que no es el problema de mayor incidencia, o el de mayor prioridad para su corrección, debido a que los defectos no llegan a afectar directamente al cliente, gracias a las inspecciones de calidad automáticos que posee la línea de envasado.

6.2 MATERIALES

Al hablar de desperdicio de materiales, se incluyen todas las materias primas o materiales de empaque que no son convertidos en producto terminado. También se incluye el costo de oportunidad por excesos de material en proceso o por altos índices de inventario en el área de producción, el rechazo de producto por defectos de calidad y el producto terminado que es dañado antes de salir del proceso de envasado, es decir, de la etapa de paletizado. Los desperdicios más significativos encontrados en la línea de envasado se clasifican en cuatro:

- Merma.
- Botellas rotas.
- Exceso de material en la línea de envasado.

La información necesaria para el estudio de desperdicio de materiales proviene de diversas fuentes. Las más importantes son los archivos e informes de la empresa, las entrevistas al personal involucrado, el acceso al sistema de base de datos SIGE y el muestreo estadístico realizado.

6.2.1 MERMA

La merma se genera en dos puntos específicos del proceso, estos son las Llenadoras y los Inspectores de nivel de llenado. La empresa no cuenta con información detallada acerca de la merma que se genera en la planta, sólo se tiene un aproximado mensual de la merma global de la planta incluyendo líneas de botellas y de latas. Este aproximado se calcula restando el volumen total de líquido en botellas o latas producidas por la planta del volumen total de líquido vaciado de los tanques para cerveza filtrada durante un mes. Al no contar con datos históricos sobre la merma generada en la línea objetivo, el estudio se dividió en cuantificar por separado la merma generada por botellas mal llenadas y la merma generada por cambio de producto y fin de jornada de producción.

6.2.1.1 BOTELLAS MAL LLENADAS

A la salida de cada Llenadora se encuentra un inspector de nivel de llenado y de verificación de botella tapada. El inspector tiene la capacidad de registrar la cantidad de botellas que han

sido rechazadas durante el turno de trabajo, y de contar cuantas tienen chapa y cuantas no (ver Anexo 4.2). No obstante, el inspector no está en capacidad de registrar los niveles de las botellas rechazadas, simplemente identifica si el nivel está por debajo del especificado y rechaza la botella. Además de este problema, el inspector no es cien por cien efectivo, muchas veces rechaza botellas que cumplen con las especificaciones de nivel de llenado, estas botellas son seleccionadas por el operador de las Llenadoras y regresadas al proceso, luego, estas botellas no pueden ser consideradas para el cálculo de la merma.

Dado que se cuenta con una base de datos sobre la cantidad de botellas rechazadas, pero no de los niveles de llenado de las mismas, se realizó un muestreo (ver Anexo 3.3) para determinar la proporción de botellas que son devueltas al proceso y el nivel de llenado promedio de las botellas que no cumplen con las especificaciones. El resultado del muestreo realizado se puede apreciar en la Gráfico 6.3.

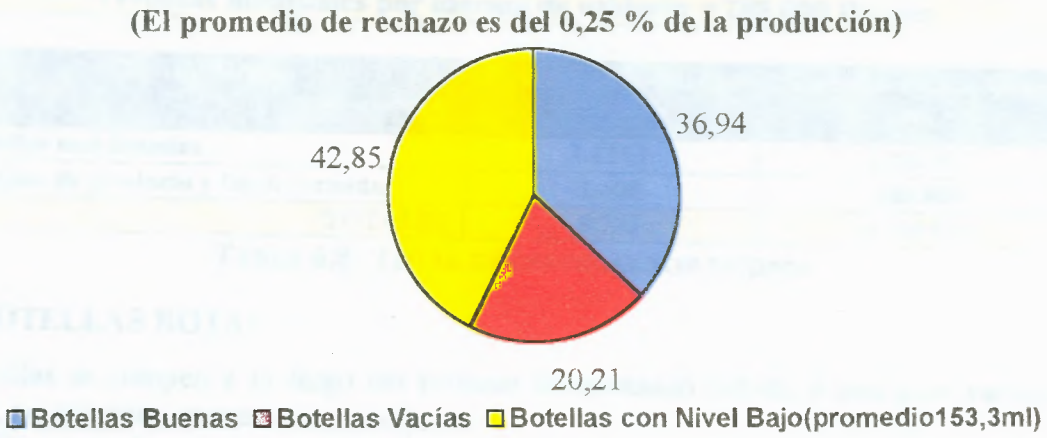


FIGURA 6.3. PROPORCIONES DE BOTELLAS RECHAZADAS POR INSPECTORES DE LLENO

Ahora, para obtener la cantidad de merma mensual se considera un turno normal de ocho horas con veintiséis minutos de descuento por paradas programadas, operando a una velocidad de 2.000 botellas por minuto y con una eficiencia promedio de la línea del 79,5% se está hablando de una producción de 721.860 botellas por turno. El nivel promedio de merma es del 0,25%, esto quiere decir que se están rechazando aproximadamente 1.804,7 botellas por turno, de las cuales el 42,85% presenta nivel bajo de llenado. Se están rechazando entonces, 773,3 botellas por cada turno de operación normal, sin paradas largas por rutinas de mantenimiento. Con un promedio de 153,5 ml. de contenido por botellas rechazadas por nivel bajo a un valor hipotético de *Bs.180* por litro de producto ya sea malta o cerveza se estarían perdiendo *Bs.21.366,3* por turno lo que es equivalente a *Bs.1.281.977* mensuales.

Pérdidas mensuales por merma de mal llena = 1.281.977 Bs/mes

6.2.1.2 CAMBIO DE PRODUCTO Y FIN DE JORNADA

El nivel de merma por cambio de producto y por fin de jornada ha sido disminuido a través del tiempo mediante mejoras implementadas en los métodos de limpiado de tuberías y la experiencia adquirida por los supervisores de línea, quienes conocen el nivel de botellas que debe existir en las vías para vaciar el calderín de llenado. Actualmente se hace un soplado con CO_2 para limpiar las tuberías del producto que se está llenando para aprovecharlo al máximo,

éste proceso se hacía anteriormente con agua y se perdían mayores volúmenes al mezclarse con el producto. Para medir los niveles actuales se tuvo que tomar aproximados basados en el nivel de líquido visible a través del visor del calderín instantes antes de que se dejen de llenar botellas, y el líquido remanente sea expulsado al sistema de desagüe. Según las muestras tomadas y las entrevista realizadas al personal encargado, el nivel de merma por Llenadora es menor a los cien litros.

Los registros de producción señalan que generalmente los lunes se empieza produciendo malta y el martes o miércoles se cambia a cerveza hasta el viernes, día en que se realiza el fin de jornada y se limpian todas las tuberías de alimentación y descarga del calderín incluyendo este último, o sea, los cambios de producto y fines de jornada se hacen en promedio dos veces por semana. Asumiendo un escenario pesimista de merma de 100 litros por Llenadora, se están perdiendo 1.600 litros mensuales de producto, en una proporción de 50% malta y 50% cerveza, en contraste con los 7.122 litros perdidos por botellas mal llenadas.

Pérdidas mensuales por merma de calderín = 288.000 Bs/mes

Tipo de Merma	Pérdidas mensuales en litros	Pérdidas mensuales en Bs.
Botellas mal llenadas.	7.122,1	1.281.977
Cambio de producto y fin de jornada.	1.600	288.000
TOTALES	8.722	1.569.976

TABLA 6.8: TOTAL DE PÉRDIDAS POR MERMA

6.2.3 BOTELLAS ROTAS

Las botellas se rompen a lo largo del proceso de envasado debido a una gran variedad de razones, no obstante, existen tres principales:

- *Operario:* Los operarios que inspeccionan visualmente las botellas rechazadas por los inspectores automáticos establecen si la botella está apta para reintegrarse al proceso o si presenta defectos que justifican su rotura.
- *Roce entre botellas:* A lo largo de las vías transportadoras de botellas, estas están en un constante roce y choque entre sí. Las botellas que están más desgastadas y que están cercanas a cumplir su vida útil se rompen o se quiebran en algún punto del trayecto causando, en ciertas ocasiones, que las vías se tranquen o que se caigan otras botellas.
- *Equipos:* El mal funcionamiento de los equipos termina por romper botellas, el más crítico es la Lavadora de botellas, esta las rompe cuando los peines de la Lavadora se encuentran doblados o no están bien instalados, o cuando un objeto extraño (producto de la suciedad de las gaveras provenientes de la etapa de depaletizado), obstaculiza el paso de una botella a su respectiva casilla dentro del peine.

La empresa contabiliza la cantidad de vidrio roto por línea. La manera de hacerlo es clasificando la línea en tres zonas de rotura de botellas:

Zona A	Zona B	Zona C
• Area de botellas extrañas • Area de desembalado • Entrada a lavadora	• Salida de Lavadora • Inspector de vacío • Area de Llenadoras • Inspector de lleno • Entrada a Pasteurizador	• Salida del Pasteurizador • Area de embalado.

En cada una de las zonas se colocan dos carros metálicos para transportar vidrio roto (*carros de vidrio*), un carro esta destinado a almacenar y transportar *vidrio roto limpio* y el otro carro, *vidrio roto sucio*. La diferencia entre vidrio roto sucio y vidrio roto limpio radica simplemente en que el primero contiene objetos extraños (principalmente chapas u otros metales) y el otro es prácticamente vidrio puro; esta clasificación tiene como fin facilitar el proceso de reciclaje de vidrio. Una vez llenados los carros de vidrio, un trabajador tiene la responsabilidad de llevarlo al la zona de recolección de vidrio donde deberá pesarlo y luego vaciarlo. A continuación debe anotar el tamaño del *carro de vidrio*, el peso leído y su procedencia (línea y zona de origen). Existen dos tamaños de *carros de vidrio*:

Carro Grande:	*Carro Pequeño:*
Peso: 88 kg.	*Peso: 51 kg.*
Capacidad máxima: 380 kg. (aprox.)	*Capacidad máxima: 180 kg. (aprox.)*

La cantidad de vidrio vaciado se calcula de restar el peso del carro utilizado del peso leído antes de vaciarlo. Los registros de vidrio roto de los meses de marzo, abril y mayo señalan que la cantidad de vidrio roto que se genera en la línea es aproximadamente igual al 1,55% de la producción total de botellas, donde 1,38% corresponde a vidrio limpio y 0,17% a vidrio sucio. Con un promedio de producción actual de la línea de 721.860 botellas, se está rompiendo una cantidad cercana a las 11.189 botellas por turno, lo que equivale a 671.329 botellas mensuales. Estas botellas se deben de reponer, lo que constituye un costo para la empresa de Bs.47,5 por botella, es decir, **Bs.31.888.128 mensuales**. No obstante, debe considerarse que la empresa vende el vidrio roto a 14 Bs./kg., recuperando mensualmente Bs.2.161.679 mensuales.

Total pérdidas mensuales en vidrio=29.726.449,00 Bs/mes

6.2.2 EXCESO DE MATERIAL EN PROCESO

La condición desfavorable de la gran distancia que existe entre el almacén de La California Sur y el área de envasado en Los Cortijos, conlleva a la necesidad de utilizar largos tramos para transportar las cajas vacías desde los Depaletizadores, ubicados en el almacén, hasta los Desembaladores , y el producto terminado desde los Embaladores hasta los Paletizadores, también localizados en el almacén. El diseño del Layout de la línea propicia la existencia de gran cantidad de material en proceso, su recorrido total desde que entra a los Paletizadores hasta que sale de los Paletizadores, es de aproximadamente 700 mt. Para contabilizar las concentraciones tanto de gaveras como de botellas de manera ordenada se dividió la línea en sus tres elementos:

- Equipos
- Sistemas de transporte.
- Areas de acumulación.
- Gaveras en área de trabajo.

a) Cantidad de material en equipos:

Depaletizadores

Los Depaletizadores mantienen un promedio de tres paletas en espera y una en proceso de descarga. Cada paleta carga 72 gaveras y 2.592 botellas. La media del número de gaveras en la paleta que esta en proceso de descarga es de 36, las cuales contienen 36 botellas cada una.
El total de material por Depaletizador es de 6.480 botellas y180gaveras.

***Total de material en Depaletizadores:** 12.960 botellas vacías, 360 gaveras.*

Desembaladores :

De los ocho cabezales de los Desembaladores , cuatro están constantemente cargando botellas y el resto está libre. El resultado es de 144 botellas por Desembalador.

***Total de material en Desembaladores :** 288 botellas vacías.*

Lavadorade Botellas:

La Lavadora cuenta con 1030 peines, de los cuales 790 están constantemente ocupados por botellas, la capacidad de cada peine es de 68 botellas.

***Total de material en Lavadora:** 53.720 botellas vacías.*

Llenadoras:

Cada uno de estos equipos cuenta con 132, de las cuales 124 siempre están en el proceso de llenar una botella.

***Total de material en Llenadoras:** 248 botellas.*

Pasteurizador:

El Pasteurizador tiene dos niveles de 4,87 mt x 21,34 mt, ambos niveles se encuentran por lo general totalmente llenos de botellas. Se calculó la cantidad de botellas por metro cuadrado, resultando 366 bot/m^2, resultando entonces:

***Total de material Pasteurizador:** 64.983 botellas llenas.*

Embaladores:

Trabajan de forma similar a los Desembaladores.

***Total de material en Embaladores:** 288 botellas llenas.*

Depaletizadores:

Mantienen alrededor de una paleta en espera mientras otra está en proceso de armado. Asumiendo que la media de la cantidad de gaveras en proceso de armado es de 36, se obtiene:

***Total de material en Paletizadores:** 3.888 botellas llenas, 108 gaveras.*

Total de material en Equipos: 67.216 botellas vacías, 69.159 botellas llenas, 468 gaveras.

b) Cantidad de material en los sistemas de transporte.

Para cuantificar la cantidad de material existente es los vías transportadoras de la línea de envasado, estas se separaron en vía de vacío (transporta gaveras con botellas vacías), vía de lleno (transporta gaveras con botellas llenas), vía de botellas, y vía de plástico.

Vía de vacío: Suma un total de 346 metros en bandas transportadoras y cadena agrícola, las gaveras son de base cuadrada de dimensiones de 39 cm x 39 cm, durante su recorrido sobre las vías transportadoras se mantienen a una distancia promedio de 40 cm hasta alcanzar los últimos 82 metros antes de llegar a los Desembaladores , en este tramo las gaveras viajan pegadas entre sí para crear acumulación a la entrada de los equipos mencionados. El total de gaveras existentes en vía de vacío se calcula sumando la división de la longitud del tramo donde estas viajan separadas entre 0,79 metros, y la longitud del tramo donde viajan pegadas entre 0,39 metros.

***Total aproximado de material en vía de vacío:** 19.584 botellas vacías, 544 gaveras.*

Vía de lleno: Tiene un total de 308 metros en vías transportadoras, las gaveras se desplazan manteniendo una distancia promedio de 0,5 metros hasta llegar al *combinador de cajas*, el cuál reparte grupos de 19 cajas alternadamente a cada Paletizador. La sección de vías desde el combinador hasta los Paletizadores está conformada por dos vías en paralelo, cada una

transporta permanentemente cuarenta gaveras y suman un total de 134,5 metros. Para calcular la cantidad de material en la vía de lleno se procede de manera análoga a la anterior, resultando:

Total de aproximado material en vía de lleno: *9.898 botellas llenas, 275 gaveras.*

Vía de plástico: Transporta las gaveras vacías desde la etapa de desembalado hasta la de embalado. Su longitud total es de 121 metros y la distancia promedio entre gaveras es de 0.3 metros.

Total aproximado de material en vía de plástico: *175 gaveras.*

Vía de botellas: Son vías de cadenas inoxidables de 7 ½" de ancho con banda plana, los tramos varían su capacidad de carga por metro lineal de recorrido según el número de cadenas que lo conforman, los tramos más comunes son de dos, tres, y cuatro cadenas colocadas una al lado de la otra según los requerimientos de volumen de botellas a ser transportadas.
Se calculó experimentalmente el número de botellas por metro lineal para cada tipo de tramo:

Tramo de dos cadenas:127 botellas/mt

Tramo de tres cadenas:200 botellas/mt

Tramo de cuatro cadenas:273 botellas/mt y 290 botellas/mt (depende de la disposición de las barandas).

Las cantidad de botellas existentes en las vías se calcula según las secciones entre los equipos:

Sección Desembaladores-Lavadora: 8.776 botellas vacías.

Sección Lavadora-Llenadoras: 5.706 botellas vacías.

Sección Llenadoras-Pasteurizador: 5651 botellas llenas.

Sección Pasteurizador- Embaladores: 8.713 botellas llenas.

Total aproximado de material en vía de botellas: 14.482 botellas vacías, 14.364 botellas llenas.

c) Cantidad de material en áreas de acumulación

A pesar de que las vías transportadoras pueden ser consideradas como áreas de acumulación, sólo los sectores destinados exclusivamente a servir para la acumulación de material se clasificarán como áreas de acumulación. En la línea existen dos áreas de acumulación, la primera se encuentra a la salida de la Lavadora de botellas, y la segunda está ubicada entre el Pasteurizador y los Embaladores, a esta última se le suele llamar *mesa de acumulación*. Ambas secciones sirven para almacenar inventario pulmón que, como se explico en secciones anteriores, está destinado absorber tiempos muertos ocasionados por fallas en equipos, disminuyendo o eliminando de esta forma; su impacto sobre el sistema productivo.
El área de acumulación ubicada entre la Lavadora y las Llenadoras se encuentra la mayor parte del tiempo al máximo de su capacidad, esta se calculó midiendo el total del área en metros cuadrados, y luego multiplicando esta cantidad por el factor de 366 bot/m^2. La cantidad de botellas almacenadas por la mesa de acumulación se calculó de la misma manera, sin embargo dicho resultado se multiplicó por un 30%, el cual es un estimado del nivel de ocupación más probable de esta.

Total aproximado de material en áreas de acumulación: 3.031 botellas vacías,1.844 botellas llenas.

d) Inventario de gaveras en áreas de trabajo

Durante los periodos de arranque, la linea se encuentra totalmente libre de existencia de material en todos sus elementos. Las gaveras empiezan a desplazarse, a través de la vía de vacío, desde los Depaletizadores hasta los Embaladores, una vez alcanzado este punto las gaveras van siendo separadas de las botellas y se inicia su recorrido por separado hasta la zona de embalado donde las gaveras limpias son cargadas con botellas llenas. Sin embargo, existe una gran diferencia entre la duración del recorrido de las botellas y el de las gaveras, el de las primeras se aproxima a una hora y veinte minutos, mientras que el de las segundas dura apenas algo mas de dos minutos. Esta diferencia, además del porcentaje de rechazo de la línea genera un exceso gaveras cercano a las 3.900, las cuales deben ir siendo retiradas de la vía de plástico. De las gaveras retiradas, 2.000 son almacenadas en el área adyacente al Pasteurizador como medida de contingencia para poder vaciarlo en caso cese el suministro de gaveras por averías inesperadas en las Llenadora su otro equipo anterior a estas. Además de lo mencionado anteriormente, existen acumulaciones de gaveras en diferentes puntos de la línea para ser llenadas cargadas con botellas que fueron rechazadas erróneamente o que fueron expulsadas del proceso por alguna otra razón como es el caso de las botellas mal llenadas, y las botellas extrañas. Los niveles medios de acumulaciones en cada punto son:

- Entrada a lavadora: 7
- Cono 201: 55
- Cono 202: 55
- Inspector 201: 25
- Inspector 202: 25
- Llenadoras: 12
- Inspector de nivel 201: 42
- Inspector de nivel 202: 42
- Desembaladores : 35
- Zonas Extrañas: 92

Total aproximado de gaveras almacenadas en área de trabajo: 2.390

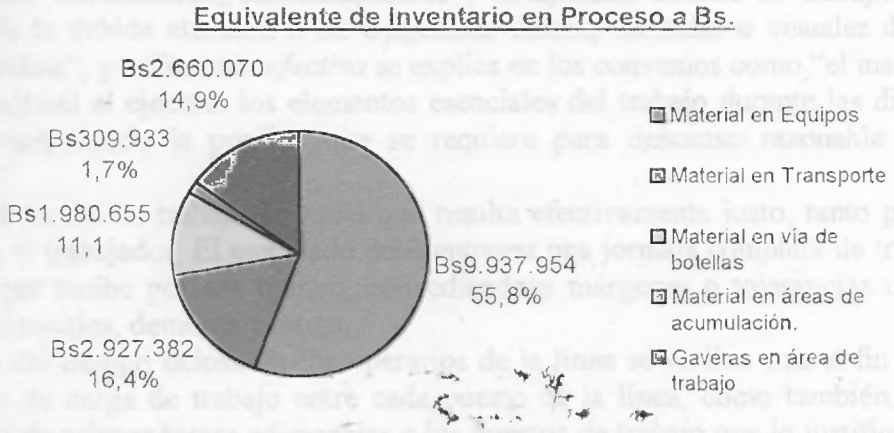


GRÁFICO 6.3: CLASIFICACIÓN Y CANTIDAD PERMANENTE DE MATERIAL EN PROCESO

Total aproximado de capital en existencias de material= 17.815.994 Bs.

El gráfico anterior (ver Gráfico 6.3) muestra la cantidad de capital que se está manejando constantemente en la línea de envasado en cuanto a existencias de material. Según las filosofías de Justo a Tiempo, Manufactura de Categoría Mundial y otras, la cantidad de

material en proceso debe ser la mínima necesaria para la producción, ya que el capital parado conlleva a costos de oportunidad.

Dentro de las fuentes de concentración de material citadas en el gráfico, la llamada *Material en Transporte* incluye la vía de lleno, la vía de vacío, y la vía de plástico. Esta fuente es una característica negativa, particular de las líneas de envasado de la planta *Los Cortijos*, los tramos de transporte, tan largos, son proporcionalmente insignificantes a los de otras plantas que no presentan esta separación entre el almacén y el proceso de envasado. Testimonio de esto es la planta de San Joaquín, la cual fue visitada durante el periodo de levantamiento de información del presente trabajo especial de grado.

Como se mencionó antes, el capital parado genera un costo de oportunidad, sin embargo las concentraciones de material descritas son necesarias para la operación de la línea, aunque teóricamente el transporte de material es un desperdicio, sólo una inversión muy grande que modifique la distribución de la planta podría eliminar la desventaja de tener cerca de 700mt en vías transportadoras entre el almacén y área de envasado.

6.3 ESFUERZO

6.3.1 DESPERDICIO EN EL TIEMPO DE LOS OPERARIOS

El desperdicio del tiempo es perjudicial tanto para la empresa como para el ser humano. Toda empresa debe buscar maximizar la utilización de sus recursos tanto materiales como humanos sin caer, por supuesto, en la sobre carga del trabajo de su personal. Teóricamente, las industrias calculan las tasas de salarios en función a *un día justo de trabajo*, lo que equivale a "la cantidad de trabajo que puede producir un trabajador calificado laborando a un *ritmo normal* y *utilizando efectivamente* su tiempo, en tanto las limitaciones del proceso no restrinjan el trabajo"[1], donde *ritmo normal* se define como "la rapidez efectiva de actuación de un trabajador concienzudo, autodisciplinado y competente cuando no trabaja ni despacio ni aprisa, y da la debida atención a las exigencias físicas, mentales o visuales de un trabajo o tarea específica"; y *utilización efectiva* se explica en los convenios como "el mantenimiento de un ritmo normal al ejecutar los elementos esenciales del trabajo durante las diferentes partes del día, exceptuando la porción que se requiere para descanso razonable y necesidades personales".

En general un día de trabajo es aquel que resulta efectivamente justo, tanto para la empresa como para el trabajador. El empleado debe entregar una jornada completa de trabajo a cambio del pago que recibe por ese tiempo, concediéndose márgenes o tolerancias razonables para retrasos personales, demoras y fatiga.

El cálculo del tiempo ocioso de los operarios de la línea se realiza con el fin de conocer las diferencias de carga de trabajo entre cada puesto de la línea, como también, de estudiar la posibilidad de asignar tareas adicionales a los puestos de trabajo que lo justifiquen o inclusive de eliminarlos. Por otro lado, el cálculo del tiempo ocioso permite cuantificar en que medida la empresa está desaprovechando la utilización de su fuerza laboral. La herramienta utilizada fue el *muestreo de trabajo*, esta técnica permite determinar, mediante el muestreo estadístico y observaciones aleatorias, el porcentaje de aparición de determinada actividad, tomando como base a la Distribución Normal. El método consiste en efectuar, durante cierto período, un gran número de observaciones instantáneas, en este caso, de un grupo de operarios. En cada

[1] NIEBEL, Benjamin. " Ingeniería Industrial: Métodos tiempos y movimientos". 9ª Edición, Alfaomega. México, 1996.pg.335.

observación se registra lo que ocurre en ese instante. La fórmula utilizada en este método es la siguiente:

$$\sigma p = \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}$$

en la que:

σp = error estándar de la proporción;
p = porcentaje de tiempo inactivo;
q = porcentaje de tiempo activo;
n = número de observaciones o tamaño de la muestra que determinar.

Las fases para implementar esta técnica en la línea son:

1. **Identificar los puestos de trabajo dentro de la línea de envasado:** Todos los operadores tienen como deber primordial, solucionar o reportar, dependiendo de su naturaleza, cualquier parada que se presente en los equipos bajo su responsabilidad, originada ya sea por causas propias o ajenas al equipo.

♦ Operador de Depaletizadores: Está a cargo de los dos Depaletizadores de las líneas 2, y 6, es decir, de cuatro equipos.

♦ Operador de Lavadora: Tiene bajo su responsabilidad los Desembaladores y la Lavadora de botellas. Cabe destacar que este operador pasa, de forma significativa, la mayor parte del tiempo levantando botellas caídas y retirando objetos extraños a la entrada de la lavadora.

♦ Operador del los Inspectores de botellas vacías: Es responsable del cono sin presión y de los inspectores de botellas vacías, su actividad más frecuente es la de retirar e inspeccionar las botellas rechazadas por los inspectores.

♦ Operador de las Llenadoras: Está a cargo de las dos Llenadoras, y adicionalmente debe retirar y seleccionar las botellas rechazadas por los inspectores de botellas llenas.

♦ Operador de los Embaladores: Supervisa la operación de los Embaladores, invierte la mayor parte del tiempo en levantar las botellas caídas a la entrada de los Embaladores.

♦ Operador de los Paletizadores: Su responsabilidad recae sobre los dos Paletizadores de las líneas 2, y 3, es decir, de cuatro equipos.

♦ Operador de vías de plástico ("Cartonero"): A diferencia de los casos anteriormente citados, bajo condiciones de operación normal, este operador no tiene directamente bajo su cargo la responsabilidad de reparar fallas de ninguno de los equipos. Su tarea principal es retirar y reponer gaveras en la vía de plástico de manera de no provocar paradas en los Desembaladores por acumulación de gaveras a la salida, ni de los Embaladores por falta de las mismas a la entrada.

♦ Operadores de "zona de extrañas": La zona de extrañas es el tramo anterior a los Desembaladores , aquí se ubican dos operadores encargados de extraer todo objeto extraño, producto de la suciedad, de las gaveras y botellas.

2. **Tomar la muestra preliminar:** Esta debe ser de 100 observaciones aproximadamente, para determinar un valor estimado del parámetro p, como cociente entre el tiempo en que el operario no está trabajando y el tiempo total.

3. **Cálculo del tamaño de la muestra, n:** Se calcula en función de p y de los niveles de confianza y exactitud deseados:

$$n = \frac{(p \times q \times Z^2_{\beta/2})}{\varepsilon^2}$$

donde; $Z_{\beta/2}$ viene dado por el nivel de confianza, y ε es el margen de error.

Por razones de tiempo, y por las características particulares del caso, se tomó el mismo tamaño de muestra para todos los operarios de la línea, asumiendo el valor menos favorable para *p*, es decir, 0,5. Luego se estableció un 95% para el nivel de confianza, y un 9% de margen de error. Como consecuencia, n resultó ser igual a 120.

4. Preparar el horario para realizar el muestreo: Se toma un período de tiempo en el que se tenga programada una producción continua (en este caso se tomó días), se divide dicho periodo de tiempo en intervalos pequeños asignando a cada uno un número diferente del 1 al N (N = tamaño de la población o cantidad de intervalos totales). Según el valor de *n* se generan números aleatorios(en este caso se generaron mediante del software EXCEL), cada número corresponde a uno de los intervalos de tiempo existentes, los cuales son seleccionados como el horario para realizar el muestreo. Cabe destacar que en este caso se dividió el periodo del tiempo de la muestra en intervalos de treinta segundos. Dado que el muestreo se realizó a través de dos personas, cada una encargada de la observación de un grupo de operarios; el tiempo mínimo necesario para hacer el recorrido de toma de datos resultó cercano a los treinta segundos.

5. Observar y Registrar la actividad en cuestión: Siguiendo el horario de muestreo, el encargado debe efectuar su recorrido correspondiente, anotando cuándo el operador está trabajando, y cuando no. Con el fin de obtener información más detallada se registró también el tipo de actividad o comportamiento para ambas opciones (ver Anexo 3.4).

6. **Análisis de los Resultados:** Una vez terminado el muestreo se procede a calcular el porcentaje de tiempo ocioso para cada operario, además de analizar en qué ocupa el tiempo mientras está trabajando, y mientras no lo está. En la Tabla 6.8, se muestran los resultados obtenidos:

Operario	Tiempo Activo (q)	Tiempo Inactivo (p)	Nivel de Confianza	Margen de Error
LIMP 1	57,14%	42,86%	95%	8,9%
LIMP 2	64,29%	35,71%	95%	8,6%
LAV	53,57%	46,43%	95%	8,9%
CONO	65,48%	34,52%	95%	8,5%
LLEN	33,33%	66,67%	95%	8,4%
EMB	48,81%	51,19%	95%	8,9%
CART	54,76%	45,24%	95%	8,9%
DEP	33,33%	66,67%	95%	8,5%
PAL	29,76%	70,24%	95%	8,2%

TABLA 6.9: RESULTADO DEL TIEMPO ACTIVO E INACTIVO DE OPERARIOS

En donde el tiempo inactivo se divide en tiempo ocioso y tiempo utilizado para la inspección preventiva (ver Tabla 6.9):

Tiempo Inactivo	LIM 1	LIM 2	LAV	CONO	LLEN	EMB	CART	DEP	PAL
Ocioso	26,19%	15,48%	17,86%	34,52%	66,67%	8,33%	19,05%	66,67%	70,24%
Inspección	16,67%	20,24%	28,57%	0%	0%	42,86%	26,19%	0%	0%
TOTAL	42,86%	35,71%	46,43%	34,52%	66,67%	51,19%	45,24	66,67%	70,24%

TABLA 6.10: TIEMPO OCIOSO Y DE INSPECCIÓN POR OPERARIOS

Para poder reflejar gráficamente estos resultados del muestreo, las proporciones obtenidas se representan en barras en el Gráfico 6.4; los colores amarillo y verde representan el desperdicio de tiempo dentro de la jornada de trabajo del operario, y el color azul el porcentaje de tiempo activo. Se puede apreciar un alto índice de tiempo de inactividad en los puestos de trabajo de la línea. Algunos operarios llegan a estar más del 50% del turno de trabajo en estado de inactividad, siendo los más críticos los operarios de las Llenadoras, los Depaletizadores y Paletizadores. Esto significa que la empresa está desaprovechando, en promedio, el 49% de la fuerza laboral de la línea. Sin embargo, cabe señalar que el tiempo considerado como inspección preventiva, incluido dentro del tiempo inactivo, es equivalente el tiempo en que el operador permanece observando atento, para actuar en caso pueda prevenir que ocurra una falla, o se presente una situación, en la que el equipo tenga que detenerse; como por ejemplo, el operario de la Lavadora debe permanecer atento a que ninguna botella caída llegue a la entrada del equipo. Este criterio de clasificación se respalda en los conceptos de desperdicio hasta ahora utilizados.

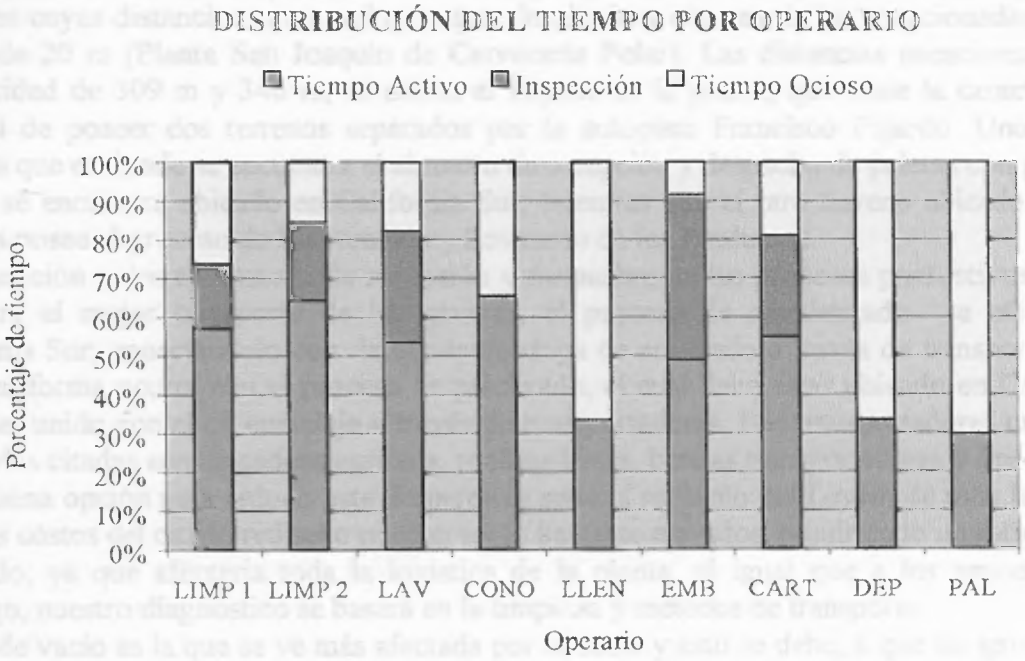


GRÁFICO 6.4: DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE LOS OPERARIO

Según la información recopilada durante el muestreo, tanto el tiempo activo, como el inactivo pueden presentarse de distintas maneras, en las tablas del Anexo 4 se definen cuales actividades o situaciones fueron consideradas dentro de cada grupo.

Para cuantificar el desperdicio generado por utilización ineficiente de la mano de obra, en unidades monetarias, se multiplica el salario promedio mensual de los operarios (180.600 Bs.) por un factor aproximado de 2 (que incluye Seguro Social Obligatorio, Prestaciones Sociales, Contrato colectivo, entre otros beneficios), por el número de operarios de la línea (9), multiplicando luego el resultado por 0,49 que representa la tasa de inactividad promedio del personal.

Desperdicio mensual por operarios (inactividad) = Bs.1.592.892 Bs/mes

6.4 DESPERDICIO POR TRANSPORTE

El transporte es considerado como desperdicio, por no agregarle valor al producto. Además el movimiento de materiales puede resultar costoso, consumir tiempo del proceso y aumentar las probabilidades de daño durante la movilización. Por lo general es necesario para el flujo de materiales entre las diferentes etapas del proceso debido a las distancias existentes entre ellas, pero se debería buscar en lo posible reducirlo al mínimo, ya que de igual forma se considerará un desperdicio por no agregarle valor al producto.

Para mejorar o eliminar el desperdicio por transporte se pueden realizar mejoras en la distribución en planta de los procesos, en los métodos de transporte y en la limpieza. Se evidencia que el proceso estudiado incurre en el desperdicio citado con anterioridad, especialmente en las vías de transporte que hemos denominado vía de vacío y vía de lleno; la primera con una longitud aproximada de 346 m, tiene la función de enlazar los procesos de depaletizado y desembalaje, mientras que la segunda tiene una longitud cercana a los 309 m conectando las etapas de embalaje y paletizado.

Se menciona como un desperdicio relevante, porque se conoce la existencia de procesos similares cuyas distancias entre ambas etapas (cualquiera que sea de las mencionadas) no es mayor de 20 m (Planta San Joaquín de Cervecería Polar). Las distancias mencionadas con anterioridad de 309 m y 346 m, se deben al *Layout* de la planta, que tiene la característica especial de poseer dos terrenos separados por la autopista Francisco Fajardo. Uno de los terrenos que es donde se encuentra el almacén de recepción y despacho de paletas con gaveras, el cual se encuentra ubicado en California Sur; mientras que el otro terreno ubicado en Los Cortijos posee el proceso de Elaboración y Envasado de los Productos.

La separación entre el almacén de recepción y despacho, de los procesos productivos, obliga que para el mejor transporte de las gaveras, el proceso de depaletizado se efectúe en California Sur, conectándolo con la siguiente etapa de envasado a través de transportadores. De igual forma ocurre con el proceso de paletizado, el cual debe estar ubicado en California Sur y ser unido con el de embalaje a través de transportadores. Los transportadores utilizados en las vías citadas son de cadena agrícola, rodillos libres, bandas transportadoras y *live-roll*.

Una buena opción para reducir este desperdicio sería el rediseño del *Layout* de toda la planta, pero los costos del citado rediseño pueden ser lo bastante elevados, requiriendo un estudio más detallado, ya que afectaría toda la logística de la planta, al igual que a los procesos. Sin embargo, nuestro diagnóstico se basará en la limpieza y métodos de transporte.

La vía de vacío es la que se ve más afectada por el sucio y esto se debe, a que las gaveras que circulan por ella vienen directamente del almacén de recepción de paletas en el mismo estado en que se recibieron del consumidor. Por lo general estas gaveras que contienen las botellas vacías traen una acumulación de sucio proveniente de los consumidores, tales como cemento, chapas, pitillo, barro o papeles. El efecto de esta suciedad se ve a lo largo de la vía; acumulado en las juntas de bandas transportadoras, piñones de cadenas agrícolas, entre otros. La mayoría del sucio que se observa en las zonas descritas es causado por la caída de sucio de las gaveras, gracias a la vibración que se genera en ellas en; los cambios de una sección de transportador a otra y en los *Jack Knife*, o también el desajuste por desgaste de las vías.

Se tomó como base de análisis económico, las pérdidas que generan estos transportadores (vía de vacío y vía de lleno) en el tiempo de producción planificado de las Llenadoras. Este tiempo de producción que las vías afectan a las Llenadoras se debe a las fallas que presentan las mismas durante el tiempo de producción planificado de la línea. Las fallas inciden en la

eficiencia de la línea y su impacto se medirá determinando cuanto dejó de percibir la planta en Bolívares por concepto de no envasar en el tiempo ocioso de las Llenadoras, suponiendo que la demanda del mercado es capaz de absorber esa producción extra.

Las Llenadoras pueden estar siendo afectadas por las fallas generadas en las vías, ya que no poseen tramos paralelos y son la única forma que tiene la línea de recibir botellas y plásticos para envasar, o de enviar el material envasado a California Sur.

El efecto de una falla en la vía de vacío, origina una falta de material a la entrada de los Desembaladores , que activa la utilización por parte de la Lavadora del material de acumulación de las vías que la anteceden. Esta falta de material a la entrada de los Desembaladores , de ser prolongada, provoca que la Lavadora agote todas las botellas que tiene de inventario pulmón o también, si la falla se repara antes de que se acaben las botellas de las vías, se puede crear un vacío de material lo suficientemente grande entre los Desembaladores y la Lavadora que; aún cuando los Desembaladores arranquen de nuevo, el vacío de material llegue hasta la Lavadora causando su parada hasta que se recupere el inventario pulmón restante para el funcionamiento normal. La situación antes descrita puede originar la parada de la Lavadora, que en forma análoga se puede aplicar entre la Lavadora y la Llenadora, suponiendo que la Lavadora es la que suministra el material a las Llenadoras y de que sus paradas afectan de la misma forma que a ella le afectan las paradas de los Desembaladores por falta de material, originado por la falla de las vías.

Una falla en la vía de lleno puede originar que los Embaladores no despachen material a California Sur, generando acumulación de material a la salida del Pasteurizador y cuando ésta acumulación llegue a su máximo, causará la parada del Pasteurizador y casi inmediatamente la parada de la Llenadora, por acumulación de material a su salida.

Las fallas de las vías se determinaron según los registros históricos almacenados en la base de datos del SIGE y luego se procedió a determinar para cada una de las vías, cual es el tiempo en que las Llenadoras tienen que parar por las fallas generadas en la vía de vacío y en la de lleno, a continuación se presenta el análisis por vía:.

Vía de vacío: Para el análisis de cual de las paradas de la vía de vacío afectaba la producción de la Llenadora se tomaron en cuenta los siguientes criterios; las paradas de la vía afecta la alimentación de la línea por lo que los Desembaladores deben parar por falta de material casi instantáneamente, ocasionando que la Lavadora consuma el material o inventario pulmón de botellas existente entre el Desembalador y ella. La capacidad del inventario en esta sección es de aproximadamente 8.700 botellas. Sin embargo, el inventario pulmón dura solo 4,35 min. en el más favorable de los casos, este valor es el cociente de 8.700 bot. entre la velocidad media de la Lavadora que es de 2.000 B.P.M, gracias a las Llenadoras que son los equipos de menor velocidad (2000 BP.M). Otra consideración importante es que los Desembaladores , al restituirse la falla alimentan a la vía a una velocidad de 2.443 B.P.M. y para que la Lavadora arranque, en caso de que pare deben existir como mínimo 5000 botellas en las vías entre los Desembaladores y Lavadora. El tiempo que para la vía de vacío es aproximado al tiempo que para el Desembalador.

El análisis anterior de cómo afecta la vía de vacío a la lavadora, será exactamente utilizado para la Llenadora pero analizándola en función de las paradas de la Lavadora que son causadas por la vía de vacío, ya que el principio de funcionamiento, capacidad de las vías y velocidades de equipos es básicamente el mismo. A continuación se presenta la formulación general utilizada tanto para la Lavadora como para las Llenadoras, para determinar cuales son los tiempos de fallas de la vía de vacío que causan las paradas de los equipos antes citados:

ECUACIÓN 1:

$$T.M.R = \frac{(M.C.V - T.F.EQ_X * V.L)}{V.L}$$

ECUACIÓN 2:

Se cumple solo para el intervalo 2,303min<$T.F.EQ_x$<$T.A.M.V$

$$T.P.EQ_{X+1} = \frac{(C.M.EQ_{OK} - T.M.R * V.R.EQ_X)}{V.R.EQ_X} = 0 \Rightarrow \frac{5000 - T.M.R * 2443}{2443} = 0 \Rightarrow T.M.R = 2{,}04\,\text{min}$$

$$T.M.R \leq 2{,}04\,\text{min} \Rightarrow T.F.EQ_X \geq 2.03\,\text{min} \Rightarrow T.A.M.V = \frac{M.C.V}{V.L} = \frac{8700}{2000} = 4{,}35\,\text{min}$$

ECUACIÓN 3:

Para fallas >$T.A.M.V$

$$T.P.EQ_{X+1} = FALLA - T.A.M.V + T.R = FALLA - 4{,}35 + \frac{5000}{2443}$$

T.M.R = TIEMPO DEL MATERIAL RESTANTE EN LA VÍA.
M.C.V = MÁXIMA CAPACIDAD DE VÍAS (entre Desemb. y Lav., o Lav. y Llen.) = 8700 Bot.
$T.F.EQ_x$=TIEMPO DE FALLA DEL EQUIPO "X" (vía de vacío o Desembaladores , lavadora).
V. L= VELOCIDAD DE LA LÍNEA (Es determinada por las Llenadoras).
$T.P.EQ_{X+1}$= TIEMPO DE PARADA DEL EQUIPO "X+1" (Lavadorao Llenadoras).
$C.M.EQ_{OK}$ = CAPACIDAD MÍNIMA DE MATERIAL EN VÍAS PARA QUE EQUIPO ARRANQUE (Desembaladores y Lavadora, Lavadora y Llenadoras) = 5000 B.P.M.
$V.R.EQ_X$=VELOCIDAD REAL DE EQUIPO "X"
T.A.M.V= TIEMPO EN QUE SE AGOTA MATERIAL EN LA VÍA SI EL EUIPO "X"ESTÁ PARADO.
T.R=TIEMPO DE REPOSICIÓN PARA RECUPERAR VACÍO DE 5000 Bot. SI EL EQUIPO "X+1"PARO Y SE AGOTO EL MATERIAL DE LAS VÍAS.
X=EQUIPO QUE PARA (Desembalador o Lavadora).
X+1=EQUIPO SIGUIENTE AL QUE PARA.

Los resultados de los cálculos arrojaron que la Llenadora se detiene cuando el tiempo del material restante es menor de 2,04 min. debido a que se crea un hueco de botellas que causará su parada, en términos de vías la Llenadora se ve afectada por fallas en la vía mayores a 4,61 min. Cabe destacar que se ven afectadas según la ecuación 2, en el intervalo en minutos (4,61;6,65) y por la ecuación 3 en el intervalo mayor 4,35 min.

<u>*Vía de Lleno:*</u> La vía de lleno causa las paradas de la Lavadora cuando la capacidad de acumulación de las vías contiguas al Pasteurizador se copan, originando la parada inmediata de los Embaladores, luego la del Pasteurizador y casi inmediatamente después la de las Llenadoras. Se consideró que la capacidad de acumulación extra de esas vías en el momento en que ocurre la falla es de 9.867 botellas, lo que incluye la mesa de acumulación, además de tomarse en cuenta que la velocidad media de llenado de las vías entre el Pasteurizador y Embalador es de 2000 B.P.M o igual a 1 velocidad del equipo cuello de botella que en este caso es la Llenadora. A continuación se presentan los cálculos realizados, para considerar cual de las paradas de la vía de lleno afectaron a las Llenadoras:

$$T.A.P = \frac{C.M.P}{V.L} = \frac{9867}{2000} = 4{,}93\,\text{min} \Rightarrow T.P.EQx = T.P.EQx_{+1} - T.A.P = T.P.EQx_{+1} - 4{,}93$$

T.A.P = TIEMPO EN QUE SE AGOTA LA CAPACIDAD DEL INVENTARIO PULMÓN.
C.M.P = CAPACIDAD MEDIA DEL INVENTARIO PULMÓN.
V.L = VELOCIDAD DE LA LÍNEA (La establece la Llenadora).

En las paradas de la vía de lleno que originan paradas en las Llenadoras son aquellas mayores a 4,93 min.

Basándose en el análisis anterior nos damos cuenta de cuáles son las fallas en las vías que originan paradas en las Llenadoras (ver Anexo 4.3) y afectan la producción. En la siguiente tabla (ver Tabla 6.4.1) se muestra la cuantificación económica de las fallas por vía durante los meses de Abril, Mayo, Junio y Julio, que afectaron a las Llenadoras:

TIPO DE VÍA	Frecuencia	Parada Llen. (min)	Bs.	% del Total
VÍA DE VACÍO	45	807,15	64.572.263,61	63,24%
VÍA DE LLENO	103	469,15	37.532.000,00	36,76%
TOTAL	148	1295,41	102.104.263,61	100 %

Total Mensual = 25.526.066,00 Bs/mes

TABLA 6.9: CUANTIFICACIÓN ECONÓMICA POR TRANSPORTE

En el gráfico (ver Gráfico 6.5) siguiente se aprecia el efecto de los tipos de falla según la correspondiente vía, notándose como las fallas operacionales en la vía de vacío son las que poseen mayor peso, entendiéndose por fallas operacionales a todas aquellas que sean inherentes al diseño del equipo o a su incapacidad de operar el material que circula por el correctamente, como es el caso de la cantidad de cajas que se trancan en las curvas de este tramo de transportadores. Mientras que en la vía de lleno se observa que el mayor porcentaje se debe a las fallas mecánicas, por fatiga o daño en los componentes del equipo.

Se observa como las fallas de las vías han afectado o causado la parada de las Llenadoras. Además se puede notar que la vía de vacío, a pesar de poseer mayor longitud, presenta muchas más fallas de lo que presenta la vía de lleno. Este es un indicativo como lo reflejan las paradas de que el sucio y los métodos de transporte en el tramo de vía de vacío es menos efectivo y afecta más a la producción que el tramo de vía de lleno. Además de considerar que el tramo de vía de vacío transporta gaveras con botellas llenas, las cuales pesan aproximadamente 8 Kg. más que la gaveras vacías, mientras que el tramo de vía de vacío transporta las gaveras con las botellas vacías

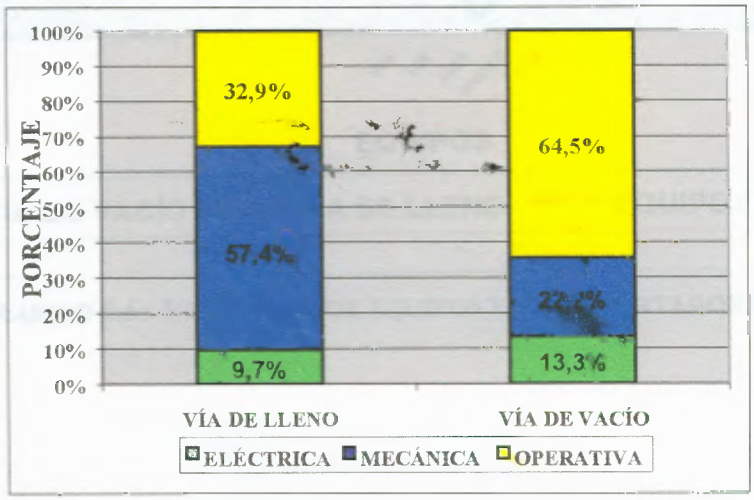


GRÁFICO 6.5: IMPACTO ECONÓMICO DE LAS FALLAS EN LOS TRANSPORTADORES

Además de analizar las fallas de las vías de vacío y de lleno, se hicieron mediciones de las velocidades reales de los sistemas de transporte (ver Anexo 3.1) que poseen estos tramos, para determinar si sus velocidades eran correctas y no estaban retrasando el proceso Sin embargo la medición reflejo la inconsistencia de las velocidades en estos tramos de vías (ver Gráfico 6.6), estando la gran mayoría muy por encima de la velocidad de los equipos extremos. La velocidad de los transportadores debe realizarse calculando la distancia requerida entre las cajas, para que funcionen las fotoluces de la vía y la separación de las cajas sea la adecuada, evitando el golpeteo innecesario entre cajas, que deteriora el producto transportado, por el arranque y paradas de los equipos de la línea que generan las paradas de las vías. El poseer sobredimensionamiento en las velocidades de los equipos no genera ningún beneficio, ya que la velocidad de entrega a la salida de los transportadores, va a depender de la velocidad con que se le suministre producto. La velocidad en revoluciones por minuto marcará en gran cantidad de los componentes de los transportadores (rodamientos, ejes, etc), su vida útil, por lo que, si la velocidad del transportador está sobredimensionada, la vida útil de sus componentes será menor, y si está subdimensionada se generarán daños en el material transportado o generará paradas en la línea por cuellos de botella.

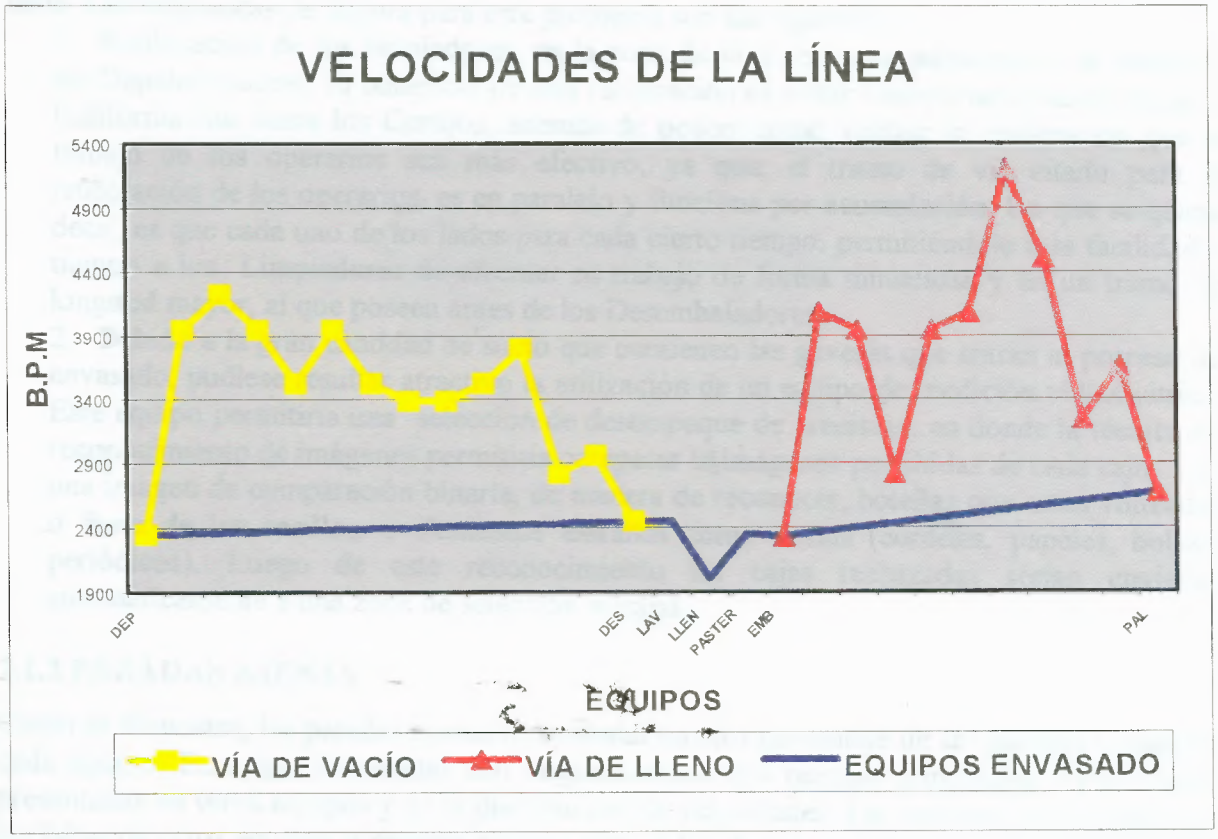


GRÁFICO 6.6: VELOCIDAD DE EQUIPOS Y TRANSPORTADORES

CAPITULO VII: PLANTEAMIENTO DE LAS MEJORAS PROPUESTAS

7.1 EQUIPOS

7.1.2 PARADAS PROPIAS

En base al diagnóstico obtenido por el levantamiento de las paradas propias de los equipos, tenemos que podemos conseguir mejoras si se atacan las raíces del problema en cada uno de los equipos estudiados (Lavadora, Conos sin Presión, Inspectores, Llenadoras, Embaladores y Paletizadores).

Para el sucio:

Un problema que se observa que afecta a todos los equipos que se encuentran antes de la Llenadora, es el efecto que tiene el sucio que contienen las gaveras y botellas vacías provenientes del almacén de recibo y despacho, el sucio antes citado es recogido por los operarios que anteriormente los denominamos como Limpiadores 1 y 2, quienes trabajan, justo antes de la entrada de los Desembaladores , sin embargo estos operarios están colocados en serie. Las propuestas de mejora para este problema son las siguientes:

1. Reubicación de los limpiadores, en la zona de vías de vacío, adyacente a la salida de los Depaletizadores. El beneficio de esta reubicación es evitar transportar el sucio desde la California Sur hasta los Cortijos, además de poseer como ventaja la reubicación que el trabajo de los operarios sea más efectivo, ya que, el tramo de vía citado para la reubicación de los operarios, es en paralelo y funciona por acumulación. Lo que se quiere decir, es que cada uno de los lados para cada cierto tiempo, permitiéndole más facilidad y tiempo a los Limpiadores de efectuar su trabajo de forma minuciosa y en un tramo de longitud mayor, al que poseen antes de los Desembaladores .
2. Debido a la gran cantidad de sucio que contienen las gaveras que entran al proceso de envasado, pudiese resultar atractivo la utilización de un equipo de medición videométrica. Este equipo permitiría una selección de desempaque de precisión, en donde la técnica de reconocimiento de imágenes permitiría comparar las imágenes percibidas de cada caja, con una imagen de comparación binaria, de manera de reconocer, botellas que están volteadas o fuera de las casillas, o elementos extraños como sucios (cordeles, papeles, bolsas, periódicos). Luego de este reconocimiento las cajas rechazadas serían enviadas automáticamente a una zona de selección manual.

7.1.2 PARADAS AJENAS

Como se demostró, las paradas ajenas representan un alto porcentaje de las paradas totales de cada equipo. Este tipo de paradas son originadas por dos razones principales: 1) las fallas presentadas en otros equipos y 2) la distribución de velocidades. Las mejoras propuestas para las fallas de otros equipos o paradas propias son analizadas en su respectivo apartado, de esta manera, las propuestas de mejora para las paradas ajenas de los equipos queda limitada a la distribución de las velocidades de la línea.

7.1.2.1 Distribución de Velocidades

Se considera que es importante proteger a la Llenadora de botellas de las paradas de los demás equipos, es decir, debe existir un margen de holgura o seguridad que amortigüe el impacto de

las paradas del resto de los equipos sobre la etapa de llenado ya que, como se dijo, esta marca la eficiencia de la línea en cuanto a producción por unidad de tiempo. La distribución de velocidades en "V" brinda la posibilidad de cubrir el efecto de las fallas del resto de equipos sobre las Llenadoras (siempre y cuando estas no sean demasiado prolongadas). Por otro lado, si la falla de un equipo se prolonga, obligando a que las Llenadoras se detengan, la distribución de velocidades en "V" reduce el tiempo requerido para eliminar las acumulaciones o vacíos de material creados, permitiendo que la Llenadora pueda reactivarse más rápidamente.

El punto importante es poder determinar cuál debe ser el valor del diferencial de velocidades entre los equipos; lograr conocer hasta qué punto vale la pena desgastar los equipos que se encuentran antes y después de las Llenadoras por el deterioro causado por el constante proceso de romper la inercia en cada arranque y parada del equipo. Se debe buscar el punto de equilibrio en el cuál se reduzca la velocidad de los equipos de la línea (sin incluir Llenadora), de forma que puedan trabajar de forma casi continua, siempre y cuando no se vea afectada la etapa de llenado. La primera fase para conseguir este objetivo es partir de un escenario ideal donde todos los equipos trabajan de forma continua con una tasa de cero fallas, si ningún equipo falla durante las horas de producción y no existen rechazos de producto a lo largo del proceso, no se necesitaran zonas de acumulación, ni diferencias de velocidades entre las etapas del proceso, ni la existencia de ninguna medida de contingencia que contrarreste el efecto de las fallas de los equipos sobre la eficiencia de la línea. De esta forma todas las etapas del proceso podrán trabajar a la misma velocidad, es decir, 2000 b.p.m.. Ahora, se conoce que la tasa de fallas de los equipos en realidad no es cero, los equipos actualmente tienen la siguiente tasa de paradas propias (ver Tabla 7.1):

Equipo	% Paradas Propias
Depaletizadores	**6,09**
Desembaladores	**3,58**
Lavadora	**13,72**
Pasteurizador	**1,03**
Embaladores	**17,14**
Paletizadores	**7,91**

TABLA 7.1: PORCENTAJE DE LAS PARADAS PROPIAS DE EQUIPOS

Partiremos por calcular la velocidad de los equipos anteriores a la etapa de llenado y luego la del grupo de equipos posteriores a dicha etapa, suponiendo que la misma trabaja constantemente a 2.000 b.p.m. con una tasa de paradas propias despreciable, y con un total de 454 min. de producción (480 min. menos 26 min. de paradas programadas) por turno. En síntesis, la etapa de llenado procesa 908.000 botellas por turno. Es importante destacar que los cálculos realizados toman como base una eficiencia del 100% de la etapa de llenado por que, aunque generalmente la eficiencia fluctúa alrededor del 80%, se tienen registros en que la eficiencia de un turno ha alcanzado cifras cercanas al 95%, y en situaciones como esta, no se puede tener a esta etapa limitada por la capacidad de respuesta de los demás equipos.

a) Equipos anteriores a la etapa de Llenado

Lavadora de botellas: La Lavadora de botellas permanece parada actualmente el 13,72% del tiempo de producción por paradas propias, esto quiere decir que si la Lavadora trabaja a una velocidad de 2.000 b.p.m. habrá procesando ((454) x 2.000)x(1-0,1372) = 783.422 botellas

durante un turno, lo que equivale a trabajar a un ritmo de 1.725,6 b.p.m. Para compensar la falta de botellas procesadas por inactividad del equipo, esta deberá trabajar a una velocidad mínima (2.000 ÷ (1- 0,1372)) = 2.318 b.p.m. para procesar realmente las 908.000 botellas correspondientes al turno.

Una vez obtenida la velocidad mínima a la cual debe trabajar la Lavadora según la tasa de paradas propias actual, se debe calcular nuevamente la mínima velocidad del equipo, pero esta vez en función de la relación que existe entre la duración de la parada más larga (siempre y cuando esta se encuentre dentro del grupo de fallas frecuentes del equipo), y la capacidad de recuperación del vacío de material creado por la misma. Dentro de las paradas propias más significativas (ver Tabla 7.2) de la Llenadora tenemos:

Paradas más frecuentes en Lavadora	% sobre Paradas Propias Totales	Tiempo entre Fallas	Duración Promedio de la Parada (seg.)
Parada por operario	75,35 %	5min. 14 seg.	31
Falla de embrague a la entrada	23,20 %	10min. 2seg.	20
TOTAL	**98,55%**		

TABLA 7.2: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DE LA LAVADORA

De las paradas propias de la lavadora, la más larga dura en promedio 31 seg., sin embargo, si la Lavadora trabaja a una velocidad de 2318 b.p.m., estará en capacidad de soportar una parada de 113 segundos calculados a partir de la siguiente ecuación:

$$Tf_{máx} = 90 \text{ seg.} + \frac{2.85\Delta V \times 60 \text{ seg.}}{V_{lav}}$$

en la que:

$Tf_{máx}$ = Tiempo máximo (en seg) de duración de la falla para recuperar el vacío creado.

ΔV = Diferencial de velocidad entre la Lavadora y la Llenadora en b.p.m.

V_{lav} = Velocidad de la Lavadora en b.p.m.

La ecuación se deduce a partir de la capacidad de acumulación de material del tramo Lavadora-Llenadoras y de una velocidad de 2.000 b.p.m. para la etapa de llenado.

A partir de este resultado se concluye que con la velocidad mínima calculada anteriormente según la tasa de tiempo muerto por paradas propias (2318 b.p.m.) existe la suficiente holgura para reponer los vacíos creados.

Por último, para determinar en definitiva la velocidad mínima necesaria para cumplir con las requerimientos de la etapa de llenado, se deben sumar ahora las perdidas por rechazo de botellas en el tramo Lavadora-Llenadoras, según las estadísticas de rechazo tomadas, en este tramo se rechazan menos de treinta botellas por minuto, estas botellas deben de reponerse aumentando la velocidad de la Lavadora en la misma cantidad. Así que, la velocidad apropiada para la Lavadora de botellas es igual a **2348 b.p.m.** (2.318+30).

Desembaladores: Según la tasa de fallas de la etapa de desembalaje, su velocidad mínima debe ser igual a (2.000 ÷ (1- 0,0358)) = 2.075 b.p.m.. Partiendo de que el área de entrada a la Lavadora debe permanecer llena para que se aproveche el cien por cien de cada peine, la velocidad de la etapa de embalaje no puede ser menor a la de la Lavadora, estamos entonces afirmando que la velocidad debe, hasta este punto, ser igual a 2.348 b.p.m. Desde el punto de vista de la parada más larga (ver Tabla 7.3), se supone el escenario más desfavorable, si fallan ambos equipos al mismo tiempo y con su parada más larga, se crearía un vacío de 2.418 botellas, el cual llegaría al la entrada de Lavadora, si es que esta no falla durante los próximos 3 min. y 38 seg., y le ocasionaría una parada. Utilizando la anterior, queda demostrado que el

vacío creado sería repuesto antes de llegar a la etapa de llenado inclusive si la zona de acumulación estuviera sólo a la mitad de su capacidad. Ahora tomando en cuenta que el rechazo y rotura de botellas en el tramo Desembaladores – Lavadora es menor a 10 b.p.m., la velocidad mínima de procesamiento de botellas en la etapa de embalaje debe ser de **2.358 b.p.m.**

Paradas frecuentes en Desembalador 201	% sobre Paradas Propias Totales	Tiempo entre Fallas	Duración Prom. De la Parada
Parada por operario	76,72	41min. 56seg.	1min. 17seg.
Botella en los chupones	12,58	172min. 4seg.	52seg.
TOTAL	**89,30%**		
Paradas frecuentes en Desembalador 201	**% sobre Paradas Propias Totales**	**Tiempo entre Fallas**	**Duración Prom. De la Parada**
Parada por operario	81,24	35min. 20seg.	1min. 3seg.
Botella en los chupones	15,15	106min. 14seg.	40seg.
TOTAL	**96,39%**		

TABLA 7.3: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DE LOS DESEMBALADORES

Depaletizadores: Procediendo de igual manera a los demás equipos, la velocidad mínima de esta etapa del proceso en función de la tasa de fallas es igual a 2.129 b.p.m. la cual no se toma en cuenta por ser menor a la de los Desembaladores , entonces se parte de una velocidad de 2.358 b.p.m.. Luego evaluando la duración de las paradas propias del equipo ver Tabla 7.4), la más larga es de 54seg. la cual genera un vacío de apenas 1.520 botellas, el cual tiene probabilidades muy altas de ser repuesto, en sus más de 300 metros de recorrido antes de llegar a los Desembaladores , y en caso de no ser así, será repuesto en el tramo Desembaladores -Llenadoras. La tasa de rechazo y rotura de botellas en el tramo Depaletizadores-Desembaladores es menor a las 10 b.p.m., resultando en definitiva una velocidad mínima de **2368 b.p.m.**

Parardas frecuentes en Depaletizador 201	% Sobre Paradas Propias Totales	Tiempo entre Fallas	Duración Prom. De la Parada
Salida caja trancada en volteadora.	35,49	18min.5seg.	25seg.
Objeto en mesa elevadora	27,95	64min. 13seg.	1min. 10seg
Parada por operario	15,41	88min. 53seg.	53seg
TOTAL	**78,85**		
Parardas frecuentes en Depaletizador 202	**% Sobre Paradas Propias Totales**	**Tiempo entre Fallas**	**Duración Prom. De la Parada**
Salida caja trancada en volteadora.	27,84	30min.34seg.	26seg.
Objeto en mesa elevadora	36,8[illegible]	18min.51seg.	22seg.
Parada por operario	25,82	66min. 51seg.	54seg
TOTAL	**90,52**		

TABLA 7.4: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DE LOS DEPALETIZADORES

b) Equipos posteriores a la Etapa de Llenado

La velocidad de estos equipos influye de manera diferente sobre el efecto de las fallas de los mismos sobre la Llenadora. Por ejemplo, si el Pasteurizador presenta una falla, la Llenadora podrá seguir funcionando sólo mientras exista espacio disponible para acumular las botellas que van siendo procesadas. Existen dos posibilidades:

1. El área disponible para acumular material se agota y la Llenadora tiene que detenerse. Una vez que la falla sea reparada y el Pasteurizador empiece a operar, la Llenadora podrá arrancar inmediatamente, sin importar la velocidad del Pasteurizador, siempre y cuando la velocidad de este sea mayor que la de la etapa de llenado.
2. La Falla se soluciona antes que se agote el área de acumulación. En este caso la Llenadora nunca tendrá que parar ya que , nuevamente, siempre y cuando la velocidad del Pasteurizador sea mayor, el área de acumulación se irá descongestionando gradualmente.

Según lo expuesto anteriormente, si la velocidad del un equipo posterior a otro es mayor, el valor de su velocidad sólo influirá en la velocidad con la que la zonas de acumulación sean desocupadas.

Pasteurizador: Se procede de forma análoga a la Lavadora. Con una tasa de paradas propias del 1,03%, la velocidad mínima de este equipo debe ser de (2.000 ÷ (1- 0,0103)) = 2.041 b.p.m.. El tiempo de holgura para proteger a las Llenadoras de las paradas del Pasteurizador depende únicamente de el área de acumulación que permanece disponible para almacenar botellas en el tramo Llenadoras-Pasteurizador (siempre que la velocidad del último sea mayor), además como se muestra en la tabla 7.5, el tiempo entre fallas es muy alto, y su duración es muy elevada como para que se justifique crear mesas de acumulación que protejan su efecto sobre la etapa de Llenado. A pesar que la velocidad mínima calculada es de 2.041b.p.m., se mantendrá su velocidad actual parque esta está en función de las u.d.p.(unidades de pasteurización) requeridas por el producto para cumplir con sus estándares de calidad. El objeto de haber determinado la velocidad mínima del equipo es el de proponer un margen de flexibilidad para alterar la curva de temperatura del proceso cuando sea necesario.

Paradas frecuentes en Pasteurizador	% sobre Paradas Propias Totales	Tiempo entre Fallas	Duración Prom. De la Parada
Temp. Baja de pasteurización	29,6	15hr 40min.	2min. 44seg.
Temp. Alta de pasteurización	26,27	19hr. 9min.	3min.
Parada por operario	20,94	36hr 55min.	4min 34seg.
Temp. Baja super heat	13,76	86hr 10min	7min.
TOTAL	**90,87%**		

TABLA 7.5: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DEL PASTEURIZADOR

Embaladores: Estos equipos tienen una tasa de fallas o pardas propias elevada del 17,14% (ver Tabla 7.6), lo que implicaría una velocidad de **2.414 b.p.m.** para cumplir con la producción al 100% de eficiencia. Con respecto a la parada más larga, el tramo Pasteurizador-Embaladores cuenta con una mesa de acumulación con capacidad para 6.148 botellas, una parada en los Embaladores tendrá un lapso de aproximadamente 3 minutos antes de ocasionar una parada en el Pasteurizador por acumulación de botellas a la salida. Suponiendo una vez más la situación más desfavorable, donde la parada más larga ocurre al mismo tiempo en ambos Embaladores, se dejaría de embalar botellas durante 45 seg. durante los cuales la mesa de acumulación tendría que almacenar botellas para evitar que el Pasteurizador se detenga, la capacidad de acumulación de la mesa es tal que puede soportar la parada más larga con un amplio margen de holgura.

1. El área disponible para acumular material se agota y la Llenadora tiene que detenerse. Una vez que la falla sea reparada y el Pasteurizador empiece a operar, la Llenadora podrá arrancar inmediatamente, sin importar la velocidad del Pasteurizador, siempre y cuando la velocidad de este sea mayor que la de la etapa de llenado.
2. La Falla se soluciona antes que se agote el área de acumulación. En este caso la Llenadora nunca tendrá que parar ya que , nuevamente, siempre y cuando la velocidad del Pasteurizador sea mayor, el área de acumulación se irá descongestionando gradualmente.

Según lo expuesto anteriormente, si la velocidad del un equipo posterior a otro es mayor, el valor de su velocidad sólo influirá en la velocidad con la que la zonas de acumulación sean desocupadas.

Pasteurizador: Se procede de forma análoga a la Lavadora. Con una tasa de paradas propias del 1,03%, la velocidad mínima de este equipo debe ser de (2.000 ÷ (1- 0,0103)) = 2.041 b.p.m.. El tiempo de holgura para proteger a las Llenadoras de las paradas del Pasteurizador depende únicamente de el área de acumulación que permanece disponible para almacenar botellas en el tramo Llenadoras-Pasteurizador (siempre que la velocidad del último sea mayor), además como se muestra en la tabla 7.5, el tiempo entre fallas es muy alto, y su duración es muy elevada como para que se justifique crear mesas de acumulación que protejan su efecto sobre la etapa de Llenado. A pesar que la velocidad mínima calculada es de 2.041b.p.m., se mantendrá su velocidad actual parque esta está en función de las u.d.p.(unidades de pasteurización) requeridas por el producto para cumplir con sus estándares de calidad. El objeto de haber determinado la velocidad mínima del equipo es el de proponer un margen de flexibilidad para alterar la curva de temperatura del proceso cuando sea necesario.

Paradas frecuentes en Pasteurizador	% sobre Paradas Propias Totales	Tiempo entre Fallas	Duración Prom. De la Parada
Temp. Baja de pasteurización	29,6	15hr 40min.	2min. 44seg.
Temp. Alta de pasteurización	26,27	19hr. 9min.	3min.
Parada por operario	20,94	36hr 55min.	4min 34seg.
Temp. Baja super heat	13,76	86hr 10min	7min.
TOTAL	**90,87%**		

TABLA 7.5: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DEL PASTEURIZADOR

Embaladores: Estos equipos tienen una tasa de fallas o pardas propias elevada del 17,14% (ver Tabla 7.6), lo que implicaría una velocidad de **2.414 b.p.m.** para cumplir con la producción al 100% de eficiencia. Con respecto a la parada más larga, el tramo Pasteurizador-Embaladores cuenta con una mesa de acumulación con capacidad para 6.148 botellas, una parada en los Embaladores tendrá un lapso de aproximadamente 3 minutos antes de ocasionar una parada en el Pasteurizador por acumulación de botellas a la salida. Suponiendo una vez más la situación más desfavorable, donde la parada más larga ocurre al mismo tiempo en ambos Embaladores, se dejaría de embalar botellas durante 45 seg. durante los cuales la mesa de acumulación tendría que almacenar botellas para evitar que el Pasteurizador se detenga, la capacidad de acumulación de la mesa es tal que puede soportar la parada más larga con un amplio margen de holgura.

Paradas frecuentes en Embalador 201	% sobre Paradas Propias Totales	Tiempo entre Fallas	Duración Prom. De la Parada
Parada por Operario	72,57	6min 17seg.	55seg.
Botella caida	11,11	21min.54seg.	29seg.
TOTAL	**83,68**		
Paradas frecuentes en Embalador 202	**% sobre Paradas Propias Totales**	**Tiempo entre Fallas**	**Duración Prom. De la Parada**
Parada por Operario	59,86	6min.16seg.	34seg.
Botella caida	20,18	14min.30seg.	27seg.
TOTAL	**80,04**		

TABLA 7.6: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DE LOS EMBALADORES

Paletizadores: Con una tasa de paradas propias del 7,91%, la velocidad mínima de esta etapa del proceso deberá ser de 2.172 b.p.m., sin embargo, dada la velocidad de la etapa de desembalado, se debe partir de las **2.414 b.p.m.** A partir del combinador de cajas hay espacio disponible para almacenar aproximadamente125gaveras aproximadamente (4.500botellas) entre las dos vías, lo que equivale a 2min. 15 seg. para evitar que los Embaladores tengan que detenerse por acumulación de material a la salida. Según las estadísticas (ver Tabla 7.7) , este tiempo es más que suficiente para reparar la falla más larga, dada la situación más desfavorable en donde ambos equipos fallan al mismo tiempo.

Paradas frecuentes en Paletizador 201	% sobre Paradas Propias Totales	Tiempo entre Fallas	Duración Prom. De la Parada
Temp. baja de pasteurización	66,72	22min. 28seg.	1min. 32seg.
Temp. alta de pasteurización	26,27	1hr. 26min.	2min. 18seg.
TOTAL	**90,87%**		
Paradas frecuentes en Paletizador 202	**% sobre Paradas Propias Totales**	**Tiempo entre Fallas**	**Duración Prom. De la Parada**
Temp. baja de pasteurización	47,74	49min. 43seg.	1min. 35seg.
Temp. alta de pasteurización	35,36	59min. 25seg.	1min. 24seg.
TOTAL	**90,87%**		

TABLA 7.7: DURACIÓN Y TIEMPO ENTRE FALLAS MÁS SIGNIFICATIVA DE LOS PALETIZADORES

Es relevante destacar que los cálculos realizados están en función de las condiciones actuales de los equipos. Si la tasa de fallas de cada equipo se logra disminuir en el futuro mediante la aplicación de mejoras que ataquen de manera directa las causas de dichas fallas entonces las velocidades mínimas de los equipos también se verán afectadas en el sentido que podrán disminuir. La metodología para calcular las nuevas velocidades permanece igual, a menos que se modifique la capacidad de las áreas de acumulación de la línea. En el siguiente gráfico (ver Gráfico 7.1) se puede apreciar la distribución de velocidades propuesta, y su comparación con la existente:

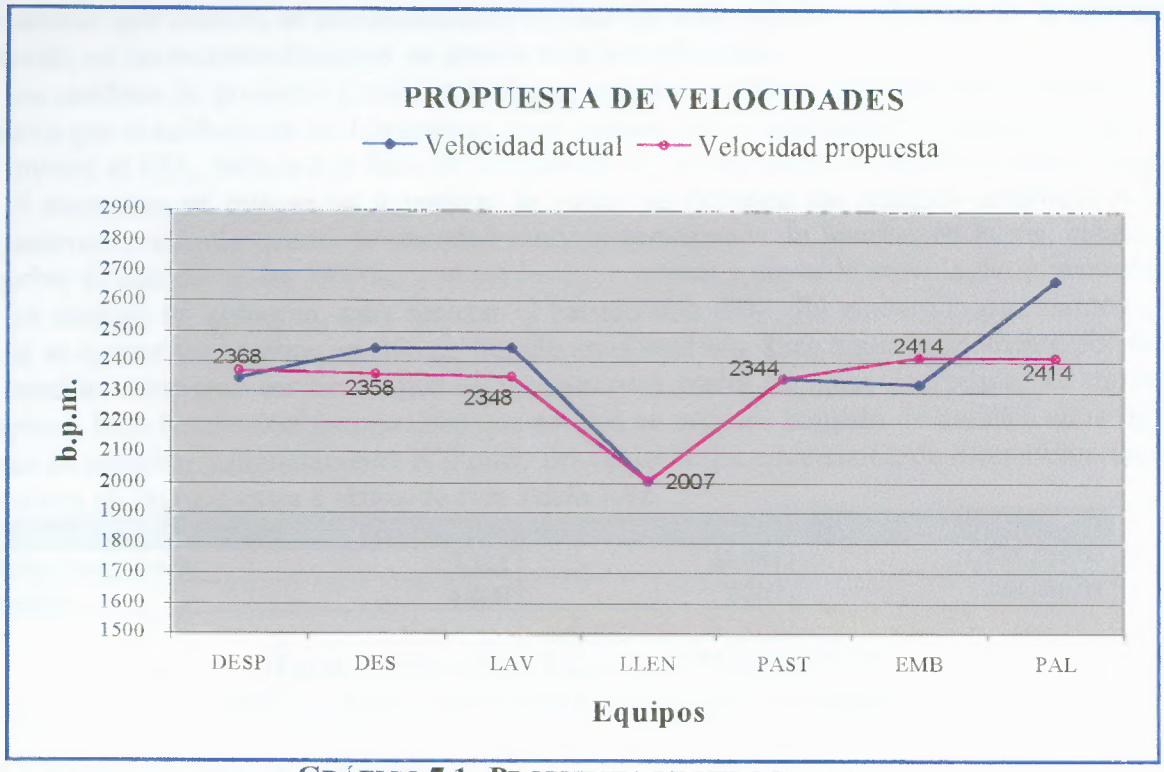


GRÁFICO 7.1: PROPUESTA DE VELOCIDADES

El beneficio de la regulación de velocidades se verá reflejado en una disminución en el desgaste de los equipos, y en una reducción de sus fallas, por otro lado se estima una reducción apreciable en las paradas de las Llenadoras a causa de acumulación de botellas a la salida. La cuantificación del ahorro económico por disminución en desgaste y fallas sólo se puede lograr a través de un cuadro comparativo donde se evalúen las horas-hombre invertidas en mantenimiento y el valor de la tasa de fallas durante un periodo de tiempo representativo, una vez implementados los cambios, contra la situación actual. El alcance del tiempo disponible, y el hecho de estar sujetos a la aprobación por parte de la empresa para implementar los cambios propuestos no permite llevar a cabo dicho cuadro comparativo.

Para la cuantificación económico del beneficio de tener las correctas velocidades en los equipos, se calculó el beneficio económico de poseer las velocidades adecuadas en base a las paradas ajenas de las Llenadoras por acumulación de botellas a la salida, en donde se tiene un promedio de paradas mensuales por este concepto de 610 minutos, gracias a las incorrectas velocidades de los equipos posteriores que no tienen la capacidad de procesar lo que ella procesa, a continuación se calcula el beneficio económico de tener las velocidades adecuadas:

Ingreso extra mensual = 610 min/mes*2000Bot/min*50 Bs/Bot = 61.000.000 Bs/mes.
Ingreso extra anual= 732.000.000 Bs.

7.2 MATERIALES

7.2.1 MERMA

Para la solución del desperdicio de materiales se plantea atacar directamente las pérdidas por merma de producto causados por las Llenadoras, en cuanto la mal llena y en cuánto al cambio

de producto o rutinas. En las recomendaciones se propone un sistema de fotoluces en las Llenadoras que detecte, el funcionamiento normal de cada válvula en función de lo que está llenando, en las recomendaciones se detalla más la explicación.

En los cambios de producto y rutinas de línea; cuando se realiza limpieza de las tuberías, se observa que el calderín de las Llenadoras no es vaciado en su totalidad en el instante en que se les inyecta el CO_2, debido a la falta de botellas en la vía. Se habla de falta de botellas porque en el momento en que se va a realizar la rutina se detienen los equipos anteriores a las Llenadoras, y cuando quede la cantidad mínima aproximada de botellas en la vía, capaz de absorber el liquido de las tuberías y el calderín, se manda a cerrar la válvula de alimentación de los tanques de gobierno, para realizar el barrido con CO_2. Sin embargo, gran número de veces se agotan las botellas, quedando liquido en el calderín. Este liquido remanente por falta de botellas tiene que ser tirado por el desagüe para poder terminar de realizar la correcta limpieza. Para la solución proponemos que se deje un número holgado de botellas en la mesa capaz de absorber completamente el liquido del calderín. La eliminación de estos desperdicios generaría un ingreso extra a planta de (ver Tabla 7.8):

Tipo de Merma	Pérdidas (lts/mes)	Pérdidas bot/mes	Pérdidas en bolívares
Botellas mal Llenas	7.122	32.081	1.283.240,00
Limpieza	1.600	7.207	288.280,00
		Beneficio adicional	1.571.520,00

Total del Beneficio Anual = 18.858.240,00 Bs.

TABLA 7.8: BENEFICIO POR REDUCCIÓN DE LA MERMA

7.2.2 REDUCCION DE MATERIAL

La cantidad de material (botellas vacías, botellas llenas y gaveras) existentes en la línea fueron divididos en:

- Material en equipos.
- Material en transporte.
- Material en vía de botellas.
- Material en áreas de acumulación.
- Gaveras en áreas de Trabajo.

Dentro estas clasificaciones, exceptuando el material en equipos, todas son consideradas como desperdicio desde el punto de vista que no añaden valor al producto, pero desde el enfoque del mínimo necesario para la producción, el material en transporte y el material en vía de botellas son indispensables. Como ya se mencionó, la gran longitud de las vías de transporte que comunican el área de envasado con el almacén, es una característica particular y perjudicial de la Planta Los Cortijos, se deben buscar las herramientas para determinar cuál es el costo adicional en que incurre la planta por esta situación (incluyendo los costos de equipos y repuestos, consumo de energía eléctrica, personal de limpieza y mantenimiento, infraestructura y manejo de materiales, de todas las líneas), para evaluar alternativas de cambios en la ubicación o distribución de la planta.

Mientras existan fallas y paradas repentinas de los equipos, resultará beneficiosa la existencia de zonas de acumulación, a pesar que esta es una forma de cubrir los errores de los operarios y las imperfecciones de diseño y mantenimiento de los equipos, resulta más económico contar con ellas que no hacerlo. Lo importante es que estas fallas y parada no pasen a formar parte del proceso como algo común, como se ejemplifica en el Just in Time, donde las acumulaciones de material representan el agua de un tanque que cubre a las rocas que son los problemas; se debe mantener el proceso dentro de una mejora continua atacando las causas

raíces que generan dichos problemas. Dentro del presente trabajo especial de grado se hacen varias recomendaciones para mejorar o eliminar las causas de paradas propias de los equipos, sin embargo las áreas de acumulación existentes no representan ni el 2% de la cantidad total de material en proceso, de manera que se recomienda que se mantengan.
En cuanto a la cantidad de gaveras en el área de trabajo, aunque su almacenamiento no genera un costo adicional significativo, entorpece el movimiento del personal y disminuye la visión dentro del área de trabajo. Las 2.000 gaveras que se almacenan adyacentes al Pasteurizador tienen como función abastecer a los Embaladores para vaciar todas las botellas del Pasteurizador en caso de una parada de más de 36 min. de los Desembaladores , ya sea propia o ajena. Las probabilidades de que una falla de tal magnitud ocurra son bajas, y según los registros durante cuatro meses de producción, sólo en siete ocasiones se justificó mantener un inventario mayor a las 800 gaveras. Sin embargo, se recomienda mantener el inventario de gaveras actual por lo dificultoso que resulta, debido al *layout* de las líneas, trasladar gaveras desde otro punto de almacenamiento del la planta, hasta la vía de plástico de la línea.

7.2.3 ROTURA DE BOTELLAS

Se sabe que el desgaste de las botellas es en parte ajeno a los métodos de envasado, almacenaje y distribución utilizados por la empresa; tanto los vendedores como el mismo consumidor contribuyen con el desgaste de las botellas. Por otro lado, los sistemas de transporte de botellas, durante el proceso de envasado, utilizado por la línea se encuentra entre los más usados en las embotelladoras a nivel mundial. Reducir el porcentaje de rotura de botellas debe entonces concentrarse en una adecuada identificación de las botellas cuyas características no cumplen con los mínimos requerimientos de calidad. En el caso particular de la línea de envasado analizada, se observó que un porcentaje cercano al 20% de las botellas rechazadas por los inspectores de botellas se encuentra en buen estado. El operario encargado de retirar las botellas de las mesas de botellas rechazadas decide bajo su criterio cuales botellas se encuentran en mal estado, y cuales son aptas para reintegrarse al proceso. Según las observaciones realizadas, se pudo apreciar que muchas veces el operario, ya sea por descuido o por estar apurado, se equivoca y rompe botellas que no han llegado al fin de su vida útil. Cuantificar el porcentaje de error cometido por el operario es muy difícil de determinar sin que este varíe su comportamiento normal mientras se realiza el muestreo. Sin embargo, considerando una situación favorable, a partir de lo observado, donde el operario se equivoca sólo el 5% de la veces, con una rechazo aproximado por inspectores de botellas vacías de 350.000 botellas por mes, se estuvieran rompiendo 3.500 botellas que se encuentran en buen estado, lo que equivale a una pérdida mensual e Bs.166.250. Para eliminar esta pérdida se debe evitar o disminuir al mínimo la intervención del criterio del operario en la selección de las botellas, esto se puede lograr ya sea aumentando la precisión de los inspectores actuales, si es que esto es posible; o como segunda alternativa, mediante la adopción de alguno de los equipos de identificación de botellas defectuosas existentes en el mercado, en el cual el operario pueda introducir las botellas rechazadas, para determinar en definitiva, cuales son aptas para seguir siendo procesadas.

7.3 ESFUERZO

En el diagnóstico del tiempo de trabajo de los operarios, nos damos cuenta de la cantidad de tiempo ocioso que tienen, y en especial el de los Depaletizadores y Paletizadores. La idea de solucionar el tiempo ocioso de los operarios es, asignándole una mayor cantidad de responsabilidades o la eliminación de algunos de ellos.

Una manera de asignarle más responsabilidades a todos los operarios, es con la implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total) en la planta, esta filosofía tiene como metas el cero averías o fallas en los equipos. Sin embargo la implantación de esta filosofía no es tan sencilla, ya que para ver sus resultados requiere de por lo menos tres años, además de la participación de todo el personal, desde la gerencia hasta los obreros. La parte importante del TPM que reduciría el tiempo ocioso de los operarios, es el establecimiento de un programa de mantenimiento autónomo de los equipos por parte de sus operarios. Al hablar de mantenimiento autónomo se quiere que el operario sea capaz de realizar las actividades que mantienen las condiciones básicas de funcionamiento del equipo, como lo puede ser la limpieza, la inspección del equipo durante la limpieza, apretar o ajustar aquellas partes del equipo que lo ameriten y realizar la lubricación del equipo. Además de incitar a la proactividad de los operarios para plantear soluciones a los problemas existentes.
En el caso de tiempos ocioso extremadamente elevados como es el caso de los operarios de los Paletizadores y Depaletizadores, que es de aproximadamente del 70 %, nuestra recomendación es la eliminación de uno de los operarios de cada área ya que, en el área de Depaletizadores existen dos operarios que atienden las líneas 2, 3, 6 y 5 o el equivalente a cuatro Depaletizadores, mientras que en el área de paletizado existe un operario para la línea de latas y otros dos para las líneas de botellas 2, 3 ,6 y 5 (cuatro equipos por operario). La labor que realizan estos operarios sería realizada por uno de los operarios restantes del área, quienes realizan la misma actividad. Es importante considerar que el reemplazo de estos equipos por unos más innovadores, puede generar la eliminación total de estos operarios, utilizando solo una señal sónica y luminosa que avise al personal en caso de que el equipo falle, para que procedan a reparar el equipo. Lo que evitaría el no tener operarios frente a los equipos esperando que fallen o que ejecuten una operación incorrecta, para corregirlos, ya que la confiabilidad y mejor funcionamiento de un equipo nuevo gracias a su diseño y precisión evitarían la necesidad de supervisarlo en forma permanente, como se hace con los actuales.
A continuación presentamos el ahorro económico que generaría en un año el eliminar estos operarios, con un salario promedio de 180.600 Bs. Que se multiplicará por dos para obtener el sueldo completo con Seguro Social Obligatorio, Prestaciones Sociales, Contrato colectivo, entre otros:

Ahorro económico anual = (180.600*2*12meses)*2operarios = 8.668.800 Bs.

7.4 OTROS

En el análisis presentado en las vías de vacío y vía de lleno se observo, cómo afectaron en la producción los meses analizados. Además nos damos cuenta de que gran parte de las fallas operativas de las vías de vacío son atribuibles a cajas trancadas en las curvas (ver anexos de fallas en vías). Esto ocurre porque en las curvas existen los llamados rodillos libres, los cuales cuando están en tramos horizontales, presentan el atascamiento de las cajas en las paredes de las vías. Este atascamiento es causado por el paro repentino de la vía delante del rodillo y el empuje por inercia de las cajas que se encuentran detrás de la curva, la presión generada en las cajas de la curva causa su deformación y atascamiento en la vía reduciendo o restándole a la línea tiempo de producción aprovechable.

Una solución para este problema es la utilización en la curva de cadenas marina curva, lo que permitirá que la caja siga o se oriente en la dirección correcta, a pesar de que se le ejerza presión entre su parte posterior y delantera. El beneficio cuantificable de estas mejoras

se puede expresar como aumento en la capacidad real de producción, por la eliminación del problema citado. A continuación se presenta una tabla que expresa la producción extra que pudo haber efectuado la línea si hubiese existido la solución antes descrita, de la cadena marina curva (ver anexos de vías):

Producción extra con la solución propuesta = (22.479.733 Bs./4meses)
5.619.933,25 Bs/mes = 67.439.199,00 Bs/año.

CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

Con la reducción de los desperdicios en los procesos productivos se pueden alcanzar impresionantes logros en aumentos de la eficiencia y de la productividad, que se traducen en disminución de costos operativos, y por ende, en una reducción del costo unitario, aumentando los márgenes de utilidad y generando ventajas competitivas para la empresa.

El resultado del presente estudio, demostró lo relevante que puede resultar la disminución de desperdicios dentro de los procesos productivos, en cuanto al capital dejado de percibir por la empresa, o al mal aprovechamiento del mismo a lo largo del proceso. En este caso, los montos más significativos se encontraron dentro de la clasificación del tiempo ocioso de los equipos. Aquí se detectó cómo el mal aprovechamiento de los equipos, principalmente causado por un mantenimiento preventivo deficiente en las Llenadoras y en las vías de transporte (vía de vacío y de lleno); además de la mala selección y limpieza de las botellas, puede traducirse en tiempos muertos prolongados dentro de los periodos de producción, que conllevan a un aumento del tiempo mínimo requerido para envasar un cierto número de unidades.

Un error frecuentemente observado en el personal de planta, es la aceptación de los desperdicios como "algo normal" dentro del proceso y la forma como se intenta reducir su efecto sobre las Llenadoras; es decir, exagerando las velocidades de algunos equipos, creando zonas de acumulación de material, o en último caso, trabajando en sobre tiempo durante los fines de semana, en vez de atacar directamente las causas raíces que ocasionan dichos desperdicios. Los beneficios potenciales que pueden resultar de la implementación de las mejoras propuestas podrán llegar a ser muy altos en la medida que el personal sea consciente de la importancia que pueden tener dichos cambios para la empresa, y por ende, para ellos mismos.

El presente trabajo especial de grado estudia de forma global las cuatro fuentes de desperdicio definidas (materiales, equipos, esfuerzo, otras), proponiendo mejoras y soluciones para erradicar las causas más significativas o relevantes de los problemas descritos; sin embargo, la tarea de identificar desperdicios nunca termina, se debe intentar profundizar más, día a día, en identificar y eliminar en lo posible el problema del desperdicio en todas sus manifestaciones dentro de un proceso de mejora continua, que debe ser aplicado, no sólo en el proceso de envasado, sino a todos los procesos y actividades de todas las empresas productoras de bienes y servicios.

8.2 RECOMENDACIONES

La importancia de identificar controlar y reducir los desperdicios, debe estar presente en el ambiente de trabajo de todos los empleados, con la finalidad de estar en una constante mejora y detección de los mismos. Lastimosamente la claridad de este concepto no esta presente en la mayoría del personal, ya que para ello hay que entrenarlos y educarlos.

El buen manejo del concepto de desperdicio es importante y beneficioso para la empresa por incidir directamente en la reducción de costos, lo que indica que si se quieren atacar, se debe entrenar a los trabajadores, para que entiendan el beneficio de hallar y suprimir las causas que originan el desperdicio. Sin embargo aparte de entender el concepto se debe enseñar a identificarlos, de la forma más sencilla posible y dentro de cada área de trabajo. Para la identificación, disminución y control de los desperdicios, se recomienda que se haga de

acuerdo a las fuentes que los generan (equipos, materiales, esfuerzo y otros), conceptualizados en el presente trabajo.

En lo referente a el control de desperdicio, la empresa Cervecería Polar, posee suficientes herramientas para llevar una información detallada de lo que sucede operativamente en el proceso día a día, como es el caso de paradas de equipos. Sin embargo no existe persona o personas que analice constantemente los resultados que arroja el sistema, en donde se puede medir la variabilidad del proceso, además de evaluar su comportamiento cuando se efectúan cambios o modificaciones.

Otro punto importante es el intercambio de información entre plantas sobre las mejoras en los procesos productivos, de manera de que el mejoramiento esté integrado y evolucione más rápido en toda la empresa, gracias al trabajo en conjunto de todos los elementos de la empresa. El cambio y resultado; ya sea bueno o malo, que origina un proyecto en una planta puede servir como punto de referencia a otra para implementar una mejora o evadir un fracaso.

Se conoce que el costo es un factor importante a la hora de tomar decisiones en el reemplazo o compra de equipos, sin embargo, la compra de nuevos equipos puede ayudar a la automatización total del proceso, eliminando así a los operarios de la línea. Probablemente el estudio de esta sustitución muchas veces no resulta claramente beneficioso, sin embargo el tipo de trabajo que poseen ciertos operarios en la línea es rutinario y tedioso. Eh aquí la ventaja que presenta poseer una máquina, cuya inspección o trabajo lo realiza en un cien por ciento del tiempo, siempre y cuando su mantenimiento preventivo sea adecuado. En cambio el personal se fatiga y cuando se trata de trabajos tediosos, disminuye su rendimiento notablemente por la fatiga y por y lo monótono del trabajo. Al final el beneficio de sustituir un operario por un equipo, se debe tomar muy en cuenta que el equipo realizará su labor con una eficiencia del 100 % si se le da un adecuado mantenimiento, aparte de generar productos de mejor calidad que son los que generan menores variabilidades en el proceso.

Otras recomendaciones más específicas que no se evaluaron debido al tiempo limitado de la realización del presente trabajo de grado son:

Para todos los equipos:

Se plantea para la supervisión de toda la línea de envasado, el uso de un simulador como herramienta de diseño, optimización y evaluación de:

- La adecuada velocidad de los equipos.
- La capacidad correcta de los sistemas de transporte entre las etapas de envasado.
- El tiempo de duración de las fallas de las máquinas.
- Tiempo medio entre fallas de los equipos.

En la actualidad existen este tipo de simuladores ya programados, lo que daría la facilidad también de evaluar los posibles cambios que se le quisieran realizar a la línea y medir el impacto que tendría el cambio en el rendimiento de la línea (Ref: Modelo PaLCaM-S, DANBREW, página web:http:/www.danbrew.dk/es/pdd_packagin.htm).

Para los chupones de los Desembaladores y Embaladores:

Una solución factible para el daño que sufren los chupones de los Desembaladores y Embaladores por acumulación de sucio en su parte interna o por rotura de la goma, gracias a, picos de botellas rotos, objetos extraños, desgaste o roce con las chapas corona, puede ser el cambio de los chupones de goma. Estos tienen la peculiaridad de rodear el pico de la botella en su totalidad por un sistema de agarre del tipo dedos. Este sistema tienen la ventaja de poder operarse por los mismos sistemas neumáticos de los equipos existentes y se ven menos afectados por la incrustación de suciedad o rotura en sus interior. Gracias a la movilización de

los dedos (apertura y cierre), el sucio, las chapas coronas o picos de botellas rotos no lo afectan; porque el material de agarre es duro y para colocarse alrededor del pico de la botella no ejerce roce con ninguna de las partes de los dedos, porque la apertura de los mismos antes del agarre, no lo permitirían.

Para curvas de Transportadores inoxidables:

Los giros de 90 grados que deben realizar las botellas en las vías, se realiza a través de dos transportadores inoxidables, colocados perpendicularmente y en donde existe un pletina o plato muerto entre la unión de ambos. El comportamiento de las botellas en las curvas es el siguiente; las botellas cambian de un transportador a otro, gracias a la presión o fuerza que ejercen las botellas que están antes de la curva, sobre las que están en la curva. Sin embargo cuando el apilamiento de las botellas no es máximo, en el paso de un transportador a otro las botellas deben pasar por la pletina o plato muerto que une a ambos transportadores, en donde por lo general, existe un desnivel y vibración; gracias al movimiento del transportador, que causa la caída de las botellas.

La solución que se plantea para este problema, es la utilización en las curvas de transportadores inoxidables curvos. Ellos eliminarían la caída de botellas por el cambio de un transportador a otro en las curvas, además de disminuir la formación de los anillos de desgaste generados en la base y comienzo del cuello de la botella por el roce innecesario entre ellas.

Para transportadores inoxidables:

Para eliminar los vidrios incrustados en las cadenas inoxidables, la solución anterior ayuda por disminuir la probabilidad de que la botella se rompa por la presión entre ellas cuando se empujan entre sí. La rotura de botellas en las vías, se debe por lo general a las tensiones acumuladas que poseen por fricción, o golpes y presiones durante su transporte.

Es importante en este punto de transportadores, resaltar la posible utilización de sistemas de dosificación de lubricación automáticos que controlen y regulen las concentraciones correctas de lubricante en las cadenas inoxidables, en los tramos críticos de congestión y empuje, el cual mida constantemente el valor de fricción entre las botellas y el transportador, para que luego un computador dosifique la cantidad adecuada de lubricante. Esto permitiría mantener un nivel de fricción lo más bajo posible entre la cadena y el fondo de la botella, de forma que la vida útil de las botellas aumente.

Para caídas de botellas en el Pasteurizador:

Las caídas de botellas en el Pasteurizador ocurren por el poco apilamiento entre ellas y el desajuste de niveles entre las pletinas móviles dentro del equipo, además del desnivel a la salida del equipo con el transportador inoxidable, originando la inclinación y caída de las botellas. Se tiene conocimiento de que el Pasteurizador de la línea estudiada va ha ser reemplazado, por lo que se propone que en el estudio de reemplazo de un nuevo Pasteurizador se consideren los nuevos modelos, cuyo funcionamiento para la movilización de las botellas no es por pletinas sino por un transportador continuo, evitando la necesidad imperante de tener un operario a la salida del Pasteurizador levantando las botellas que se caen gracias al equipo, evitando que los Embaladores paren por no tener la capacidad de embalar botellas caídas.

Paradas del Cono sin Presión:

Las botellas con picos o mejor dicho cuellos rotos por lo general paran el inspector y la solución que se plantea, es la movilización de la fotoluz que detecta; falta de botella a la entrada, un poco más baja. Esto permitirá percibir la existencia o no de botellas a través del cuerpo de la misma y no por el cuello, de manera que sea trabajo y tarea del inspector el rechazar la botella en caso de que venga con el pico roto.

Para los Inspectores:

Colocar un sistema de inyección de aire o soplado en el lente, de forma que despeje los sucios que se le alojan provenientes de las botellas. Esto evitaría la intervención de parar el cono por parte del operario para limpiar el lente del inspector, ayudando también, a que el inspector rechace botellas limpias, o en buen estado de forma incorrecta. Este rechazo, por sucio depositado en el lente, ocasiona la parada del equipo por parte del operario para limpiarlo. Además se utilizaría infructuosamente el tiempo productivo del operario en recolectar las botellas en correcto estado, rechazadas por el inspector.

Para las válvulas de las Llenadoras:

Para detectar la falla en alguna de las válvulas de las Llenadoras se podría crear o adaptar una fotoluz, capaz de identificar de forma sincronizada con las válvulas, el correcto nivel de Llenado de cada una de ellas. Luego vaciando ésta información en un sistema o base de datos que registra las lecturas de la fotoluz para cada una de la válvulas de la Llenadora, sería conveniente la creación de un gráfico de barras del comportamiento de Llenado entre las válvulas, de manera de diferenciar e indicar cual de ellas no está llenando correctamente. Esto permitiría que el operario determine a tiempo cuando una de las válvulas se está saliendo del estándar, permitiendo así, corregir su falla y evitando el desperdicio de merma por producción de botellas mal llenas.

Para los Paletizadores:

Los Paletizadores tienen la peculiaridad de presentar fallas por culpa del equipo, lo que se propone como solución el correcto y preciso ajuste de dichos equipos para que realicen bien sus funciones. Ciertamente, gran parte del funcionamiento de estos equipos es hidráulico y lo difícil de su ajuste se puede deber a la cantidad de años; más de 15, que tienen en funcionamiento, lo que resulta bastante delicado para su mantenimiento por el desgaste que posee y lo complicado de conseguir sus repuestos, tanto mecánicos, como hidráulicos . Se conoce la existencia de equipos más novedosos (Paletizadores) cuyo funcionamiento es completamente eléctrico y presentan la ventaja de un mejor apilamiento, ya que el agarre de las camadas se realiza ejerciendo presión en todo el perímetro.

El cambio de los Paletizadores puede tener como beneficio el reemplazo de los dos equipos existentes en la línea, por uno solo. Otro beneficio sería la reducción de las horas de mantenimiento correctivo y preventivo que se le deberían aplicar al equipo nuevo comparado con el que se le aplica al equipo actual.

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas