

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y
Ciencias de la Producción**

“Mejoramiento de la productividad de una línea de producción de una planta embotelladora de bebidas a través de la utilización de herramientas de la calidad”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Pedro Esteban Kam Paw Molina

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2006

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Jorge Abad Morán Director de Tesis, por su invaluable ayuda

DEDICATORIA

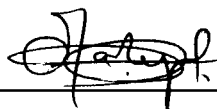
A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

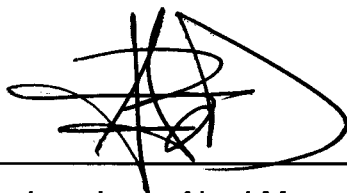
SIMBOLOGÍA

A	Tiempo real
B	Tiempo de paradas planeadas
C	Tiempo disponible
D	Tiempo de paradas no planeadas
E	Tiempo de operación
F	Eficiencia en tiempo disponible
G	Producción buena más rechazada
H	Velocidad teórica
I	Producción teórica
J	Eficiencia en producción
K	Producción rechazada
L	Eficiencia en calidad
N	Porcentaje de botellas “no conformes”
O	Total de botellas “no conformes” de la muestra
P	Tamaño de la muestra en botellas
Q	Total de envase “no conforme” a ser cobrado
R	Porcentaje de botellas “no conformes” de la muestra
S	Total de envase que trae el camión
Y	Tiempo de paradas a causa del área de Logística
CO2	Dióxido de carbono
TIR	Tasa interna de retorno
SKU	Stock keeping unit

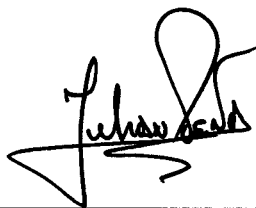
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



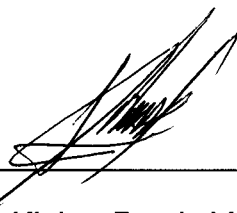
Ing. Marcos Tapia Q.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
DELEGADO DEL DECANO DE
LA FIMCP



Ing. Jorge Abad M.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Julián Peña E.
VOCAL



Dr. Kleber Barcia V.
VOCAL



DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, which appears to read "Pedro Esteban Kam Paw Molina", is written over a horizontal line.

Pedro Esteban Kam Paw Molina

RESUMEN

Hoy en día las industrias en nuestro país están en una encrucijada, el fenómeno de la “Globalización de las Economías” avanza a pasos agigantados, amenazando así sus supervivencias en el mercado local e internacional. En respuesta a ello la única alternativa que tienen, es mejorar todos los procesos que inciden en la cadena de valor de sus respectivos productos, para de esta manera lograr ser más competitivos y eficientes.

La presente tesis desarrolla el mejoramiento de la productividad de una línea de producción de una planta embotelladora de bebidas a través de la utilización de herramientas de la calidad que generan como resultado ahorros significativos para la compañía en estudio.

En la primera parte de la tesis se presentan los principales conceptos de la filosofía del mejoramiento continuo, sus diferencias con respecto a la reingeniería, así como los fundamentos teóricos necesarios para la aplicación de las herramientas utilizadas en este estudio.

A través de la utilización de estas herramientas, se realiza el análisis de las condiciones actuales en las que opera la línea de producción. Como parte de ello, se logra identificar que en las indisponibilidades externas existe una oportunidad de mejora significativa, siendo el foco, la indisponibilidad generada por el Área de Logística. Es así como todo nuestro estudio se centra en analizar sus problemas críticos e identificar sus principales causantes.

Una vez realizado este análisis, se definen una serie de acciones que contribuyen con el mejoramiento de la productividad de la línea, tales como el establecimiento de políticas, la segregación de responsabilidades y la definición de controles que mitigan al máximo los riesgos identificados en el análisis previo.

Como resultado de esta tesis se espera disminuir el capital empleado en la compra de botellas, reducir el tiempo de paradas de la línea y generar un ahorro en Mano de Obra Directa y en energía.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	IV
SIMBOLOGIA	V
INDICE DE FIGURAS	VI
INDICE DE TABLAS	VII
INTRODUCCIÓN	1
 CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES	2
1.1. Importancia de la tesis	2
1.2. Objetivos y alcance de la tesis	5
1.3. Estructura de la tesis.....	6
 CAPITULO 2	
2. ENFOQUE METODOLOGICO.....	8
2.1 Mejoramiento continuo.....	8
2.2 Ciclo PDCA	14

2.3. Herramientas de la Calidad.....	16
--------------------------------------	----

CAPITULO 3

3. ANALISIS Y DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL.....	43
3.1. Levantamiento y análisis de la información.....	43
3.2. Identificación de problemas.....	52
3.3. Análisis de las causas	60

CAPITULO 4

4. IMPLANTACION DE MEJORAS.....	82
4.1. Descripción y desarrollo de las soluciones propuestas	82
4.2. Análisis y factibilidad de la inversión.....	103
4.3. Resultados obtenidos	111

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
---	-----

APENDICES

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

hr	Hora
min	Minutos
Cod	Código
Hlts	Hectolitros
Hlts/hora	Hectolitros por hora
Km	Kilómetros
Km/hora	Kilómetros por hora

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 2.1 Esquema del ciclo PDCA.....	14
Figura 2.2 Diagrama de Ishikawa.....	20
Figura 2.3 Diagrama de Pareto.....	24
Figura 2.4 Representación de un Histograma	27
Figura 2.5 Esquema del Diagrama de Flujo.....	41
Figura 3.1 Comparativo de Eficiencias Mensuales	56
Figura 3.2 Resumen paradas no programadas	58
Figura 3.3 Pareto de paradas no programadas	59
Figura 3.4 Tiempo de paradas logísticas históricas	63
Figura 3.5 Pareto de paradas logísticas históricas	64
Figura 3.6 Indisponibilidad Logística por grupo de estratificación.....	65
Figura 3.7 Pareto de indisponibilidad logística por grupo de estratificación	66
Figura 3.8 Diagrama de análisis causa-efecto causas “A”	70
Figura 3.9 5 Porques causas “A” priorizadas	75
Figura 3.10 Diagrama de análisis causa-efecto causas “B”	78
Figura 3.11 5 Porques causas “B” priorizadas	81
Figura 4.1 Diagrama de flujo del proceso de control de envases	91
Figura 4.2 Plan mantenimiento preventivo montacargas.....	99
Figura 4.3 Eficiencia total de la línea... ..	112
Figura 4.4 Indisponibilidad Logística.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1	Tabla de número de intervalo 28
Tabla 2	Paradas programadas 45
Tabla 3	Paradas no programadas 50
Tabla 4	Hoja de recogida de datos... 51
Tabla 5	Resultados de eficiencia..... 54
Tabla 6	Tiempos de indisponibilidad logística 60
Tabla 7	Tiempos disponibles operativos de la línea..... 61
Tabla 8	Matriz de priorización causas "A" 73
Tabla 9	Matriz de priorización causas "B" 79
Tabla 10	Eficiencia Proyectada.....104
Tabla 11	Ahorro en turnos de producción.....105
Tabla 12	Total personas por turno de producción.....107
Tabla 13	Ahorro promedio mensual de mano de obra.....107
Tabla 14	Ahorro promedio mensual activos.....109
Tabla 15	Ahorro proyectados en el primer mes.....110
Tabla 16	Costos de implantación.....110
Tabla 17	Ahorros mano de obra.....114
Tabla 18	Ahorros activos.....116
Tabla 19	Total ahorros.....117
Tabla 20	Total costos implantación.....117

INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se desarrolla el “Mejoramiento de la productividad de una línea de producción de una planta de bebidas a través de la utilización de las herramientas de la calidad” con el propósito de incrementar la competitividad de la planta como resultado de la disminución del capital empleado en la compra de botellas, la reducción del tiempo de paradas de la línea y el ahorro en Mano de Obra Directa y energía.

Este trabajo de investigación inicia con el levantamiento y colecta de información. Luego se utilizan herramientas para el análisis de las causas tales como la estratificación, diagrama de pareto y “espina de pescado”. Posteriormente se hacen uso de la matriz de priorización y los “cinco porqués” para identificar las causas raíces en las que se deberá concentrar esfuerzos a fin de lograr un mayor impacto en los resultados. Como resultado de ello se definen una serie de acciones correctivas y se evalúa la factibilidad de su inversión. Finalmente se hace seguimiento a los resultados para determinar si se está alcanzando los resultados deseados a través de los cambios implantados.

La línea de producción en estudio conforma la única línea de la planta, por lo que el incremento de la productividad de la planta es directamente proporcional al incremento de la productividad de esta línea.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

El capítulo primero de la presente tesis está conformado por tres secciones. En la primera sección, se describirá la importancia de la tesis. Posteriormente, se explican el objetivo general y los específicos de la tesis. Finalmente la última sección comprende la estructura de la tesis.

1.1 Importancia de la tesis.

Hoy en día el fenómeno denominado “Globalización” avanza a pasos agigantados. Debido a ello, la industria de nuestro país se ve amenazada por la competencia extranjera en el ahora “mercado global”. Para superar las desventajas creadas por la internacionalización, las compañías locales necesitan ser más productivas y eficientes. Para ello deben hacer uso de

herramientas que les permitan obtener una eficacia mercantil y una ventaja competitiva a nivel mundial.

Tradicionalmente la industria ecuatoriana ha tenido una visión a corto plazo y por ende ha buscado siempre resultados inmediatos. Es por ello que siempre ha optado por el camino de la innovación, es decir, una gran inversión económica en equipos y tecnología, como medio para obtener mejores resultados. Desafortunadamente sus beneficios, a pesar de que son rápidos, son limitados debido a que el incremento de la productividad y eficiencia se basa en la adquisición de mejores equipos y tecnología, persistiendo las deficiencias en los procesos.

En respuesta a ello, existe una filosofía japonesa denominada “Kaizen”, la cual significa, sumergirse en un proceso constante de cambio para mejorar. El proceso “Kaizen” involucra a todos los niveles de la compañía y es la alta dirección la que debe estar plenamente comprometida y liderar el cambio. Esta filosofía a través de la aplicación de sus distintas herramientas promueve sistemas de producción eficientes que buscan reducir los costos e incrementar la calidad de sus productos.

La utilización de estas herramientas permite gestionar adecuadamente variables como costo, plazo de entrega y calidad, así como la atención a los nuevos requerimientos del mercado tales como diversificación, entregas más rápidas y pedidos pequeños.

La presente tesis tiene como finalidad mejorar la productividad de una línea de producción de una planta de bebidas a través de la utilización de herramientas de la calidad que permiten incrementar la competitividad de la planta y dar así el primer paso hacia el alcance de los niveles de “Clase Mundial”.

El punto de partida para el mejoramiento es reconocer la necesidad. Esto viene del reconocimiento de un problema. Si no se reconoce ningún problema, tampoco se reconocerá la necesidad de mejoramiento. Como resultado del análisis que se efectúa se determina como foco de análisis las operaciones del Área de Logística directamente relacionadas a la línea de producción. Este análisis se lo verá en detalle en el Capítulo 3.

La aplicación de las herramientas de la calidad que se emplean en este estudio permiten:

- Recolectar la información necesaria.
- Identificar y analizar las causas.
- Priorizar y determinar las causas críticas.
- Definir acciones correctivas.
- Hacer seguimiento a los resultados de los cambios implantados.

La mayoría de estas herramientas son las denominadas “Herramientas básicas de la Calidad”. Fueron utilizadas en la década de los 80 en las industrias japonesas y enfatizadas por el Dr. Kauro Ishikawa. Como resultado de su aplicación se han logrado mejoras sustanciales en diversas plantas de todo el mundo, siendo pilar fundamental para alcanzar estos resultados el compromiso entre la alta dirección y los operadores.

1.2 Objetivos de la tesis.

▪ Objetivo General

El objetivo general de esta tesis es mejorar la productividad de una línea de producción de una planta de bebidas a través de la utilización de las herramientas de la calidad.

▪ **Objetivos específicos**

- Identificar las principales causas que generan paradas en la línea de producción.
- Reducir el tiempo de paradas de la línea de producción.
- Disminuir el capital empleado para la compra de botellas.
- Reducir el uso de mano de obra directa.
- Disminuir el consumo de energía.

1.3 Estructura de la tesis.

La presente tesis consta de la siguiente estructura:

Capítulo Dos – Enfoque Metodológico. Este capítulo presenta los principales conceptos de la filosofía del mejoramiento continuo, sus diferencias con respecto a la Reingeniería, así como los fundamentos teóricos necesarios para el empleo de las herramientas utilizadas en esta tesis.

Capítulo Tres – Análisis y descripción de la situación actual. Este capítulo presenta las condiciones en las que opera la línea de producción y el análisis que determina el área a ser estudiada.

Capítulo Cuatro – Implantación de Mejoras. Este capítulo presenta las acciones correctivas definidas a fin de mitigar al máximo los problemas detectados, el análisis de la factibilidad de su inversión así como el impacto de su implantación en la rutina diaria.

Capítulo Cinco – Conclusiones y recomendaciones. Al final de la tesis se presentan las conclusiones sobre la aplicación de las herramientas de calidad y los cambios implantados, así como las recomendaciones para el óptimo empleo de las mismas.

CAPITULO 2

2. ENFOQUE METODOLÓGICO

El presente capítulo trata sobre los fundamentos teóricos de la metodología utilizada para alcanzar los objetivos de esta tesis. En la primera sección se tratarán los principales conceptos de la filosofía del mejoramiento continuo. Posteriormente se detallarán las herramientas de la calidad utilizadas para el levantamiento de la información, análisis de los datos, identificación de las causas, así como las de control y seguimiento de los cambios implantados.

2.1 Mejoramiento continuo.

- Origen

La mejora continua tiene su origen e implantación en el Japón a principios de los años cincuenta. Si bien los japoneses ya

poseían una filosofía de mejora continua, ella era aplicable sobre todo en la vida personal y en las artes guerreras. No se puede desconocer que aplicaban hasta cierto punto los procesos de mejora continua a su producción, pero ello era de carácter limitado y la prueba de ello es que los productos japoneses eran considerados en occidente como *baratos y de baja calidad*, y hasta como burdas y ordinarias copias de productos occidentales. Pero no fue sino hasta la incursión de las ideas de *Deming y Juran* en materia de calidad, mejora continua y control estadístico de procesos, que sumada a la filosofía ancestral produjo una verdadera explosión productiva y de altos niveles de calidad, lo cual llevó a la industria japonesa a revertir totalmente la visión que de ella tenían los consumidores occidentales. "Made in Japan" paso a ser sinónimo de alta calidad y valor agregado, a un muy buen precio (2).

Por un lado la mejora continua se implantó en el Japón por ser una forma barata de mejorar la producción y reducir los costos en un período de fuerte escasez de recursos. Y por otro lado se debió a la presión de las autoridades de la ocupación para

utilizar métodos de mejora continua destinadas a acelerar la reconstrucción después de la segunda guerra mundial (2).

El legado de Deming, Juran e Ishikawa ha cruzado las fronteras y su reconocimiento mundial se hizo evidente en los años ochenta, con la transformación de Japón y su mérito de haberse convertido en la primera potencia económica del planeta (3).

- **Concepto**

La palabra Kaizen proviene de la unión de dos vocablos japoneses: KAI que significa cambio y ZEN que quiere decir bondad (3).

La esencia del Kaizen es sencilla y directa: Kaizen significa mejoramiento. Más aún, significa mejoramiento progresivo, continuo, que involucra a todos en la organización: alta administración, gerentes y trabajadores-. Kaizen es asunto de todos. La filosofía Kaizen supone que nuestra forma de vida sea nuestra vida en el trabajo, vida social o vida familiar merece ser mejorada de manera constante. Todas las personas tienen un deseo instintivo de mejorarse (3).

El Kaizen está basado en la creencia de que todo ser humano puede contribuir a mejorar su lugar de trabajo, en donde pasa una tercera parte de su vida. Kaizen es una estrategia dirigida al consumidor para el mejoramiento. Comienza comprendiendo las necesidades y expectativas del cliente para luego satisfacerlas y superarlas. Se supone que a la larga todas las actividades deben conducir a una mayor satisfacción del cliente (3).

Debemos entender que Kaizen es un camino, un medio, y no un objetivo en sí mismo, es una manera de hacer las cosas, una forma de gestionar la organización (3).

El Kaizen como filosofía dinámica acepta y absorbe todas aquellas técnicas y metodología que permitan el mejor logro de sus fines últimos que son una mejora continua en los procesos a los efectos de la eliminación de desperdicios, el continuo incremento en la calidad y productividad, a los efectos de generar cada día un mayor valor agregado para los usuarios y consumidores (2).

- **Beneficios**

La importancia de esta técnica gerencial radica en que con su aplicación se puede contribuir a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización. A través del mejoramiento continuo se logra ser más productivos y competitivos en el mercado al cual pertenece la organización, por otra parte las organizaciones deben analizar los procesos utilizados, de manera tal que si existe algún inconveniente pueda mejorarse o corregirse; como resultado de la aplicación de esta técnica puede ser que las organizaciones crezcan dentro del mercado y hasta lleguen a ser líderes (4).

Efectos Tangibles (5):

- Mayor participación en el mercado por lealtad de nuestros clientes y su recomendación a otros.
- Mayor volumen de ventas.
- Mayor rentabilidad.
- Disminución del punto de equilibrio por disminución de gastos (sólo se hace lo que agrega valor).
- Incremento de la competitividad.
- Éxito en el desarrollo de nuevos productos.
- Calidad mejorada.

- Disminución de reclamos.
- Reducción de costos por defectos.
- Más sugerencias de los empleados.
- Menos accidentes industriales.

Efectos Intangibles (5).

- Participación de todos en la administración.
- Mayor sensibilidad hacia la calidad y solución de problemas.
- Calidad mejorada del trabajo.
- Relaciones humanas mejoradas.

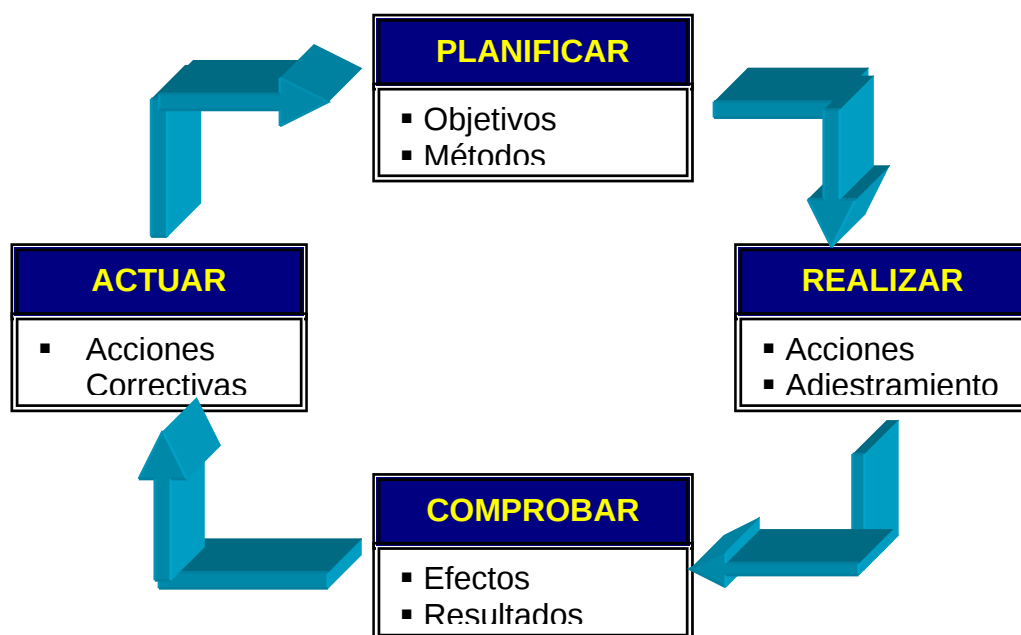
La mejora continua se puede plantear y gestionar a través del ciclo de Deming o ciclo PDCA, para llevarlo a cabo se pueden usar una serie de herramientas de la calidad que usualmente se utilizan para la identificación y resolución de problemas, así como el análisis de las causas y la aportación de soluciones para lograr la mejora continua.

A continuación se realizará una descripción del ciclo de PDCA en el que detallara el concepto y los beneficios de su utilización.

2.2 Ciclo PDCA.

El ciclo de Deming , ciclo de Mejora o ciclo PDCA (en ingles Plan, Do, Check, Act.) actúa como una guía para llevar a cabo la mejora continua y lograr de una forma sistemática y estructurada la resolución de problemas. Esta constituido básicamente por cuatro actividades: planificar, realizar, comprobar y actuar, que forman un ciclo que se repite de forma continúa como puede apreciarse en la figura 2.1.(1).

FIGURA 2.1
ESQUEMA DEL CICLO PCDA



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.
FUENTE: (1). 2005

Dentro de cada fase básica se puede diferenciar distintas sub-actividades (1):

- 1. Planificar (Plan):** En esta primera fase cabe preguntarse cuales son los objetivos que se requieren alcanzar y la elección de los métodos adecuados para lograrlos. Conocer previamente la situación de la empresa mediante la recopilación de todos los datos e información necesaria será fundamental para establecer los objetivos. La planificación debe incluir el estudio de causas y los correspondientes efectos para prevenir los fallos potenciales y los problemas de la situación sometida a estudio, aportando soluciones y medidas correctivas.
- 2. Realizar (Do):** Consiste en llevar a cabo el trabajo y las acciones correctivas planeadas en la fase anterior. Corresponde a esta fase la formación y educación de las personas y empleados para que adquieran un adiestramiento en las actividades y actitudes que han de llevar a cabo. Es importante comenzar el trabajo de manera experimental, que se haya comprobado su eficacia en la fase siguiente, formalizar la acción de mejora en la última etapa.

3. **Comprobar (Check):** Es el momento de verificar y controlar los efectos y resultados que surjan de aplicar las mejoras planificadas. Se ha de comprobar si los objetivos marcados se han logrado o, si no es así, planificar de nuevo para tratar de superarlos.
4. **Actuar (Act):** Una vez que se comprueba que las acciones emprendidas dan el resultado apetecido, es necesario realizar su normalización mediante una documentación adecuada, describiendo lo aprendido, cómo se ha llevado a cabo, etc. Se trata al fin y al cabo, de formalizar el cambio o acción de mejora generalizada, introduciéndolo en los procesos o actividades.

El ciclo PDCA consigue implementar de una forma sistemática y mediante la utilización de las herramientas adecuadas, la prevención y resolución de problemas. Es un proceso que se repite una vez que termina, volviendo a comenzar el ciclo y formando una espiral: la mejora continua (1).

2.3 Herramientas de la Calidad.

La mejora continua y su implantación por medio del ciclo PDCA, se lleva a cabo utilizando herramientas adecuadas para cada etapa.

Catorce son las herramientas tipificadas para la implementación de la calidad y su mejora: las siete herramientas básicas y otras siete, denominadas herramientas de gestión, estas herramientas también pueden ser aplicadas en todas aquellas actividades o funciones que tengan que ver con la gestión y mejora de la calidad, así como en otras situaciones como la toma de decisiones, definición de estrategias, optimización de recursos, etc (1).

Las herramientas de la calidad se caracterizan por su fácil comprensión y sencilla aplicación, un aspecto importante que tienen estas herramientas es la capacidad de integración entre sí, facilitada por su compatibilidad lo que ayuda a multiplicar los resultados (1).

Algunas de las mejoras de carácter genérico que aportan, y que son de gran ayuda en la mejora continua, se enumeran a continuación:

- Identificación y selección de problemas generados, analizando las causas y efectos.
- Búsqueda de soluciones eficientes a los problemas generados.
- Análisis de las causas generadoras de la falta de calidad, facilitando su control y supervisión.

- Establecimiento de actividades prioritarias, en base a los efectos o consecuencias que las causas puedan acarrear.
- Facilita el control de procesos y funciones, advirtiéndolo de posibles irregularidades o desviaciones detectadas.
- Ordenación de las necesidades o expectativas de los clientes, tanto internos como externos.

Las herramientas que serán utilizadas para el levantamiento de la información, análisis de los datos, identificación de las causas, así como las de control y seguimiento de los cambios implantados con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados en esta tesis se detallan a continuación:

- Diagrama de Causa-Efecto o de Ishikawa
- Diagrama de Pareto
- Histograma
- Hoja de Recogida de datos, control o verificación
- Estratificación
- Matriz de Priorización
- Cinco porqués de Ishikawa
- Diagrama de Flujo

- **Diagrama de Causa-Efecto**

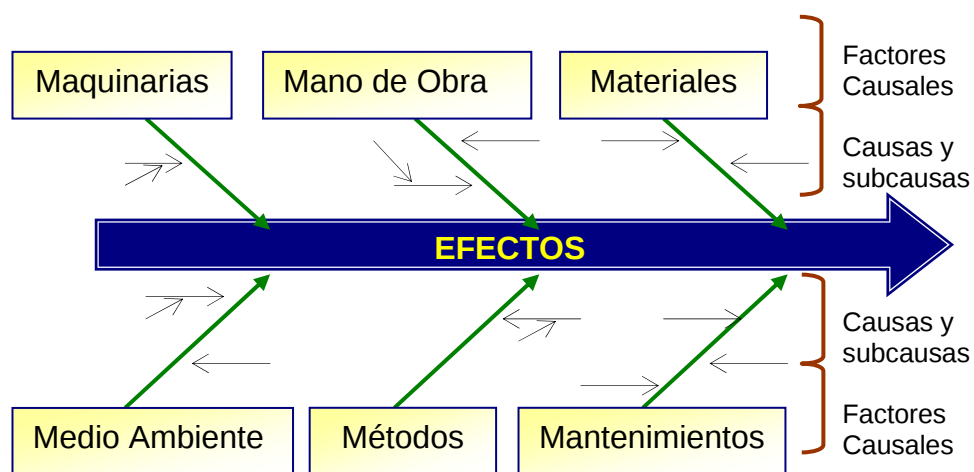
También conocido como diagrama de Ishikawa en honor a Kaoru Ishikawa que la desarrollo. También se la denomina, por la similitud que existe, como diagrama de “espina de pez”.(1)

El diagrama de Ishikawa analiza de una forma organizada y sistemática los problemas, causa, y las causas, cuyo resultado en lo que afecta a la calidad se denominará efecto. Existen dos aspectos básicos que definen esta técnica: ordena y profundiza. Describir las causas evidentes de un problema que puede ser más o menos sencillo, pero es necesario ordenar dichas causas, ver de donde provienen y profundizar en el análisis de sus orígenes con el objetivo de solucionar el problema desde su raíz (1).

Es frecuente utilizar unas causas primarias de tipo genérico denominadas como las 6M’S: mano de obra, materiales, método, medio ambiente, mantenimiento y maquinaria. Estos actores primarios, que dependiendo de la situación pueden variar, formarán las espinas principales del diagrama como se puede observar en la figura 2.2, y a continuación se irán añadiendo las causas secundarias, terciarias, etc., que

representan las causas de las causas y que permiten profundizar en los orígenes jerarquizados de los problemas (1).

FIGURA 2.2
DIAGRAMA DE ISHIKAWA



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.
FUENTE: (1) 2005

Es una herramienta aconsejable para ser elaborada por un grupo de trabajo que facilite la aportación de ideas y datos de forma abundante y contrastada. Se pueden establecer una serie de fases para su realización (1):

1. *Definir y determinar de forma clara el problema que queremos resolver.* Dicho problema, causante de la falta de calidad en nuestros procesos, se describirá en el extremo de

la columna principal en forma de flecha que constituye la “espina dorsal” del diagrama.

2. Identificar los factores más relevantes que influyen en el problema a resolver. Aparecen en los extremos en lo que se puede definir como “espinas” principales o primarias. Es frecuente el uso en los procesos productivos de las 6M’S, mencionadas anteriormente. No obstante, y dependiendo de la situación, se incorpora o se sustituye los factores que se juzguen convenientes.
3. Determinar y analizar de una forma ordenada y estructurada las causas y las causas de las causas, o subcausas, que originan el efecto, de acuerdo con los factores más importantes que hayan seleccionado. Una técnica que puede ser de gran ayuda es la realización de una “Lluvia de ideas” de las posibles causas, con la participación del grupo de trabajo.
4. Una vez concluido el análisis y estudio de causas es aconsejable realizar una reflexión para evaluar si se han identificado todas las causas (sobretudo si son relevantes) y

comprobar que se ha utilizado los factores correctos. En caso contrario se añadirán las causas y factores que falten o sean necesarios.

5. Toma de datos acerca de las diversas causas del problema, valorando el grado de incidencia global que tienen sobre el efecto. Esto permite obtener conclusiones finales y aportar a soluciones adecuadas para resolver y controlar el efecto estudiado.

Por tanto, el diagrama de Ishikawa ayuda a la identificación de las causas de un problema, lo que permite determinar el origen y llevar a cabo las acciones adecuadas para poder resolverlo de raíz. El hecho de ser una herramienta realizada por un grupo de trabajo fomenta el pensamiento creativo, prolífico y divergente, con un nivel común de comprensión del problema y una visión más contrastada de las causas (1).

- **Diagrama de Pareto**

Una vez analizadas las causas de los problemas el siguiente paso es dilucidar cuales son los problemas prioritarios. El diagrama de Pareto es una herramienta para tomar decisiones

sobre que causas hay que resolver prioritariamente para lograr mayor efectividad en la resolución de problemas (1).

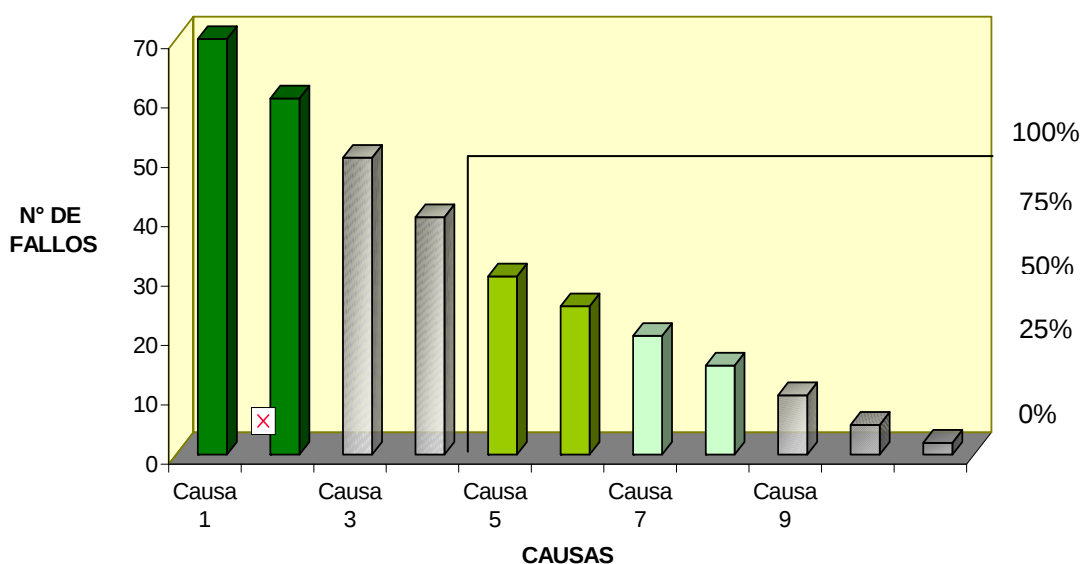
El Diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales) (6). La regla de este economista italiano consistía en que aproximadamente el 80% de los problemas se deben a tan sólo un 20% de causas. Es decir, un mínimo porcentaje de causas originan un gran porcentaje de problemas.

El diagrama de Pareto permite identificar ese pequeño porcentaje de causas relevantes sobre las que primero se deben actuar (1). Para su realización se emplea un diagrama de barras. Cada una de las barras representa una de las causas diferentes que provocan fallos. La amplitud vertical indicará el número de fallos o el número de problemas que origina la causa que representa.

Con objeto de seleccionar las causas más relevantes se ordenan las barras por amplitud, situándolas de mayor a menor

a partir de la izquierda como se puede apreciar en la figura 2.3. También se representa una curva que establece para cada causa, el porcentaje acumulado de fallos sobre el total, donde se aprecia en mayor o menor medida la regla de Pareto.

FIGURA 2.3
DIAGRAMA DE PARETO



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.
FUENTE: (1) 2005.

Para establecer las prioridades de las causas sobre las cuales actuar es necesario realizar otro diagrama de Pareto, pero relacionado con los costos de fallos originados. De esta forma se puede establecer las prioridades sobre el número de fallos

originados y sobre el costo de dicho fallos, y en base a ellos decidir sobre que actuar (1).

Las diferentes etapas para llevar a cabo un diagrama de Pareto se enumeran a continuación:

1. Definir claramente las variables a ser estudiadas.
2. Proceder a la obtención o recolección de los datos necesarios. Es de gran utilidad el uso de tablas estructuradas para la recopilación de dicha información y el cálculo de acumulados.
3. Elaboración de los dos diagramas de Pareto.

El diagrama de Pareto es una representación gráfica que pone de manifiesto la importancia relativa de las diferentes causas, seleccionando las relevantes. El uso continuo de los diagramas de Pareto permitirá supervisar y verificar la eficacia de las soluciones para la resolución de los problemas (1).

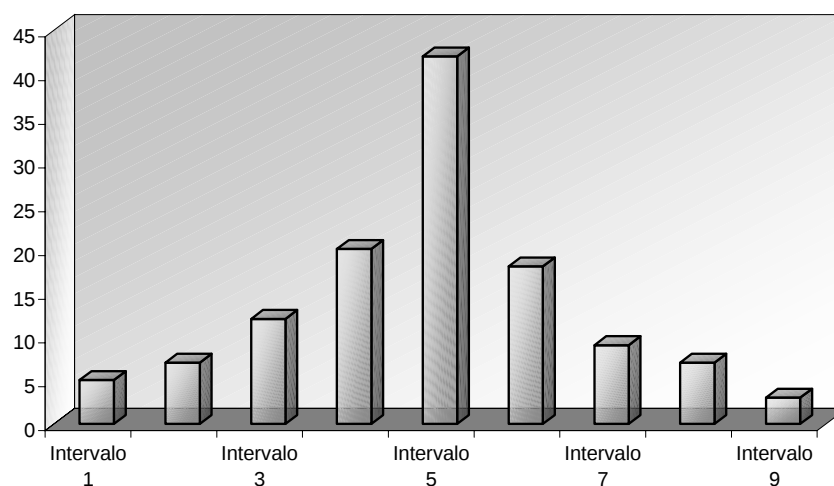
El uso del Diagrama de Pareto brinda en forma general las siguientes ventajas (6):

- Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas.
- Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras.
- Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.
- Permite contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- Permite comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costes de los errores.

▪ Histogramas

Un histograma es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos (6). El histograma representa, de una forma gráfica la variabilidad que puede presentar una característica de calidad como se puede observar en la figura 2.4. Es decir muestra que tipo de distribución estadística presentan los datos (1).

FIGURA 2.4
REPRESENTACIÓN DE UN HISTOGRAMA



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M

FUENTE: (1) 2005

Como se muestra en la figura 2.4 el eje horizontal representa el rango posible de valores que abarca la variable, dividido en un número determinado de intervalos. El número de intervalos dependerá del número total de datos que tenemos de la variable, tal y como se describe en la tabla 1 (1).

TABLA 1
TABLA DE NÚMERO DE INTERVALO

Número de Datos	Número de Intervalos
Inferior a 50	5 a 7
50 - 100	6 a 10
100 - 250	7 a 12
Superior a 250	10 a 20

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

FUENTE: (1) 2005

Cada intervalo es representado por una columna o barra. Normalmente la anchura de los intervalos es idéntica y corresponde al rango de la variable dividido por el número de intervalos correspondientes. En el eje vertical se representa la frecuencia o número de datos que existen en cada intervalo (1).

El proceso para realizar el histograma comprende una serie de etapas (1):

1. Obtención de los datos necesarios.
2. Recuento de datos y cálculo de máximos y mínimo globales de la variable.

3. Cálculo del rango de valores entre los que se mueve la variable.
4. Cálculo del número de intervalos, para lo que puede ser ilustrativa la tabla 1, y de la anchura de cada intervalo. Los límites de intervalos deben quedar perfectamente definidos.
5. Elaborar el resto del histograma. Para facilitar esta tarea es aconsejable rellenar previamente una tabla de frecuencias en la que figuren los intervalos y el número de datos para cada uno de ellos.

Los histogramas son muy útiles para controlar la efectividad de los cambios introducidos, comparando la evolución temporal y comprobando que se verifican las especificaciones de los límites establecidos. Mostrar la distribución permitirá hacer los cambios necesarios para modificarla, centrarla si no se ajusta a lo que se desea, o realizar un control periódico, sobre ella (1).

Las ventajas de utilizar un histograma son (6):

- Su construcción ayuda a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores.

- Es de mucha utilidad cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones sobre la base de ellos.
- Permite transmitir a otras personas información sobre un proceso de forma precisa e inteligible.
- Permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidas para el mismo. En este caso, mediante el Histograma puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones.
- Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio.

▪ **Hoja de Recogida de Datos, de Control o de Verificación**

Son unos impresos, diseñados en formato de diagrama o tabla, para recoger, organizar, clasificar y archivar de un modo ordenado, sencillo, seguro y fiable, la información que se genera diariamente en las diferentes actividades de una empresa, con el objetivo de efectuar los oportunos análisis de

los mismos tendientes a resolver determinados problemas o establecer planes de mejora continua. Preparadas anticipadamente, pueden adquirir múltiples formas, en función del tipo de información que se desee registrar. Su amplia aplicación radica en el hecho de que los datos son el origen para la solución de los problemas (7).

En función de los aspectos que se deseen recoger, de los datos necesarios y del modo más adecuado de presentación, almacenaje y seguridad, se han elaborado una serie de hojas que abarcan la mayoría de las necesidades detectadas. Las más representativas son: de clasificación o verificación, de frecuencia, de localización, con escala de medida, y de inspección y validación (7).

Se debe recoger aquello que realmente interese y no recoger datos de forma indiscriminada que dificulten el proceso, provoquen pérdidas de tiempo y compliquen la visualización de la información útil.

Es importante que en cada plantilla figure un apartado de información complementaria, sobre aspectos referentes al tipo

de proceso descrito, lote considerado, operario que lo realiza, fecha, hora, número de muestra totales y parciales, etc. También es aconsejable reservar un espacio para anotar posibles comentarios o incidencias que pueden surgir, incluyendo cualquier información adicional que sea de utilidad para el análisis posterior de los datos obtenidos (1).

Las hojas de datos se utilizan generalmente para (7):

- Iniciar los ciclos o procesos de mejora continua de la calidad y de resolución de problemas. Durante la fase de análisis de la causa principal que origina un problema, es necesario disponer de una precisa y detallada definición del mismo, para que de este modo se pueda conocer con exactitud la causa.
- Evitar que los datos se pierdan o extravíen.
- Asegurar la identificación de los datos recogidos de una forma ordenada, evitando incertidumbres, dudas e interpretaciones confusas, puesto que no siempre son las mismas personas quienes obtienen los datos y quienes analizan, procesan y toman decisiones basándose en ellos.

- Realizar análisis e interpretaciones de los mismos y tareas de investigación sobre las causas de efectos o perjuicios y errores en las mediciones.
- Controlar procesos, mediante la toma de datos de los factores que muestran el funcionamiento del proceso, esto es, si se encuentra bajo control, si el proceso es eficiente, etc.

La hoja de recogida de datos es de gran utilidad por diversos motivos (1):

- Obtiene la información que es básica para el control de procesos y que sirve como soporte de otras técnicas o herramientas que se nutren de ella.
- Facilita la obtención de información de forma homogénea y uniforme, independientemente de las diferentes personas que participen.
- Facilita el análisis y control de los datos sobre procesos. Permite observar el grado de cumplimiento de determinadas funciones, actividades, especificaciones o estándares.

▪ **Estratificación de Datos**

La estratificación de datos consiste básicamente en la clasificación y separación de los datos en grupos o categorías con el objeto de realizar un análisis más profundo y exacto de las causas, indagar sobre problemas o comprobar que las acciones correctivas y de mejora son eficientes (1).

Los estratos a definir serán en función de la situación particular de que se trate, pudiendo establecerse estratificaciones de acuerdo a (8):

- Personal.
- Materiales.
- Maquinaria y equipo.
- Áreas de gestión.
- Tiempo.
- Entorno.
- Localización geográfica.
- Otros

Es un tipo de técnica que por sí sola no representa una herramienta de mejora, pero sirve de inestimable ayuda en la elaboración de otras herramientas como el diagrama de Pareto

o el diagrama de dispersión. En este último caso, puede ocurrir que mediante la estratificación de los datos se aprecien algunas correlaciones no visibles si se consideraran todos los datos de forma conjunta (1).

El uso de la estratificación de datos brinda ventajas como (6):

- Permite aislar la causa de un problema, identificando el grado de influencia de ciertos factores en el resultado de un proceso.
- Facilita el estudio de los datos, el análisis de los problemas y sus causas y, sobretodo, consigue apreciar situaciones anómalas o tendencias no evidentes, que requieran una investigación y ajuste posterior. Además la causa de estas situaciones puede quedar evidenciada, en base a qué cambia de un grupo de datos a otros en la estratificación (por ejemplo la persona que hace la tarea, el lote del material, etc).

▪ **Matriz de Priorización o Decisión**

La matriz de decisión sirve para evaluar y priorizar una lista de opciones. El grupo elabora una lista de criterios y luego evalúa cada opción contra este criterio.

Esta herramienta se utiliza para priorizar cuando existe una larga lista de problemas, cuando se tiene una larga lista de soluciones potenciales o después de una lluvia de ideas para reducir el número de opciones a una lista manejable.

La matriz de Priorización se utiliza de la siguiente manera:

1. Se realiza un brainstorming para definir el criterio de evaluación. Puede ser de gran ayuda incluir opiniones de clientes para definir dichos criterios. Los criterios generalmente utilizados son: efectividad, factibilidad, capacidad, costo y tiempo requerido.
2. Se discute acerca de los criterios para definir aquellos que no puedan faltar de aquellos no tan importantes. Convenientemente no trabajar con más de 5 o 6 criterios.
3. Se asigna la importancia relativa a los diferentes criterios adoptados. Esta asignación puede hacerse evaluando los criterios con valores de 1 a 10 o por consenso del grupo.

4. Se ingresan los datos en una matriz, de tal forma que en la parte superior figuren los criterios y la columna izquierda los ítems a evaluar. Evaluamos cada opción respecto de cada criterio.
5. Se multiplica cada valor por la ponderación dada al criterio.
6. De las opciones con mayor puntaje relativo se puede obtener por consenso la opción más acertada.

- **Cincos porque de Ishikawa**

Es una técnica que se estudia con las herramientas básicas de la calidad, y que tiene su fundamento en realizar la pregunta "¿por qué?" hasta que se obtenga la respuesta adecuada al problema planteado (7).

El sistema no indica que deben efectuarse 5 preguntas, sino que el nº 5, representa la filosofía del sistema, esto es, no parar de hacer preguntas hasta encontrar la solución (7). Suele considerárselo como un método socrático por medio del cual el supervisor o consultor externo mediante una sucesión de "¿porqué?" encuentran la razón base de los problemas, o sea la auténtica causa generadora de los diversos efectos, sean estos

fallas, errores, descomposturas, accidentes, desvíos entre otros (9).

Su aplicación se centra fundamentalmente en los campos siguientes (9):

- Para la resolución de problemas, mediante el uso de la pregunta ¿por qué? Tantas veces como sea necesario, hasta encontrar la raíz origen del problema.
- En la eliminación de deseconomías, si se aplica correctamente esta técnica en los casos siguientes:
 - √ Acomodar los productos o servicios a las expectativas o necesidades expresadas por los clientes.
 - √ Reducir la cantidad de productos o servicios defectuosos, tendiendo o cero.
 - √ Reducir tiempos de duración de los procesos, de las esperas, de los transportes, etc.
 - √ Eliminar los movimientos inútiles, los stocks innecesarios, las horas perdidas, etc.

▪ **Diagrama de Flujo**

Los Diagramas de Flujo constituyen un medio muy eficaz para describir gráficamente el funcionamiento y estructura de los procesos y/o sistemas. Mostrando todas las fases y el modo en que se relacionan y se encuentran conectadas, pudiendo constatar rápidamente: quién realiza una determinada tarea, el orden en el que se realiza, las acciones o camino a seguir en el supuesto de tener que tomar decisiones en un momento determinado del proceso (7).

Los diagramas de flujo proporcionan una visión global de dichos procesos y/o sistemas, de las interrelaciones existentes entre sus componentes, dado que muestran de forma secuencial todas las actividades que constituyen y conforman los procesos. En este sentido, conviene destacar su aplicación en el establecimiento y posterior análisis de las relaciones que se forman entre las personas implicadas, los medios empleados y las correspondientes fases del proceso (7).

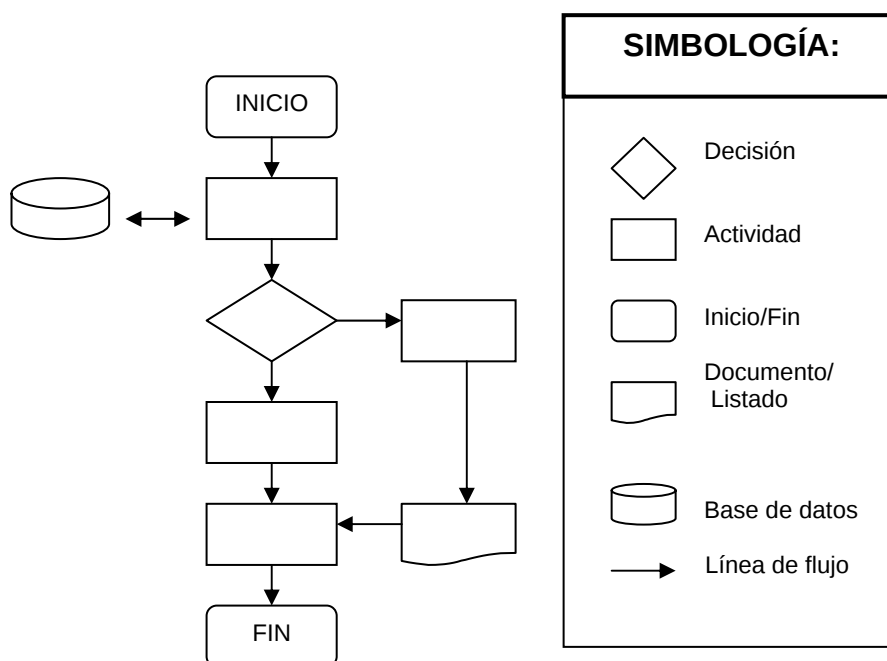
Este diagrama utiliza una serie de símbolos predefinido para representar el flujo de operaciones con sus relaciones de dependencia. El formato del diagrama de flujo no es fijo; existen diversas variedades que emplean una simbología diferente (1).

Los diagramas de flujo pueden ser muy útiles cuando se quiere realizar una optimización de procesos, oportunidades de mejora o simples reajustes, empleándose como un punto de partida que visualice globalmente la secuencia de cambios a ejecutar (1).

El proceso de flujograma comienza por establecer los puntos de partida y final, posteriormente se identifican y clasifican las diferentes actividades que forman el proceso a realizar, la interrelación existente entre todas ellas, las áreas de decisión, etc. Todo este entramado se representa mediante la simbología predefinida según el tipo de diagrama (1).

Un aspecto importante antes de realizar el diagrama de flujo será establecer que grado de profundidad se pretende en la descripción de actividades, procurando siempre mantener el mismo nivel uniforme de detalle. Este diagrama aporta un conocimiento bastante claro y global del proceso, identificando las actividades básicas, flujo de información y materiales, inputs y outputs, etc. Un ejemplo sencillo de diagrama de flujo se representa en la figura 2.5.

FIGURA 2.5
ESQUEMA DEL DIAGRAMA DE FLUJO



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

FUENTE: (1) 2005.

Por medio de los Diagramas de Flujo se puede conseguir (1):

- Identificar y conocer claramente un proceso o procedimiento, describiendo la trayectoria que sigue un producto o servicio con el fin de detectar posibles desviaciones, así como las personas y los recursos que lo constituyen.

- Reconocer causas potenciales de problemas (falta de alguna fase, repetición, indefiniciones, etc.), mediante la integración y colaboración del personal.
- Supone una herramienta fundamental para obtener mejoras mediante el rediseño del proceso, o el diseño de uno alternativo.
- Identifica problemas, oportunidades de mejora y puntos de ruptura del proceso.

CAPITULO 3

3. ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se describe la problemática de las condiciones actuales de la línea de producción. En la primera sección, se efectúa el levantamiento de información a través del cual se identifican las diferentes paradas por las cuales la línea de producción alcanza niveles bajos de productividad. Como resultado de ello se define el foco de nuestro estudio y posteriormente se analizan las causas raíces que lo generan. Durante este capítulo se comprueban lo valiosas que son las herramientas de la calidad en los procesos de mejoramiento continuo.

3.1 Levantamiento y análisis de la Información.

Esta etapa inicia con el diseño de la herramienta a utilizar durante este período, para luego finalizar con su difusión en

una reunión con todos los involucrados en este trabajo de investigación: operadores y gerencias.

▪ **Diseño de la herramienta.**

Para el levantamiento de la información se diseña una herramienta que permita obtener los datos necesarios para realizar el análisis de la situación actual de la línea.

Como paso previo al diseño de esta herramienta, se llevó a cabo una reunión con todos los operadores y supervisores involucrados. Es así, como a través de la lluvia de ideas se logró parametrizar los principales tipos de paradas, los grupos y áreas de responsabilidad.

Tal cual como se puede apreciar en la tabla 2 las paradas “programadas” definidas son:

- Mantenimiento semanal de la línea.
Aproximadamente 8 horas semanales. Puede diferir el tiempo de un mes a otro dependiendo del Plan de Mantenimiento de los equipos y la disponibilidad de la línea.

- Cambio de formato de un SKU a otro. Toma al menos una hora.
- Limpieza de la línea. Debe ser al menos ocho horas semanales.

TABLA 2
PARADAS PROGRAMADAS

Paradas	Descripción
Programadas	Mantenimiento
	Set up
	Limpieza de la línea

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Es importante mencionar que el cambio de formato de un SKU a otro fue considerado como una parada “programada” debido a que la planta en la cual se realiza el estudio la mide dentro de otros índices de gestión, tal que le permite mejorar continuamente estos tiempos.

Por otro lado, las paradas “no programadas” fueron asignadas a cada una de las áreas de responsabilidad y fueron segregadas en dos grupos: indisponibilidades

internas y externas. Internas son aquellas que se presentan en el funcionamiento propio de los equipos y Externas, aquellas paradas que son causadas por áreas ajenas al área de envasado. Es importante mencionar que cada área podía ser responsable por más de un tipo de parada.

A continuación se describen los tipos de paradas “no programadas” definidas que se presentan en la tabla 3:

- A. Eléctrico: paradas que se generan por desperfectos del sistema eléctrico de los equipos.
- B. Mecánico: paradas que se generan por problemas de origen mecánico de los equipos.
- C. Logística: se han estratificado 3 grupos con las siguientes paradas:
 - a. Botellas.
 - Exceso de botellas no conformes: Gran cantidad de botellas con dimensiones y formas distintas a las de la planta para la línea.

- Trabamiento de botellas no conformes: botellas “no conformes” traban los transportadores.

b. Montacargas.

- Falta de envase: falta de suministro de envase a la línea de producción por lo cual los sensores detectan los vacíos en la línea y automáticamente la detienen.
- Acumulación de pallets: acumulación de pallets de producto terminado debido a que la tasa que el montacargas atiende a la línea es menor a la tasa de salida de producto.

c. Pallets.

- Pallets pequeños: pallets con dimensiones menores al estándar que generan la caída de las cajas.

D. Calidad: dentro de esta clasificación se encuentran:

- Análisis calidad: paradas por análisis de calidad adicionales del producto.
- Tapas metálicas: Inconformidades con la textura de las tapas.

- Botellas con defecto de fabricación: como su nombre lo indica, botellas fuera de especificación.

E. Utilidades: se definieron como paradas:

- Falta de CO₂: falta de suministro de CO₂ al área de envasado.
- Falta de agua: falta de suministro de este recurso al Área de Envasado.

F. Procesos: las paradas establecidas son:

- Falta de jarabe: falta de suministro de jarabe a la línea de producción.
- Falta de presión: falta de suministro de este recurso a la línea de producción.

Finalmente la “Hoja de Recogida de Datos” se estableció tal cual se lo presenta en la tabla 4 con los siguientes campos:

- Fecha y hora en la que se generó la parada.
- Tiempo que dura la parada.
- Área al que es asignada la parada.
- Equipo donde se presentó el problema.

- Descripción de la parada.
- El producto que se estaba produciendo.
- El turno de producción.

TABLA 3
PARADAS NO PROGRAMADAS

Paradas	Tipo	Área	Descripción
No Programadas	Internas	Eléctrico	Funcionamiento del equipo
		Mecánico	
	Externas	Logística	Falta de envase
			Acumulación de Pallets
			Pallets pequeños
			Exceso de botellas no conformes
			Trabamiento de botellas no conformes
		Calidad	Análisis Calidad
			Tapas metálica
			Botellas con defecto de fabricación
		Utilidades	Falta de CO2
			Falta de agua
		Procesos	Falta de jarabe
			Falta de presión

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

TABLA 4
HOJA DE RECOGIDA DE DATOS

Apuntes de Paradas de Línea

Fecha	Hora	Tiempo (min.)	Área	Equipo	Comentarios	Producto	Turno
02/05/2005	0:15:00	4	Logística	Depaletizadora	Falta de envase	A	1
02/05/2005	0:51:00	4	Calidad	Taponadora	Tapas metálica	A	1
02/05/2005	0:59:00	3	Logística	Depaletizadora	Falta de envase	A	1
02/05/2005	1:01:00	3	Logística	Depaletizadora	Falta de envase	A	1
02/05/2005	1:09:00	4	Procesos	Llenadora	Falta de jarabe	A	1
02/05/2005	1:59:00	3	Mecánica	Depaletizadora	Funcionamiento del equipo	A	1
02/05/2005	2:17:00	3	Logística	Inspector	Exceso de botellas no conformes	A	1
02/05/2005	2:25:00	1	Logística	Depaletizadora	Falta de envase	A	1
02/05/2005	2:38:00	4	Mecánica	Llenadora	Funcionamiento del equipo	A	1
02/05/2005	2:59:00	2	Logística	Paletizadora	Acumulación de Pallets	A	1
02/05/2005	3:06:00	2	Eléctrica	Videojet	Funcionamiento del equipo	A	1
02/05/2005	3:18:00	2	Logística	Llenadora	Trabamiento de botellas no conformes	A	1
02/05/2005	3:32:00	3	Procesos	Llenadora	Falta de jarabe	A	1
02/05/2005	3:47:00	3	Procesos	Llenadora	Falta de jarabe	A	1
02/05/2005	3:59:00	1	Procesos	Llenadora	Falta de presión	A	1
02/05/2005	4:05:00	3	Utilidades	Llenadora	Falta de CO2	A	1
02/05/2005	4:12:00	3	Mecánica	Encajonadora	Funcionamiento del equipo	A	1
02/05/2005	4:40:00	2	Eléctrica	Videojet	Funcionamiento del equipo	A	1
02/05/2005	4:47:00	3	Mecánica	Encajonadora	Funcionamiento del equipo	A	1
02/05/2005	4:59:00	5	Logística	Inspector	Exceso de botellas no conformes	A	1
02/05/2005	5:00:00	4	Procesos	Llenadora	Falta de jarabe	A	1
02/05/2005	5:15:00	3	Mecánica	Depaletizadora	Funcionamiento del equipo	A	1
02/05/2005	5:40:00	3	Logística	Inspector	Exceso de botellas no conformes	A	1
02/05/2005	6:00:00	1	Logística	Depaletizadora	Falta de envase	A	1
02/05/2005	6:15:00	4	Mecánica	Llenadora	Funcionamiento del equipo	A	1

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

▪ **Inicio del levantamiento de información.**

Una vez diseñada la herramienta, como inicio para este proceso, se llevó a cabo una reunión con todas las personas involucradas en este proyecto: operadores y gerencias. Gracias a esta iniciativa se pudo alcanzar los siguientes beneficios:

- Compromiso por parte de los operadores, al conocer claramente su rol y el impacto en los objetivos de este trabajo.
- Solventar dudas acerca de la herramienta a utilizar.
- Reafirmar la importancia de la veracidad de la información.

3.2 Identificación de Problemas.

El levantamiento de información fue llevado a cabo durante 5 meses, tiempo que fue definido por la Gerencia como aceptable para el desarrollo del proyecto. Durante este período se obtuvieron los resultados para cada uno de los tipos de eficiencia. A continuación se detallan las memorias de cálculo de cada uno de estos tipos de eficiencia:

A: Tiempo real

B: Tiempo de paradas planeadas

C: $A - B$. Tiempo disponible

D: Tiempo de paradas no planeadas

E: $C - D$. Tiempo de Operación

F: $E/C \rightarrow$ Eficiencia en tiempo disponible

G: Producción buena + K

H: Velocidad Teórica

I: $E \times H$. Producción Teórica

J: $G/I \rightarrow$ Eficiencia en producción

K: Producción rechazada

L: $(G - K) / G \rightarrow$ Eficiencia en calidad

Una vez revisado las eficiencias evaluadas, en la tabla 5 se presenta un resumen de los resultados.

TABLA 5
RESULTADOS DE EFICIENCIA

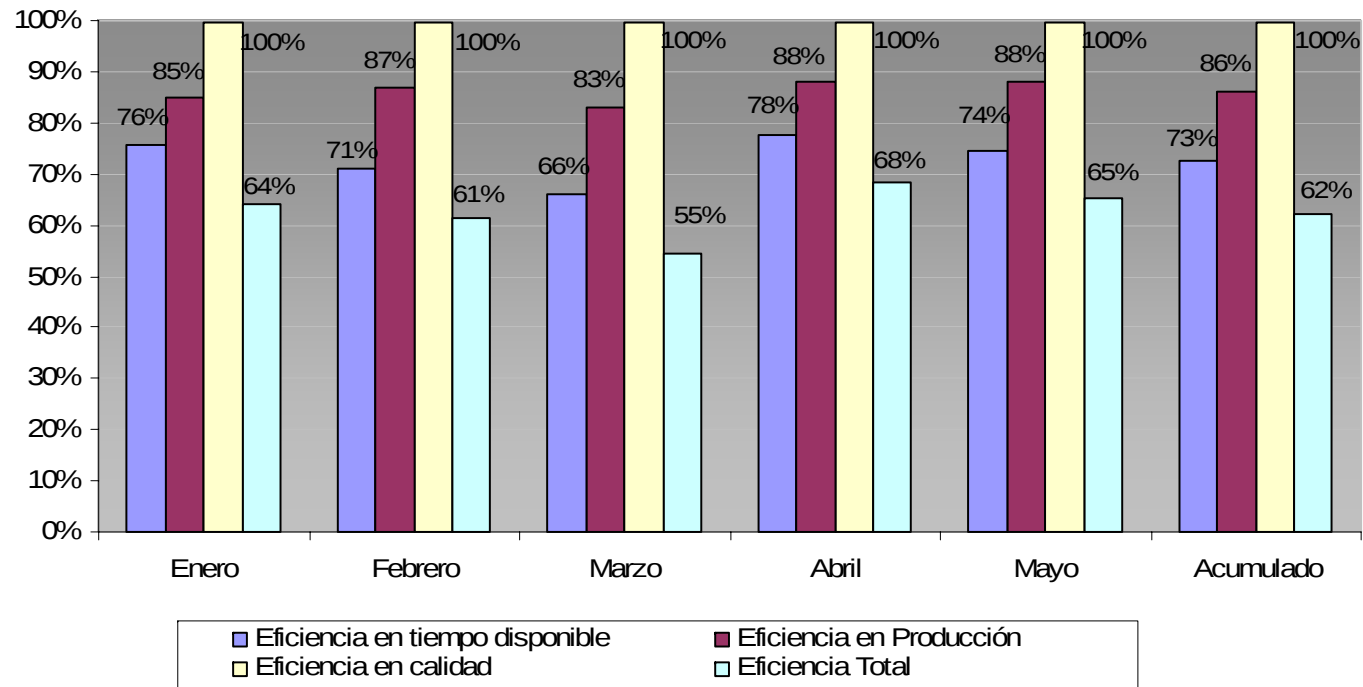
Simulador de Eficiencia Año 2005							
	Cod	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Acumulado
Tiempo real (horas)	A	429	310	352	274	257	1.623
Tiempo de paras planeadas (horas)	B	86	61	101	93	86	427
Tiempo disponible (horas)	C	344	249	251	181	171	1.196
Tiempo de paras no planeados (horas)	D	84	73	85	40	44	326
Tiempo de operación (horas)	E	260	177	165	140	127	870
Eficiencia en tiempo disponible	F	76%	71%	66%	78%	74%	73%
Producción buena + K	G	76.611	53392	47624	42876	38795	259.298
Velocidad Teórica (Hlts / hora)	H	347	347	347	347	347	347
Producción Teórica (Hlts)	I	90.131	61.370	57.379	48.722	44.086	301.688
Eficiencia en Producción	J	85%	87%	83%	88%	88%	86%
Producción rechazada	K	291	203	162	120	113	888
Eficiencia en calidad	L	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Eficiencia Total		64%	61%	55%	68%	65%	62%

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Como se puede apreciar, la “eficiencia de tiempo disponible” es la más baja y varía significativamente durante cada uno de los meses. No así, la “eficiencia de calidad” y la “eficiencia de producción” las cuales se mantienen en promedio en el 100% y el 86% respectivamente durante el tiempo de medición. Como resultado, la “eficiencia total” acumulada es del 62% y se identifican oportunidades claras de mejora en la “eficiencia de tiempo disponible”. La figura 3.1 muestra las diferencias entre cada una de las eficiencias mes por mes.

Es importante mencionar que todos los datos fueron modificados por la confidencialidad de la compañía donde se efectúa este proyecto.

FIGURA 3.1
COMPARATIVO DE EFICIENCIAS MENSUALES



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Una vez identificada la eficiencia con mayores problemas, se utiliza la información de la tabla 5 para el análisis respectivo. Como resultado de ello, se logra identificar que los tiempos de paradas no planeadas representan la disminución del 27% del tiempo disponible operativo de la línea. A continuación el detalle la memoria de cálculo:

D: Tiempo total de paradas no planeadas.

C: Tiempo disponible.

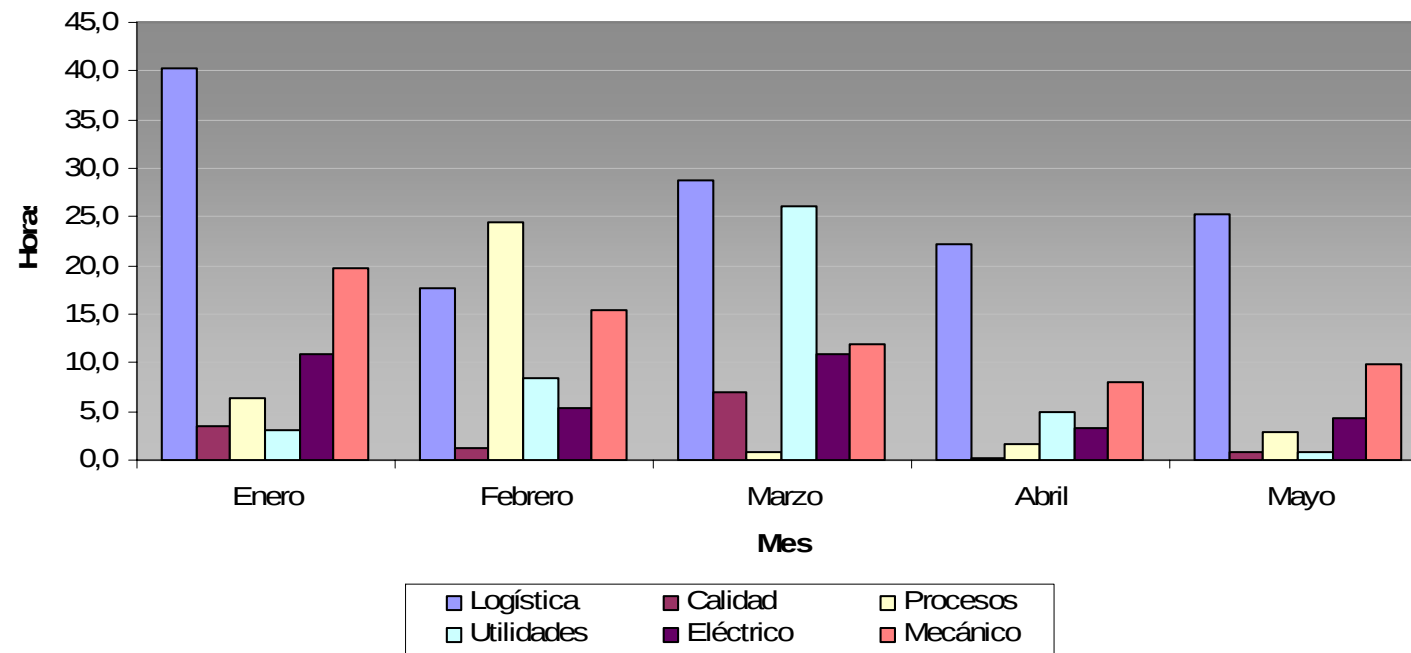
M: $(D / C) \times 100\%$

$M = (326 / 1196) \times 100\% = 27\%$

En la siguiente etapa del análisis, se revisan los tiempos de paradas no planeadas junto con sus áreas de responsabilidad. La figura 3.2 presenta un resumen de las paradas mensuales correspondientes a cada área.

Haciendo uso del Diagrama de Pareto se determina que las paradas del Área de Logística son las más significativas, debido a que se constituyen en el 41% del total de paradas no programadas acumuladas y por ende se convierten en el foco de este estudio. La figura 3.3 permite visualizar dicho diagrama.

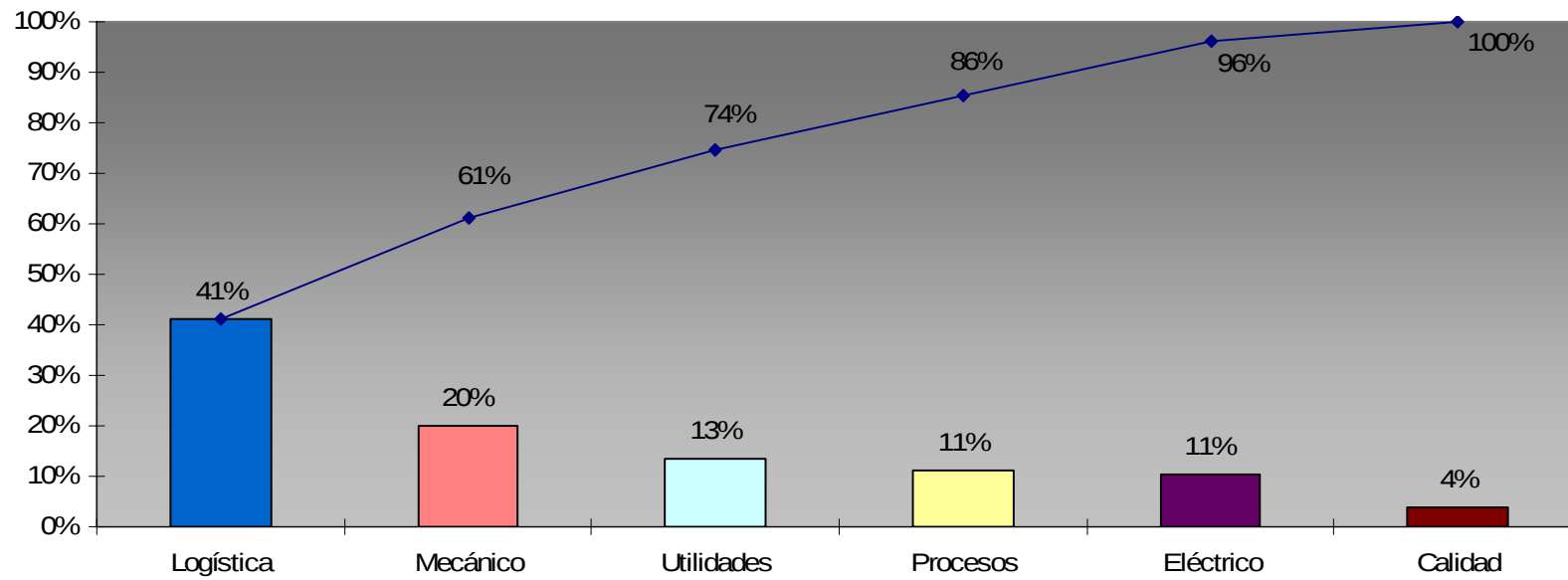
FIGURA 3.2
RESUMEN PARADAS NO PROGRAMADAS



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

FIGURA 3.3

PARETO DE PARADAS NO PROGRAMADAS



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

3.3 Análisis de las Causas.

Una vez que se ha definido el área foco de este estudio se procede a analizar en detalle la información levantada durante los cinco meses correspondientes a esta área. La tabla 6 presenta las horas de indisponibilidad logística generadas mensualmente durante este período y la tabla 7 el tiempo disponible operativo de la línea.

TABLA 6
TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD LOGISTICA

Meses	Horas
Enero	40,3
Febrero	17,7
Marzo	28,7
Abril	22,2
Mayo	25,3
Acumulado	134,4

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Para calcular el índice de indisponibilidad logística se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Indisponibilidad Logística} = (Y / C) \times 100\%$$

Donde

Y: Tiempo de paradas a causa del área de Logística

C: Tiempo disponible en horas

TABLA 7

TIEMPOS DISPONIBLES OPERATIVOS DE LA LINEA

Meses	Horas
Enero	343,7
Febrero	249,5
Marzo	250,8
Abril	180,9
Mayo	171,0
Acumulado	1195,9

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Considerando los datos de las tablas 6 y 7, el acumulado promedio del índice de indisponibilidad logística ha sido del 11,2%.

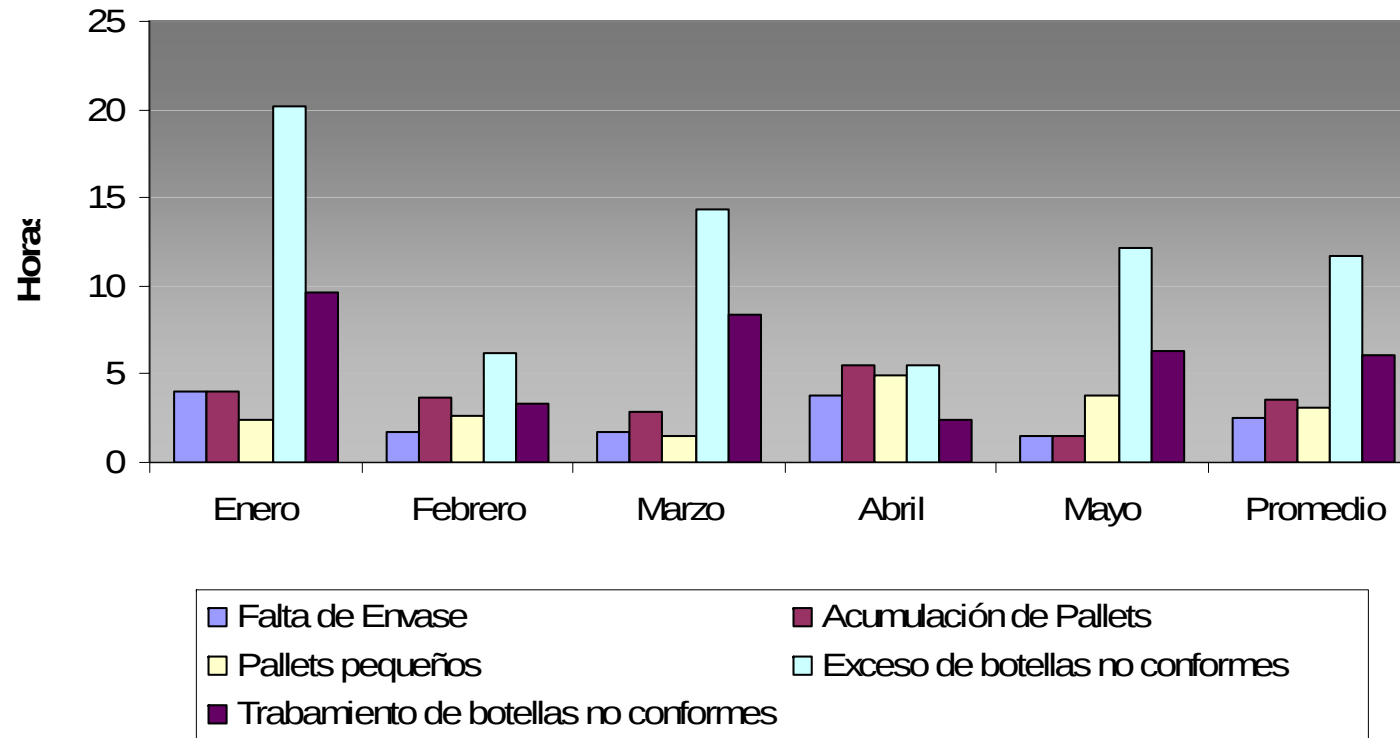
En la figura 3.4 se presentan los tiempos mensuales por tipo de paradas logísticas. Gracias a este análisis se puede constatar que las paradas de mayor impacto son las de “exceso de botellas no conformes” y “trabamiento de botellas no conformes”. Luego le siguen “la acumulación de pallets” y

finalmente están los “pallets pequeños” y “falta de envase”. Estos resultados son corroborados también por el Diagrama de Pareto que se presenta en la figura 3.5.

De acuerdo a los grupos de estratificación a las que pertenecen estas paradas, el grupo “botellas” se constituye en el 66% de la indisponibilidad acumulada, seguida por el de “montacargas” con un 23% y finalmente con un 11% el de “pallets”. La figura 3.6 presenta estos resultados mes a mes. Así mismo, en la figura 3.7 se muestra el Diagrama de Pareto resultado de este análisis.

FIGURA 3.4

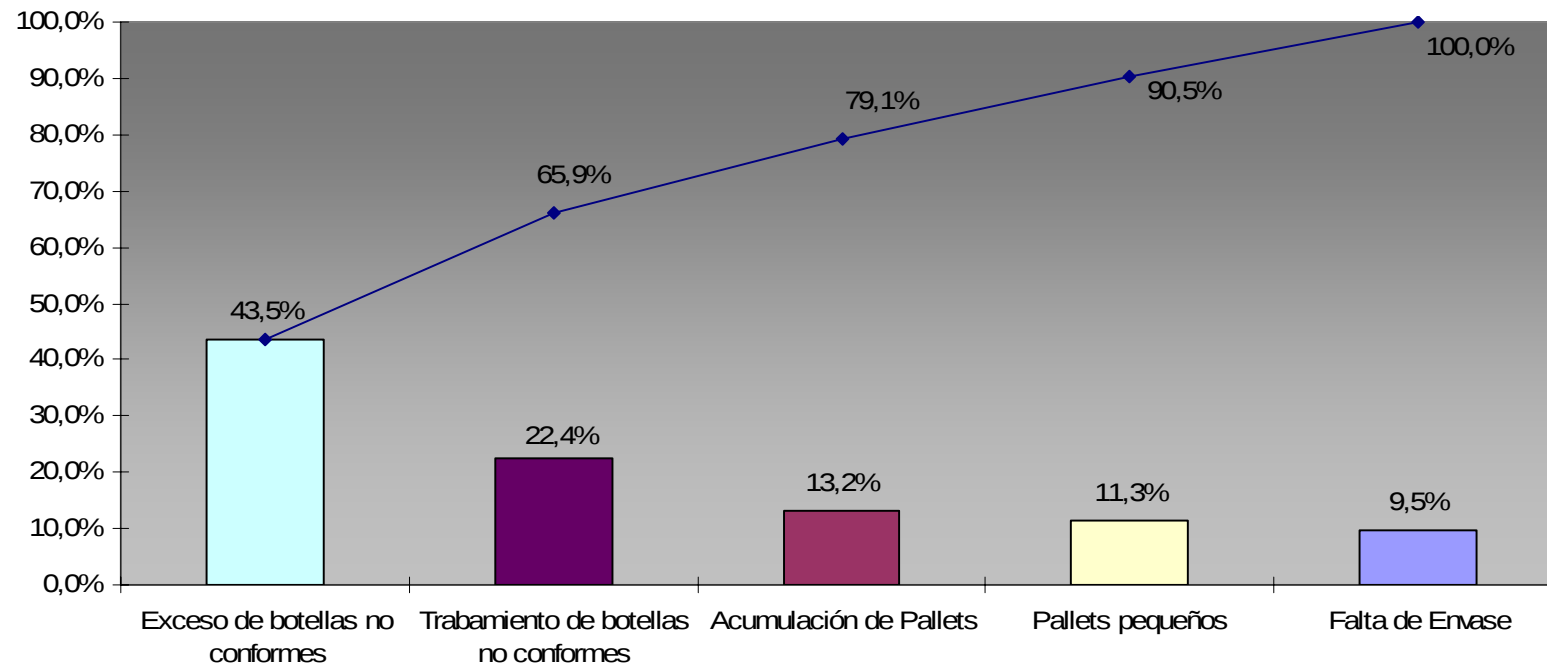
TIEMPOS DE PARADAS LOGISTICAS HISTORICAS



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

FIGURA 3.5

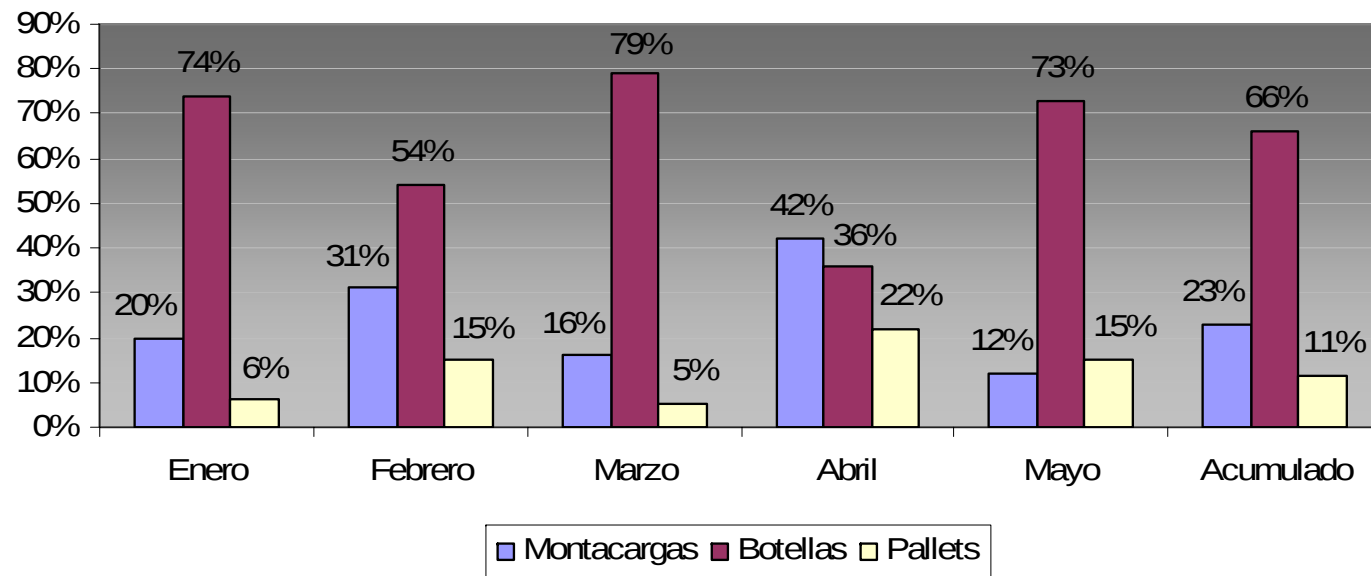
PARETO DE PARADAS LOGISTICAS HISTORICAS



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

FIGURA 3.6

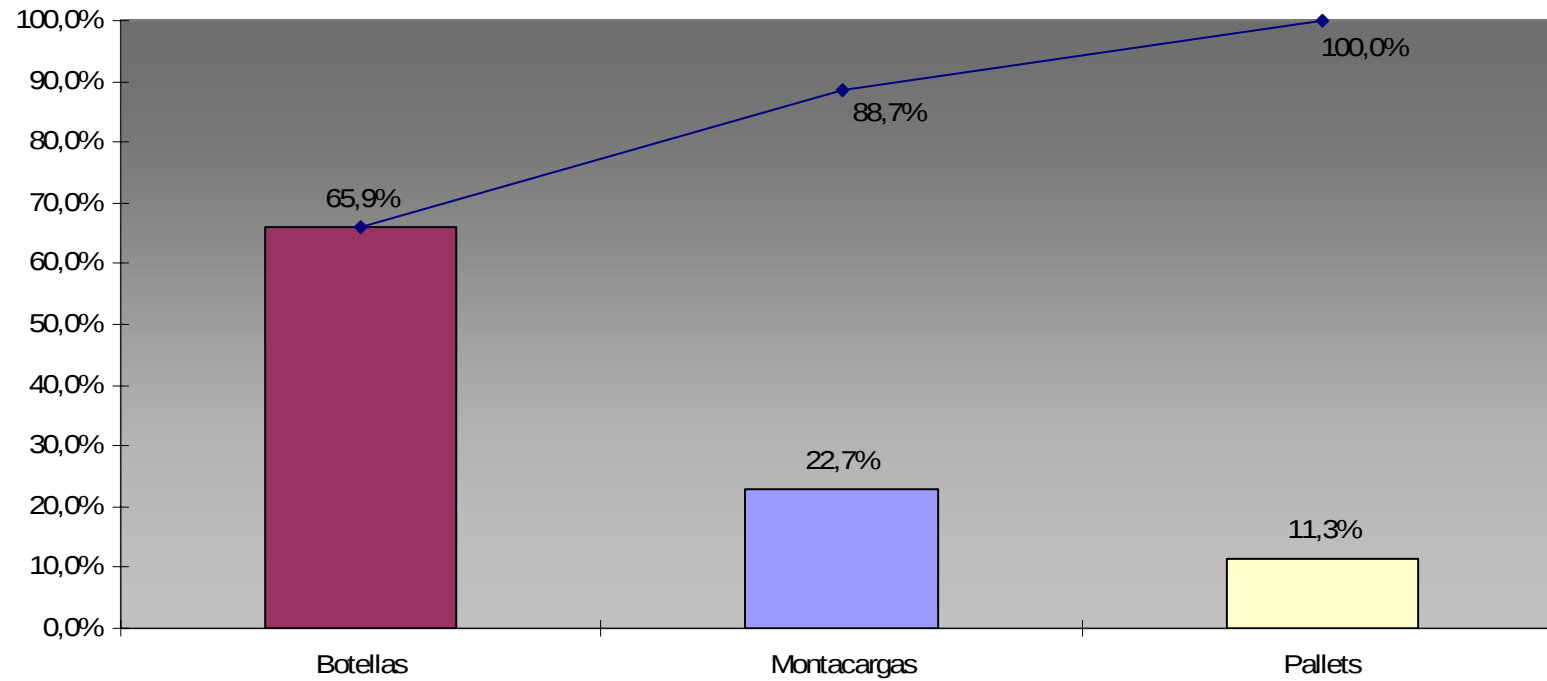
INDISPONIBILIDAD LOGISTICA POR GRUPO DE ESTRATIFICACION



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

FIGURA 3.7

PARETO DE INDISPONIBILIDAD LOGISTICA POR GRUPO DE ESTRATIFICACION



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

En base a los resultados anteriormente expuestos se analizarán las causas raíces de los grupos “botellas” y “montacargas”. Por ser la de mayor impacto, el grupo “botellas” será denominado causas “A” y por ende, el de “montacargas” causas “B”. El análisis se efectuará utilizando la herramienta de calidad diagrama “causa efecto” y para ello se considerará dentro del análisis las 6M involucradas: medio ambiente, mano de obra, maquinaria, materiales, métodos y mantenimiento.

- **Análisis de causa “A”.**

Al realizar el análisis que se muestra en la figura 3.8, se plantean diferentes causas que originan el problema de las “botellas no conformes”. A continuación se explica en detalle los resultados:

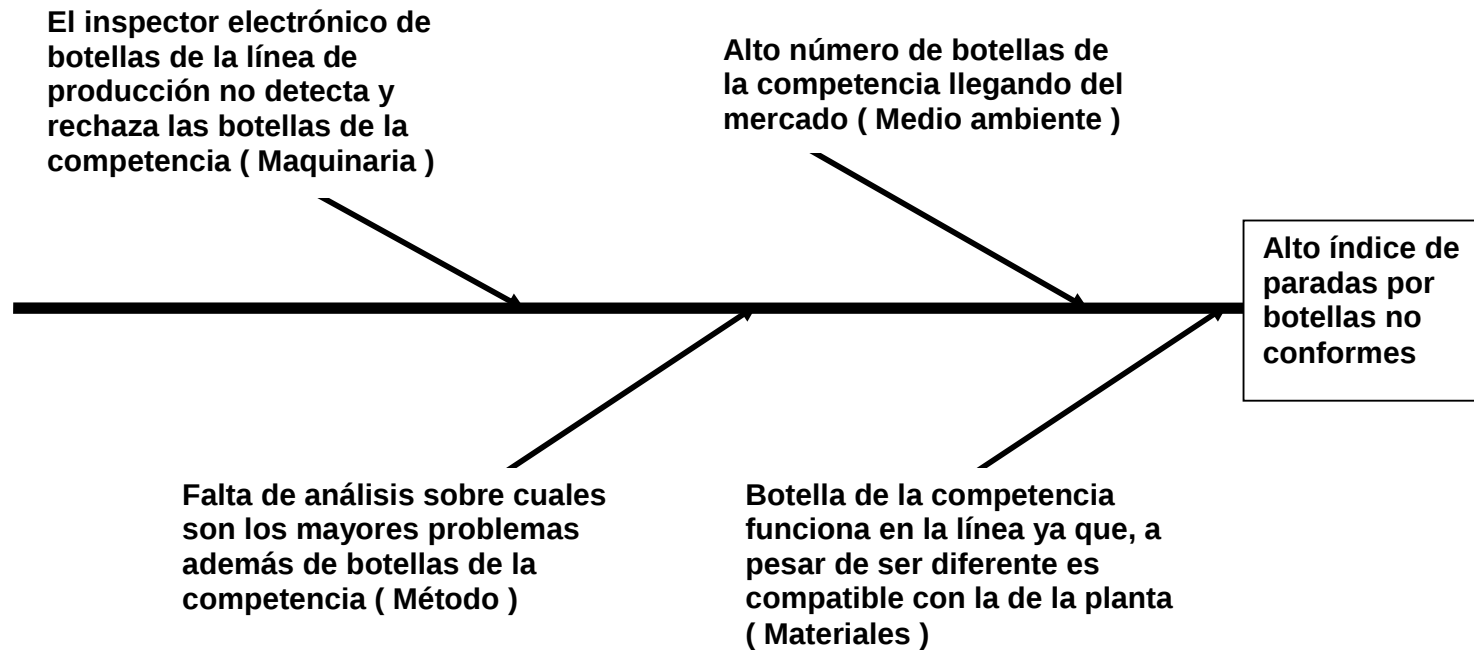
A. Medio Ambiente: Alto número de botellas de la competencia llegando del mercado. La planta en la cual se efectúa la tesis, posee el 20% de participación del mercado. Esto significa que del total de envases de cada punto de venta, aproximadamente el 80% del envase es de la competencia. Por este motivo, existe una gran

probabilidad de que cuando retornen las cajas con las botellas, exista un gran porcentaje de botellas no conformes.

- B. Maquinaria: El inspector electrónico de botellas de la línea de producción no detecta y rechaza las botellas de la competencia. Debido a este motivo se ha implementado un sistema de seguridad, el cual consiste en ajustar el último tramo del transportador de la línea de producción que conduce hasta la llenadora, de modo que las botellas con un diámetro mayor quedan trabadas antes de entrar a este equipo y éste al no detectar paso de botellas se detiene automáticamente.
- C. Materiales: Botella de la competencia funciona en la línea ya que a pesar de tener forma diferente es compatible con la de la planta. La botella de la competencia funciona en toda la línea de producción, a excepción de la entrada a la llenadora, debido a que poseen un diseño muy parecido.

D. Método: Falta de análisis sobre cuales son los mayores problemas además de botellas de la competencia. Adicional a las botellas de la competencia, existen otros problemas con las botellas que ocasionan también paradas y por no haber hecho ningún levantamiento adicional de información no han sido tratadas.

FIGURA 3.8
DIAGRAMA DE ANÁLISIS CAUSA-EFECTO CAUSAS “A”



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Una vez realizado este detalle se procede a priorizar las causas a ser analizadas gracias a la utilización de una “matriz de priorización”. Para ello se definieron tópicos a medir junto con una escala de calificación. A continuación el detalle:

A. Rapidez.- Tiempo que tomaría solucionar.

5: De 0 hasta 2 semanas

3: De 2 semanas hasta 1 mes

1: Plazo mayor que 1 mes

B. Autonomía.- De cuántas áreas depende la solución.

5: Depende solamente de Logística

3: Depende de Logística más Producción

1: Depende de más de 3 áreas o acciones externas a la Planta.

C. Beneficio.- Con la solución de una causa se solucionan también otras.

5: Resuelve 2 o más causas

3: Resuelve esta causa

1: Ayuda, pero no resuelve la causa

Posteriormente se procede a analizar las causas en detalle. La tabla 8 presenta los resultados y de acuerdo a esto, las causas 1 y 2 deben ser tratadas con profundidad, debido a que poseen un puntaje mayor o igual a 11 puntos.

TABLA 8
MATRIZ DE PRIORIZACION CAUSAS “A”

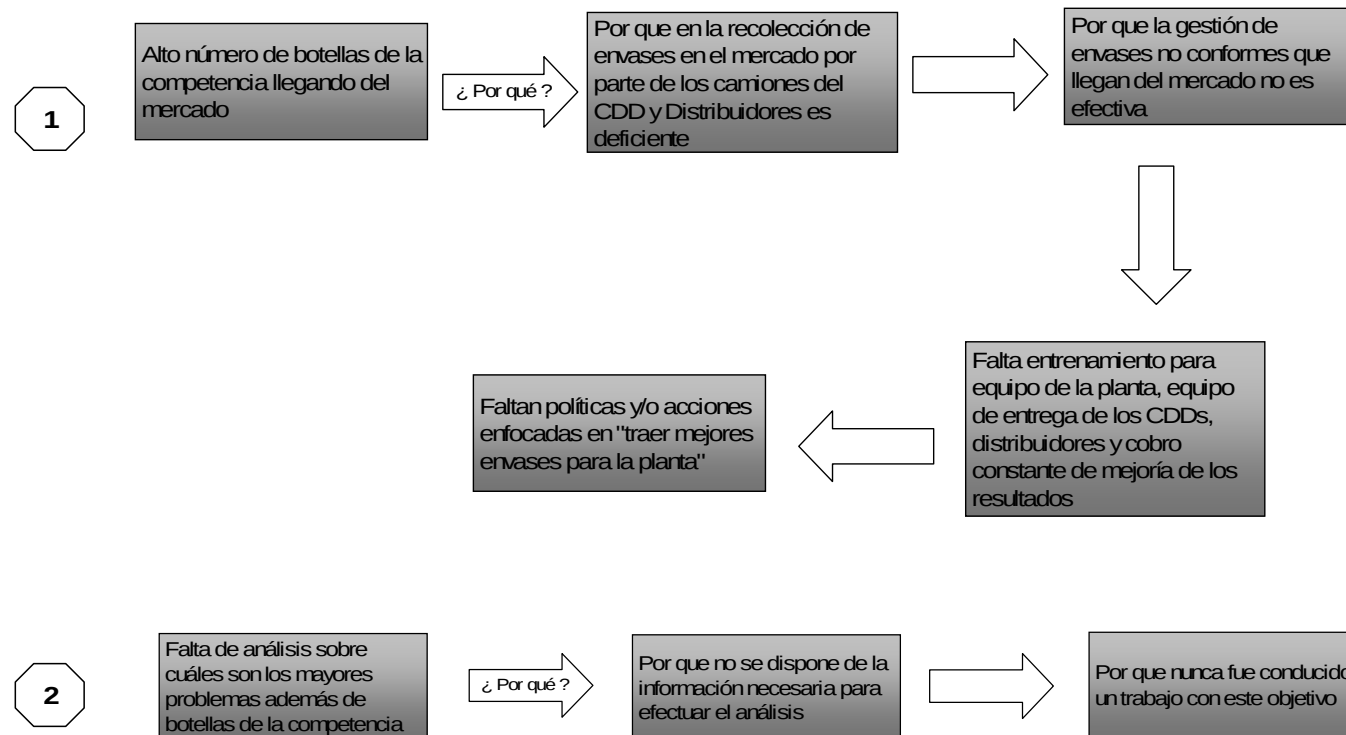
Causa influyente	Rapidez	Autonomía	Beneficio	TOTAL
Alto número de botellas de la competencia llegando del mercado	5	5	3	13
Falta de análisis sobre cuales son los mayores problemas además de botellas de la competencia	3	5	3	11
El inspector electrónico de botellas de la línea de producción no detecta y rechaza las botellas de la competencia	1	3	3	7
Botella de la competencia funciona en la línea ya que, a pesar de ser diferente, es compatible con la nuestra	1	1	3	5

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Para analizar en detalle las causas priorizadas se utilizará la herramienta denominada “5 porqués” de Ishikawa. En la figura 3.9 se presenta la aplicación de esta herramienta a la causas priorizadas, 1 y 2. De acuerdo a este análisis la causa 1, “alto número de botellas de la competencia llegando del mercado”, es generada por la falta de una rutina enfocada a traer mejores envases para la planta.

De la misma manera, se analiza a la causa 2, “falta de análisis sobre cuáles son los mayores problemas además de botellas de la competencia”. Como resultado de este análisis se identifica que la causa raíz que genera este problema es la no conducción de un trabajo con este objetivo.

FIGURA 3.9
5 PORQUES CAUSAS “A” PRIORIZADAS



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

- **Análisis de causa “B”.**

Al realizar el análisis que muestra la figura 3.10, se plantean las diferentes causas que originan el problema de los “montacargas”.

A continuación se explica en detalle cada una de ellas:

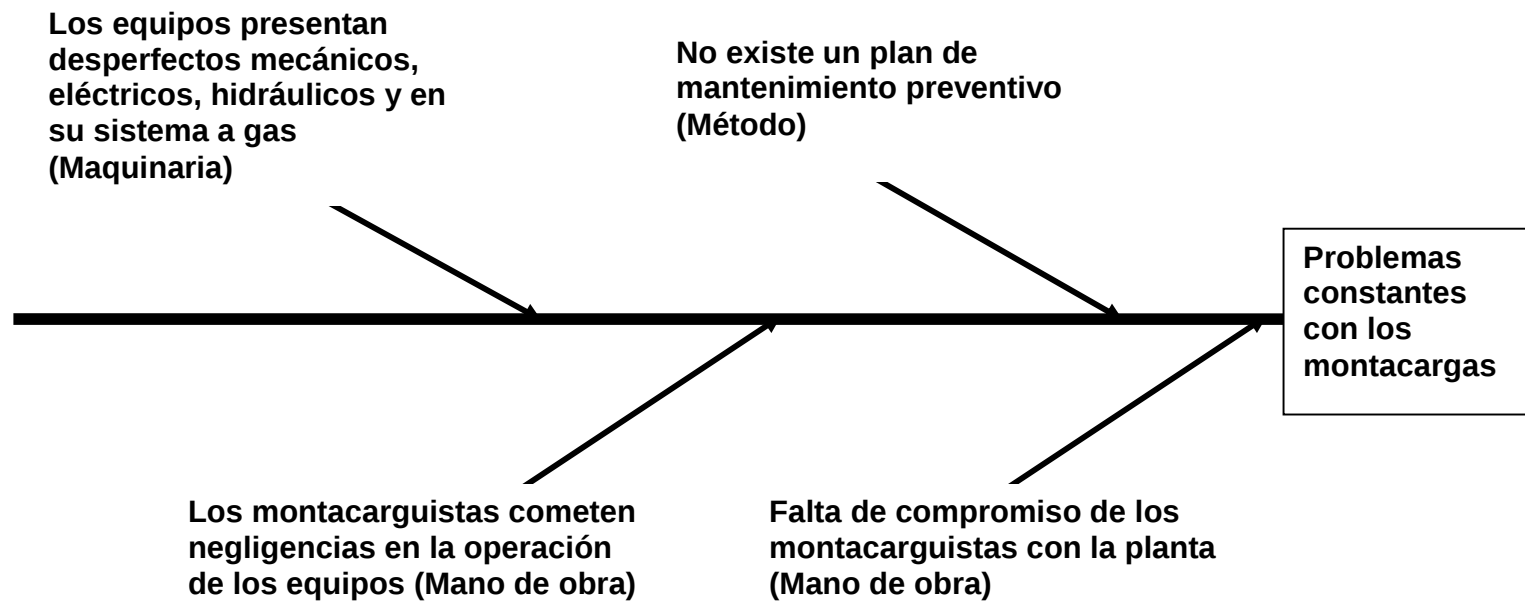
- A. Método: No existe un plan de mantenimiento preventivo para los montacargas. Se corrigen los problemas una vez que ocurren. Debido a este motivo se presentan muchos desperfectos con los equipos.
- B. Maquinaria: Los equipos presentan desperfectos mecánicos, eléctricos, hidráulicos y en su sistema a gas. Actualmente los montacargas están a cargo de personal no calificado, por lo cual no se ha hecho un análisis preciso de los fallos en los equipos para efectuar el mantenimiento correctivo que necesitan.
- C. Mano de Obra: Los montacarguistas cometen negligencias en la operación de los equipos. Los operadores nunca han sido entrenados en el manejo y el mantenimiento básico de los montacargas, por lo cual, actualmente ocurren

desperfectos en los equipos que podrían haber sido evitados fácilmente.

- D. Mano de Obra: Falta de compromiso de los montacarguistas con la planta. Los montacarguistas se encuentran desmotivados, por lo que no existe compromiso alguno con la planta. En la realidad nunca han sido considerados por la dirección como parte importante de los resultados alcanzados. Por este motivo, no son tomados en cuenta en las reuniones y por ende no son partícipes de las soluciones propuestas.

Una vez realizado este detalle se procede a priorizar las causas a ser analizadas gracias a la utilización de la “matriz de priorización” usada para analizar las causas A. La tabla 9 presenta los resultados de este análisis.

FIGURA 3.10
DIAGRAMA DE ANÁLISIS CAUSA-EFECTO CAUSAS “B”



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

TABLA 9
MATRIZ DE PRIORIZACION CAUSAS “B”

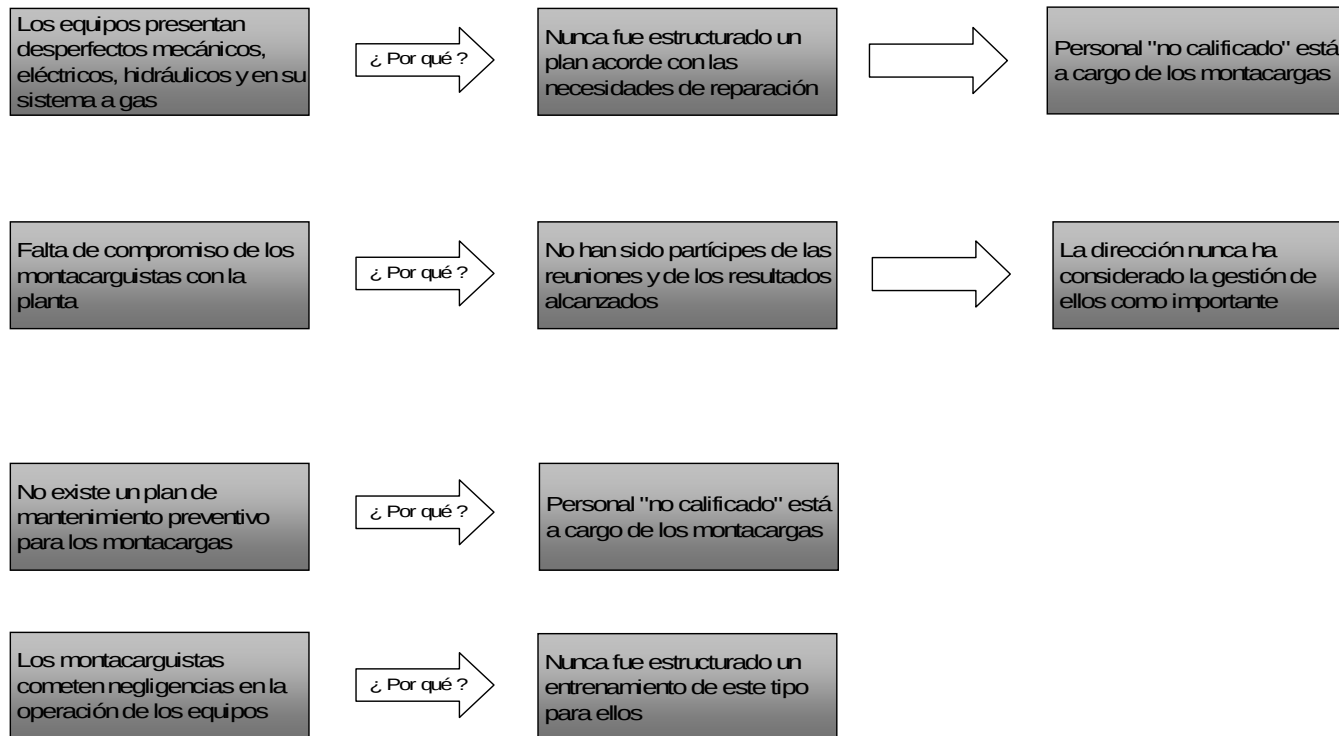
Causa influyente	Rapidez	Autonomía	Beneficio	TOTAL
Los equipos presentan desperfectos mecánicos, eléctricos, hidráulicos y en su sistema a gas.	5	5	3	13
No existe un plan de mantenimiento preventivo para los montacargas	3	5	3	11
Los montacarguistas cometen negligencias en la operación de los equipos	3	5	3	11
Falta de compromiso de los montacarguistas con la planta	3	5	3	11

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

En virtud de los resultados expuestos, todas las causas tienen igual o mayor puntaje a 11 puntos. Por este motivo se analizará en detalle todas ellas utilizando la herramienta de los “5 porqués” de Ishikawa. La figura 3.11 muestra el análisis de todas las causas. Como resultado de este análisis se han identificado varias causas raíces que serán tratadas en el capítulo siguiente con el objetivo de ser solucionadas.

FIGURA 3.11

5 PORQUES CAUSAS "B" PRIORIZADAS



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

CAPITULO 4

1. IMPLANTACION DE MEJORAS

En este capítulo se presentan las soluciones a aquellos problemas que se identificaron en el capítulo anterior. En la primera sección se describen y se desarrollan cada una de las soluciones, definiendo así todos los recursos, el alcance y los responsables por su gestión. Posteriormente se analiza la factibilidad de las mismas tomando como base la inversión que se necesitaría. Finalmente se muestran los resultados obtenidos de esta tesis dentro de los meses sucesivos.

4.1 Descripción y desarrollo de las soluciones propuestas.

Las soluciones propuestas en esta tesis son el resultado del análisis que se efectuó en el capítulo anterior. Mediante estas iniciativas se buscará la reducción del tiempo de paradas a

causa del área de Logística. A continuación el desarrollo de las mismas.

- **Sistema de Gestión enfocado a traer mejores envases a la planta**

Para solventar el problema del envase “no conforme” que regresa del mercado, se diseñó un sistema de gestión capaz de controlar y reducir el número de botellas de este tipo que ingresan a la línea de producción. Este control se compone de diferentes partes y es necesario entender cada una de ellas para comprender como funciona. El resultado de este trabajo es un manual denominado “Proceso de Control de Envases”. A continuación se revisará en detalle cada una de las partes.

Objeto

El “Proceso de Control de envases” tiene como objeto garantizar los mejores envases para la línea de producción.

Alcance

Este proceso es aplicable a todos los clientes que visitan la planta con la necesidad de descargar envase y comprende desde la recepción del camión hasta la cancelación de las botellas “no conformes”.

Políticas

- Todos los camiones que visiten la planta les serán inspeccionados el 10% del total del envase que traigan.
- El Auxiliar de Turno deberá definir aleatoriamente el envase a ser inspeccionado por los ayudantes de bodega.
- El cliente deberá presenciar la inspección de las botellas efectuada por los ayudantes de bodega.
- El Auxiliar de Turno, el Supervisor de Bodega y el cliente deberán firmar el “acta de inspección de envase” por mutuo acuerdo.
- El porcentaje de botellas “no conformes” de la muestra será utilizada para determinar el total de envases “no conformes” traídos por cada camión, a través de la memoria de cálculo definida en el manual.

- El total de botellas “no conformes” calculado será facturado al cliente.
- Ningún cliente podrá salir de la planta sin haber cancelado previamente las botellas “no conformes” resultado de la inspección.

Responsabilidades

Auxiliar de Turno

- Determinar aleatoriamente los envases a ser inspeccionados, considerando siempre el tamaño de la muestra como el 10% del total del envase del camión.
- Registrar en el “acta de inspección de envase” el detalle de la clasificación efectuada y el porcentaje de botellas “no conformes”.
- Hacer firmar al chofer y al Supervisor de Bodega el “acta de inspección de envase”.
- Determinar el total de botellas “no conformes” traídas por el camión de acuerdo a la memoria de cálculo establecida en el manual.

- Archivar la copia del “acta de inspección de envase” firmada por el cliente y el Supervisor.

Ayudantes de Bodega

- Inspeccionar el envase determinado como muestra.

Cliente

- Firmar el “acta de inspección de envase”.
- Presenciar la inspección de los envases.
- Cancelar las botellas “no conformes” definidas.

Facturador

- Verificar las firmas del “acta de inspección de envase” de acuerdo al “check de firmas”.
- Notificar al Supervisor de Bodega en caso de anomalías.
- Sellar y firmar las facturas una vez que el cliente ha cancelado los valores correspondientes.

Montacarguista

- Descargar el envase del camión.

- Colocar las cajas cuyo envase será inspeccionado en el área respectiva.

Supervisor de Bodega

- Firmar el “acta de inspección de envase” previa revisión.

Definiciones

Acta de inspección de envase.- Documento en el cual se registra el resultado de la inspección de envase y el total de envase “no conforme” a ser cobrado al cliente.

Botellas (envases) “no conformes”.- Botellas con las siguientes características: botellas con pico roto, botellas de la competencia, botellas con cemento y/o pintura, botellas con objetos extraños y botellas “faltantes”.

Botellas (envases) “faltantes”.- Botellas que no se encontraron dentro de las cajas segregadas para la inspección. Por ejemplo, si cada caja es de 12 botellas,

entonces se deberían revisar 12, si falta una, esta es considerada como botella “faltante”.

Check de Firmas.- Documento en el cual se detallan todas las firmas de los Auxiliares de Turno junto con la del Supervisor de Bodega.

Proceso

El procedimiento definido es el siguiente:

1. El camión llega a la Bodega y es recibido por el Auxiliar de Turno.
2. El Auxiliar solicita la guía de remisión al cliente y procede a calcular el 10% del total de envase que trae el camión.
3. El Auxiliar indica a los montacarguistas que cajas son las que deben de ser segregadas a fin de inspeccionar su envase.
4. Los montacarguistas colocan las cajas señaladas en el área de inspección.

5. Las botellas de las cajas segregadas son revisadas minuciosamente por los ayudantes de Bodega, clasificándolo en los siguientes grupos:
 - a. Botellas con pico roto.
 - b. Botellas de la competencia.
 - c. Botellas con pintura y/o con cemento.
 - d. Botellas con objetos extraños dentro.
 - e. Botellas “faltantes”.
6. Una vez terminada la inspección, el Auxiliar de Turno ingresa los resultados en el “acta de inspección de envase” en Excel, la cual es presentada en el apéndice A.
7. El Auxiliar de Turno imprime el “acta de inspección de envase” (original y copia) y procede a firmarla.
8. El cliente y el Supervisor de Bodega revisan y firman el “acta de inspección de envase”.
9. El Auxiliar de Turno archiva la copia y entrega el original al cliente.
10. El cliente se acerca a Facturación.
11. El facturador solicita al cliente el “acta de inspección de envase” y procede a verificar las firmas de

acuerdo al “check de firmas”. En caso de anomalías notifica al Supervisor de Bodega.

12. El facturador procede a generar las facturas (original y 2 copias) detallando el total del envase “no conforme” establecido en el “acta de inspección de envase” junto con el producto que desea cargar el cliente.
13. El cliente cancela y firma las facturas.
14. El facturador:
 - Sella y firma las facturas canceladas.
 - Entrega la factura original y 1 copia al cliente.
 - Archiva la copia de la factura.

El “acta de inspección de envase” en Excel está parametrizada de tal manera que al ingresar los datos de la clasificación efectuada por los ayudantes, calcula automáticamente el total de envases a ser cobrado al cliente. En la etapa inicial, esta planilla de Excel calcula el porcentaje de botellas “no conformes” de la muestra de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$N = (O / P) \times 100\%$$

Donde:

N = Porcentaje de botellas “no conformes”

O = Total de botellas “no conformes” obtenida en la muestra.

P = Tamaño de la muestra en botellas

Finalmente la memoria de cálculo que se utiliza para determinar el envase “no conforme” a ser cobrado es:

$$Q = R \times S$$

Donde:

Q = Total de envase “no conforme” a ser cobrado al cliente.

R = Porcentaje de botellas “no conformes” de la muestra.

S = Total de envase que trae el camión.

La figura 4.1 presenta el diagrama de flujo de todo el proceso descrito.

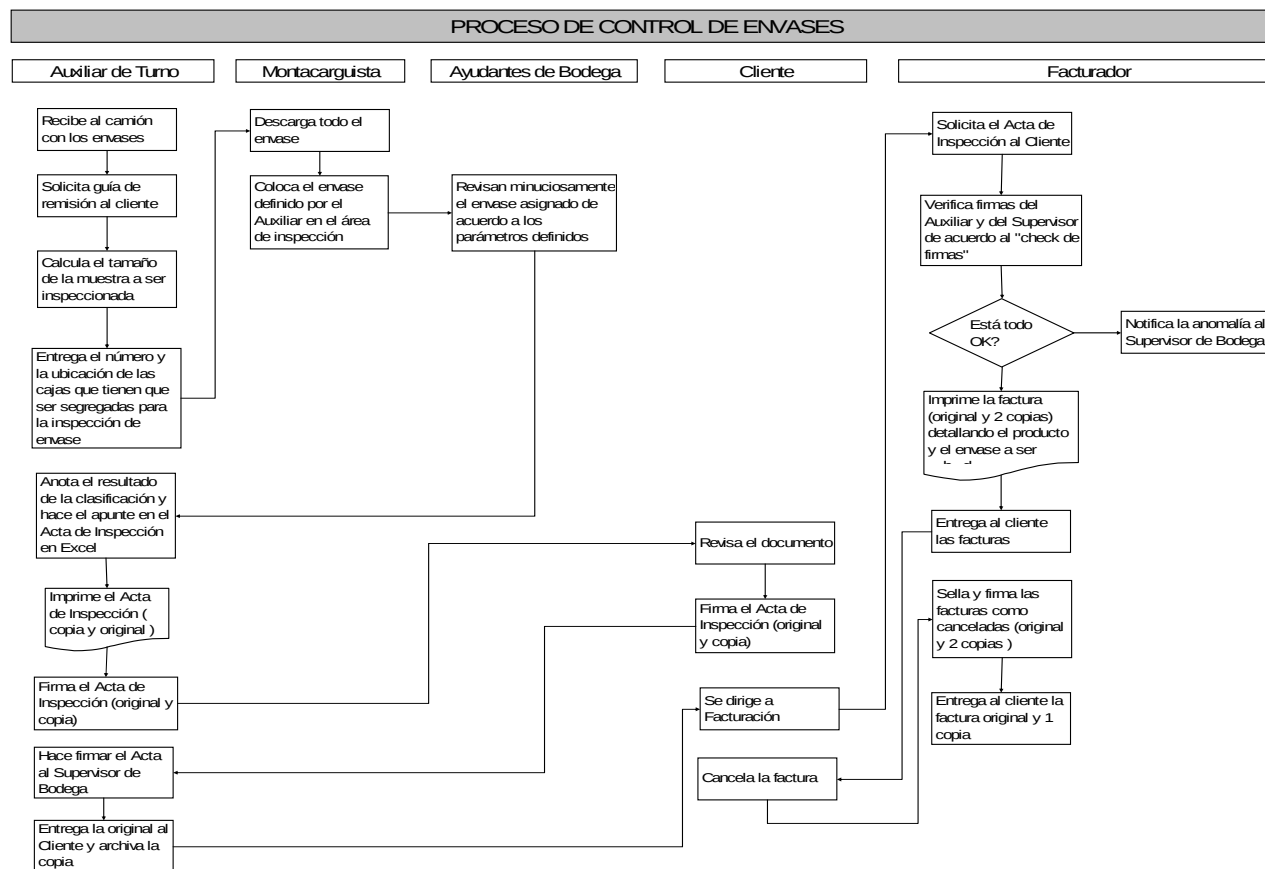
Documentación

Los documentos a ser requeridos durante este proceso son:

- Acta de Inspección de envase. En el apéndice A se presenta un modelo de acta.
- Guía de remisión.

Una vez definido el procedimiento, se costean los recursos que se necesitarían para su implantación. En este caso, era necesario determinar si el número actual de ayudantes con los que se contaba en el área era suficiente para implementar el proceso. Gracias a la redistribución del equipo de ayudantes en los distintos turnos de trabajo, la necesidad de ayudantes adicionales fue cero, por lo cual se garantiza la implementación de este sistema de control.

FIGURA 4.1
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CONTROL DE ENVASES



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

▪ **Análisis rutinario de la gestión de mejores envases.**

Para garantizar mejores envases para la línea de producción no es suficiente el manual definido y su aplicación, por lo que se procedió a definir una rutina de análisis para identificar posibles amenazas en el futuro y así definir acciones apropiadas para contrarrestarlos.

La rutina definida es sencilla y consiste en utilizar la información registrada en cada “acta de inspección de envase”. El procedimiento es el siguiente:

1. El Auxiliar de Turno registrará diariamente la información de cada “acta de inspección de envase” en una base de datos creada en Excel.
2. El Supervisor de Bodega generará un reporte de resultados semanalmente y efectuará su análisis.
3. Todos los lunes el Supervisor de Bodega presentará la información del reporte (correspondiente a la semana pasada) a todo el personal involucrado en una reunión. En base a ello se definirán acciones preventivas y correctivas.

4. Todos los martes el Supervisor de Bodega enviará este reporte vía mail a todos los clientes, de tal manera, ellos puedan analizar también esta información y sepan en que deben de concentrarse para evitar ser cobrados.

El costo de implantación de esta rutina de gestión es cero, debido a que el personal actual puede cumplir con las tareas que la conforman.

- **Identificación de los principales problemas de los montacargas**

Los montacargas que posee la planta han carecido de un plan de mantenimiento preventivo, por lo cual, la frecuencia con la cual se han producido los daños y la diversidad de problemas ha sido alta. Es por esta razón, que una de las acciones definidas en el capítulo anterior fue el levantamiento de todos los daños que poseen los montacargas.

Para llevar a cabo esta acción, se identificó el foco del mantenimiento correctivo para garantizar el funcionamiento adecuado de los equipos. Es así como se decidió aperturar un concurso de licitación. Muchos proveedores ofrecieron sus servicios y mapearon todas las necesidades de los montacargas. Previamente, estos proveedores fueron calificados de acuerdo a una serie de factores que buscaban garantizar la correcta selección de una mano de obra calificada, competente.

Dentro del análisis de los montacargas se evaluaron los sistemas a gas, hidráulico, eléctrico y el estado de los motores. Como resultado de ello, a continuación se detallan las partes que necesitan ser reparadas o cambiadas en todos los montacargas:

- A. Cambio de Kit de Empaquetadura de mando Hidráulico.
- B. Cambio de convertidor de gas. Esto incluye:
 - Reparación de 7 gatos hidráulicos.
 - Limpieza general del Sistema Hidráulico.

- Cambio de retenedores, centradores y pistones de elevación.
- C. Cambio de gatos de empuje de derecha a izquierda.
- D. Reparación del sistema eléctrico.
- E. Reparación de motor.

Considerando todos los factores de evaluación dentro del concurso de licitación, la mejor oferta para efectuar esta reparación fue de \$ 4000. El plazo en el cual el proveedor seleccionado efectuaría este trabajo sería de 3 semanas, tiempo en el cual los montacargas serían reparados garantizando las necesidades de todos los clientes internos.

▪ **Desarrollo de un programa de Mantenimiento Preventivo**

Dentro del concurso de licitación para la reparación de los montacargas, se incluyó la cotización de un mantenimiento preventivo acorde a la realidad de los equipos. El objetivo de esto fue aprovechar las ventajas de trabajar con un mismo proveedor y así reducir costos, ganar flexibilidad y

ahorrar tiempo. Es así, como el proveedor seleccionado para esta tarea es el mismo que efectuaría el mantenimiento correctivo de los montacargas. Es importante mencionar que los montacargas tienen ya 7 años de vida, por lo que el mantenimiento se torna más complejo de lo normal.

En la figura 4.2 se detalla parte de este plan. Por motivos de confidencialidad, la planta en estudio no permitió presentar el plan completo.

El costo del mantenimiento preventivo detallado para los tres montacargas sería de \$ 800 al mes, dentro del cual se incluyó la mano de obra y los materiales.

FIGURA 4.2

PLAN MANTENIMIENTO PREVENTIVO MONTACARGAS

Cronograma de Mantenimiento Preventivo de Montacargas

Proveedor

El proveedor se compromete a mantener una disponibilidad mínima de 100% de los montacargas

	Periodicidad	MTC 1	MTC 2	MTC 3
Horímetros				
Lubricaciones y lavados: 2 horas cada 100 horas de uso				
Chequeos	___/___/___			
Frenos individuales	___/___/___			
Sistema hidráulico	___/___/___			
Engrasado de Rulimanes	___/___/___			
Engrasado de Pines y Bocines	___/___/___			
Hota Inicio				
Hora Final				
Mantenimiento preventivo: 4 horas cada 100 horas de uso				
Cambio de aceite motor	Quincenal			
Incluye: Motor y Filtro (3)	___/___/___			
Marca Golden Bear				
Cambio de aceite caja de transmisión	Quincenal			
Marca Golden Bear, Espesor 140	___/___/___			
Cambio de aceite caja hidromática	Quincenal			
Marca Castrol, Tipo 10	___/___/___			
Cambio de aceite motor	Quincenal			
Incluye: Motor y Filtro (3)	___/___/___			
Marca Golden Bear				
Cambios de filtros caja hidromática	Cada 50 Hrs			
6 filtros por MTC	___/___/___			
Cambio de filtros de taque principal hidráulico y de elevación	Quincenal			
Seguridad de mecanismos	___/___/___			
Hota Inicio				
Hora Final				
Revisión completa: 6 horas cada 2000 horas de uso				
ABC completo de motor				
Revisión de Sistema Hidráulico				
Revisión de Sistema Eléctrico				
Revisión Convertidores de gas y valvulas				
Revisión d efugas de mangueras				
Hota Inicio				
Hora Final				
Comentarios:				

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

- **Creación de un Programa de Incentivos para Montacarguistas / Auxiliares**

Para fomentar el “compromiso” de los montacarguistas y auxiliares hacia con la planta, se desarrolló un programa de incentivos alineado a los objetivos de este proyecto. El programa de incentivos consiste en premiar al mejor montacarguista y al mejor auxiliar del mes, de acuerdo a los índices de indisponibilidad de Logística acumulados en el mes. Los premios son simbólicos y buscan compensar emocionalmente a los operadores. A continuación las medidas definidas como parte del programa:

- A. El Área de Logística debe haber llegado a la meta mensual definida, de lo contrario no habrá designación del mejor montacarguista y mejor auxiliar.
- B. El mejor montacarguista será la persona que haya logrado el mejor índice de indisponibilidad por montacargas entre todos los operadores.

- C. El mejor auxiliar será la persona que haya logrado el mejor índice de indisponibilidad dentro de los turnos de su gestión durante el mes.
- D. Las fotos del mejor montacarguista y del mejor auxiliar del mes serán colocadas en el mural de información del Área de Bodega, recibiendo así el reconocimiento de toda el área.
- E. Entre el mejor montacarguista y el mejor auxiliar se sorteará una cena para dos personas en un restaurante de la ciudad. Durante los meses subsiguientes se otorgarán premios similares que no sobrepasen los \$20.

- **Entrenamiento básico para Montacarguistas**

Otra de las falencias identificadas gracias a este trabajo de investigación fue la falta de un entrenamiento básico para los montacarguistas. Esta necesidad también se incluyó dentro del concurso de licitación de proveedores para la reparación de los montacargas y para la definición y ejecución del plan de mantenimiento preventivo. Todos los

proveedores ofrecieron este entrenamiento gratis en caso de que sean los ganadores del concurso de licitación.

Por pedido de la planta donde se lleva a cabo este proyecto, no se permitió presentar el detalle de este entrenamiento. A continuación sólo se mencionaran los puntos tratados dentro de este:

- A. Condiciones de Seguridad: Inspección inicial del equipo antes de su utilización, como chequeo de luces, bocina, fugas de gas, utilización de los equipos de seguridad.
- B. Tránsito de Montacargas: Buenas prácticas en el tránsito, por ejemplo, respetar las señalizaciones, velocidad menor a 15 km/hora, entre otras cosas.
- C. Mantenimiento básico: El papel del operador de montacargas dentro de la rutina básica de verificación de los equipos y del cumplimiento de su mantenimiento básico, como cambio de aceite, surtido apropiado de enfriador, colocación de agua en el radiador, entre otras cosas.

4.2 Análisis y factibilidad de la inversión.

Una vez planteada las acciones, se procede a efectuar el análisis costo beneficio de las mismas. Para valorizar los beneficios se consideraron los siguientes datos como base:

- Una producción de 50.000 Hlts mensuales, ya que es la cantidad de ventas mensuales promedio de los próximos seis meses.
- Las acciones planteadas buscan la reducción del 89% del tiempo de paradas logísticas, sin embargo, para este análisis se consideró que el 60% de este 89% se reduciría, debido a que este es el escenario más pesimista. En base a esto, el tiempo de paradas logísticas sería aproximadamente 11.84 horas mensuales.
- De acuerdo al histórico, se consideraron los tiempos mensuales promedio de las paradas no planeadas que son de responsabilidad de otras áreas. De igual forma con las planeadas.

La tabla 10 presenta el detalle con los datos anteriormente mencionados. Como se puede observar, la eficiencia total de la

línea se incrementaría a 71% como promedio, es decir, la línea ganaría un 9% más de eficiencia considerando el 62% de eficiencia histórico promedio.

TABLA 10
EFICIENCIA PROYECTADA

Simulador de Eficiencia (año 2005)		
	Cod	Julio
Tiempo real (horas)	A	288
Tiempo de paras planeadas (horas)	B	85,4
Tiempo disponible (horas)	C	203
Tiempo de paras no planeados (horas)	D	40,9
Tiempo de operación (horas)	E	162
Eficiencia en tiempo disponible	F	80%
Producción buena + K	G	50.000
Velocidad Teórica (Hlts / hora)	H	347
Producción Teórica (Hlts)	I	56.095
Eficiencia en Producción	J	89%
Producción rechazada	K	165
Eficiencia en calidad	L	100%
Eficiencia Total		71%

Paradas Programadas (hrs)	85,4
Mantenimiento	48,7
Set up	11,5
Limpieza de la línea	25,2
Paradas No Programadas (hrs)	40,9
Logística	11,8
Calidad	2,6
Procesos	1,7
Utilidades	8,7
Eléctrico	6,1
Mecánico	10,0

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Este incremento de eficiencia se traduciría en un menor número de turnos de producción para garantizar la producción mensual promedio y por ende, menores costos de producción. La tabla 11 presenta el ahorro de turnos de producción mensuales. Para este análisis se utilizó la velocidad teórica de la línea, la eficiencia histórica promedio y la nueva eficiencia que se alcanzaría como resultado de la implementación de las acciones propuestas. Es así como se ahorrarían 29 horas de trabajo o 3.7 turnos de producción mensualmente.

TABLA 11

AHORRO EN TURNOS DE PRODUCCION

Velocidad teórica de la línea (Hlts / hora)		347		
Prod. mensual (Hlts)	Eficiencia total (prom)	Hlts / hora	Horas Prod.	
50000	62%	215,14	232	
50000	71%	246,37	203	
Diferencia			29	
Turno de trabajo (8 horas)			3,7	

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Como fue afirmado anteriormente, este ahorro en turnos de producción se traduce en ahorros en los costos de producción, principalmente en mano de obra, energía y en una menor

compra de activos. A continuación se detalla la cuantificación promedio de este ahorro mensual por cada uno de los rubros previamente mencionados:

Mano de Obra

Como se aprecia en la tabla 12, un turno de producción necesita 14 personas en total. El costo por hora hombre promedio es de \$ 1.5, es decir, que \$168 sería el costo total de mano obra por turno de producción. Ahora, es importante recordar que el salario del personal es fijo, es decir, trabaje o no las 40 horas semanales dentro del mes, este percibirá su salario. Por ende para el cálculo del ahorro en mano de obra se consideró 4 turnos de producción y no los 3.7. Como conclusión se tiene que el ahorro mensual promedio sería de aproximadamente \$ 672, lo que da un ahorro anual de \$ 8064. La tabla 13 presenta el detalle de este análisis.

TABLA 12**TOTAL PERSONAS POR TURNO DE PRODUCCION**

Área	N° personas
Producción	8
Procesos	2
Utilidades	1
Medio ambiente	1
Bodega	2
TOTAL	14

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

TABLA 13**AHORRO PROMEDIO MENSUAL DE MANO DE OBRA**

N° personas x turno	14
Costo x HH	1,5
Costo total x turno	168
Ahorro mensual promedio (\$)	672
Ahorro anual estimado (\$)	8064

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Energía

De acuerdo a los datos proporcionados por el área de Ingeniería y Mantenimiento de la planta en estudio, el costo de energía por turno de producción es equivalente a \$ 1230.

Considerando este valor y los 3.7 turnos de producción que se ahorrarían en promedio, el ahorro total mensual de \$ 4551 mensuales. Por confidencialidad de la compañía no se puede presentar las memorias de cálculo utilizadas para determinar el costo de energía por turno.

Activos

El índice histórico de quiebras de botellas no conformes es de aproximadamente 1% del total de botellas que ingresan a la línea de producción mensualmente. Si bien es cierto las acciones planteadas buscan evitar totalmente este prejuicio, el índice pesimista esperado sería del 0.58% mensual. Por ende para el análisis, se consideró este valor. La tabla 14 presenta el detalle comparativo y el ahorro que se generaría.

TABLA 14**AHORRO PROMEDIO MENSUAL ACTIVOS**

Costo por botella		0,24
Prod. mensual (Hlts)	Indice Quiebra	Bot. no conformes
50000	1,00%	86505
50000	0,58%	50173
Diferencia		36332
Ahorro mensual promedio (\$)		8720
Ahorro anual estimado (\$)		104636

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Como resultado de las mejoras propuestas, el ahorro que se generaría en el primer mes de implantación sería de \$13943, tal cual como se observa en la tabla 15. Una vez costeados los ahorros, se procede a valorizar el costo de la implantación de las mejoras. La tabla 16 presenta este detalle.

TABLA 15**AHORROS PROYECTADOS EN EL PRIMER MES**

	Ahorros (\$)
Mano de Obra	672
Energía	4.551
Activos	8.720
TOTAL	13.943

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

TABLA 16**COSTOS DE IMPLANTACIÓN**

Acciones Planteadas	Costos (\$)
Sistema de Gestión Control de envases	0
Análisis rutinario de gestión de envases	0
Identificación y reparación de los montacargas	4000
Programa de mantenimiento preventivo	800
Programa de Incentivos para Montacarguistas/Auxiliares	20
Entrenamiento básico para Montacarguistas	0
TOTAL	4820

LABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Debido a que los ahorros generados en el primer mes son muy superiores al costo de implantación se determina que el proyecto es rentable y no hace falta calcular la TIR del proyecto.

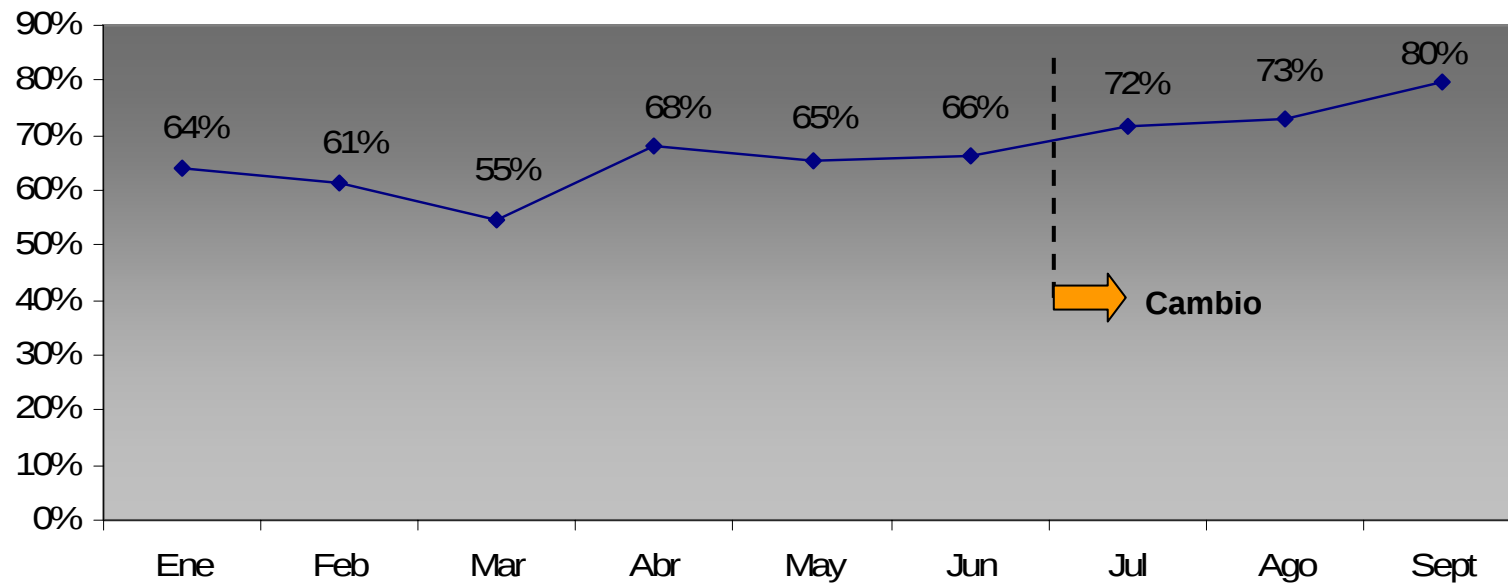
4.3 Resultados obtenidos.

Posterior a la implementación de las acciones propuestas, se efectuó el seguimiento para identificar el impacto en los resultados durante los siguientes meses. A continuación el detalle:

Eficiencia

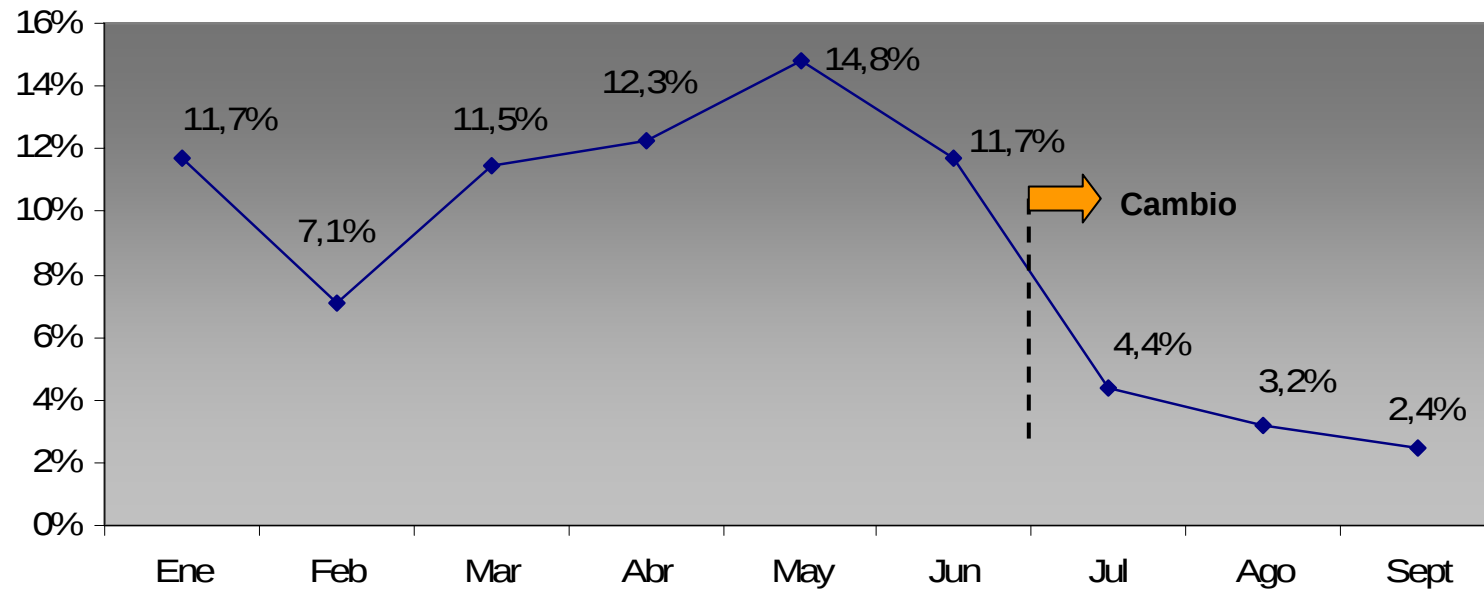
La eficiencia total de la línea tuvo una evolución significativa durante los 3 meses de seguimiento. En julio llegó al 72%, en Agosto al 73% y finalmente en Septiembre alcanzó el mejor resultado, 80%. La figura 4.3 presenta esta información en detalle. Esto se debió principalmente a la reducción de indisponibilidad por paradas logísticas. Tal como es presentado en la figura 4.4, en el mes de Julio este índice fue del 4.4%, en Agosto 3.2% y finalmente en Septiembre 1,9%. Gracias al incremento en la eficiencia se redujo 14.7 turnos de trabajo durante estos 3 meses.

FIGURA 4.3
EFICIENCIA TOTAL DE LA LINEA



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

FIGURA 4.4
INIDISPONIBILIDAD LOGISTICA



ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Mano de Obra

A partir de que no fue necesario utilizar 14.7 turnos de trabajo, el ahorro total de mano de obra durante los 3 meses fue de aproximadamente \$ 2520. La tabla 17 presenta el detalle mes a mes.

TABLA 17
AHORROS MANO DE OBRA

Velocidad teórica de la línea (Hlts / hora)			347
Prod. Julio (Hlts)	Eficiencia total (prom)	Hlts / hora	Horas Prod.
47100	62%	215,14	219
47100	72%	249,84	189
Diferencia			30
Turnos de trabajo (8 horas)			3,8
Prod. Ago. (Hlts)	Eficiencia total (prom)	Hlts / hora	Horas Prod.
51040	62%	215,14	237
51040	73%	253,31	201
Diferencia			36
Turnos de trabajo (8 horas)			4,5
Prod. Sept. (Hlts)	Eficiencia total (prom)	Hlts / hora	Horas Prod.
49050	62%	215,14	228
49050	80%	277,6	177
Diferencia			51
Turnos de trabajo (8 horas)			6,4
TOTAL (turnos de trabajo)			14,7
Ahorro (\$)			2520

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

Energía

A partir de que no fue necesario utilizar 14.7 turnos de trabajo y utilizando el costo de energía por turno, el ahorro total de energía durante los 3 meses fue de aproximadamente \$ 18081.

Activos

El índice de quiebra decreció ostensiblemente durante los meses de seguimiento. En el mes de Julio el índice fue de 0.4%, en Agosto 0.35% y en el mes de Septiembre 0.24%, por lo cual la planta evitó un perjuicio aproximado de 170785 botellas, es decir, de \$40988. La tabla 18 presenta este detalle.

Resumen de resultados

En el balance final de los tres meses de acompañamiento, se alcanzó un ahorro neto de \$ 55089, siendo la inversión \$ 6500 y los ahorros obtenidos \$ 61589. La tabla 19 presenta el detalle de ahorros y la tabla 20 el de costos de implantación.

TABLA 18
AHORROS ACTIVOS

Costo por botella (\$)	0,24
--------------------------	------

Prod. Julio (Hlts)	Indice Quiebra	Botellas no conformes
47100	1,00%	81488
47100	0,40%	32595
Diferencia		48893
Ahorro Total (\$)		11734

Prod. Julio (Hlts)	Indice Quiebra	Botellas no conformes
51040	1,00%	88304
51040	0,35%	30907
Diferencia		57398
Ahorro Total (\$)		13775

Prod. Julio (Hlts)	Indice Quiebra	Botellas no conformes
49050	1,00%	84861
49050	0,24%	20367
Diferencia		64495
Ahorro Total (\$)		15479

TOTAL (botellas)	170785
Ahorro (\$)	40988

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

TABLA 19
TOTAL AHORROS

	Ahorros (\$)
Mano de Obra	2.520
Energía	18.081
Activos	40.988
TOTAL	61.589

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

TABLA 20
TOTAL COSTOS IMPLANTACION

Acciones Planteadas	Costos (\$)
Sistema de Gestión Control de envases	20
Análisis rutinario de gestión de envases	0
Identificación y reparación de los montacargas	4000
Programa de mantenimiento preventivo	2400
Programa de Incentivos para Montacarguistas/Auxiliares	60
Entrenamiento básico para Montacarguistas	20
TOTAL	6500

ELABORADO POR: Pedro Kam Paw M.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La planta en estudio antes de la implantación de las mejoras no contaba con un sistema de gestión que permitiese minimizar las paradas que le ocasionaban una baja eficiencia y productividad.
2. Las mejoras implantadas generaron un incremento en la eficiencia total de la línea de producción del 62% histórico al 80% (Septiembre 2005), alcanzando la reducción del tiempo necesario para garantizar la producción mensual. De haberse mantenido la eficiencia histórica promedio, la línea hubiera tenido que funcionar 117 horas, es decir, 14.7 turnos de trabajo adicionales. Esta mejora ha permitido a la planta en estudio poder presentar al mercado un producto más atractivo y competitivo en precio con el mismo nivel de calidad.

3. Las paradas causadas por el área de Logística se redujeron significativamente, del 11.5% en Mayo del 2005 al 2.4% en el mes de Septiembre del 2005. Esto se constituyó en el principal apalancamiento de la mejora de la eficiencia de la línea de producción.
4. Las paradas logísticas causadas por botellas “no conformes” se redujeron drásticamente de 17.7 horas que se mantenían como tendencia histórica a 0.8 horas (Septiembre 2005). De la misma forma, las paradas causadas por montacargas fueron reducidas de 6.1 horas a 0.5 horas (Septiembre 2005).
5. Las herramientas de la calidad demostraron su potencial impacto que tienen en la resolución de problemas si se las utiliza de forma correcta y con la disciplina apropiada. Antes del estudio, los Supervisores desconocían los beneficios de estas herramientas. Ahora hacen parte de su rutina diaria.
6. El costo de inversión de este proyecto fue mínimo (\$6500) en comparación con las mejoras alcanzadas. Sólo en el primer mes

contribuyó en gran manera a la identificación inmediata de sus problemas y a garantizar la seguridad de las personas.

11. Los clientes comprendieron el objetivo del Sistema de Gestión de envases, quedando muy claro que no se buscaba perjudicar ni a ellos ni al consumidor final. De hecho, la reducción del índice de quiebra de 0,9% a 0,24% no obedeció a que sea el cliente quien esté asumiendo todo esta pérdida, sino, que en el mercado se está comenzando a crearse una cultura de cuidado hacia los envases desde el consumidor final.

12. El involucramiento del personal de montacarguistas y auxiliares en la reunión de apertura del proyecto, así como en las reuniones semanales y de resultados mensuales ayudó en gran manera a desarrollar conciencia y compromiso en los operadores. Ahora ellos son partícipes de las decisiones y de las acciones correctivas.

13. Con el proyecto realizado se obtuvieron los objetivos planteados de incrementar la eficiencia de la línea de producción, reducir los costos de mano de obra, energía y el capital empleado para la compra de activos.

de implantación se generaron ahorros aproximados por \$17080, recuperándose así toda la inversión.

7. Gracias al Sistema de Gestión de envases se mejoró la calidad de las botellas que ingresaban a la línea de producción y se evitó pérdidas monetarias en activos de aproximadamente \$40988 durante los 3 meses de seguimiento, con lo cual se disminuyó el capital empleado para la compra de activos.
8. Con la aplicación disciplinada del mantenimiento preventivo a los montacargas se pudo prever problemas que a corto plazo podrían haberse vuelto críticos y que podrían haber ocasionado mayores costos y pérdidas en la eficiencia de la línea.
9. El programa de incentivos establecido para reconocer el desempeño de los montacarguistas/auxiliares tuvo una notable aceptación por parte de todo el personal, tanto que se alcanzó el compromiso deseado y se tradujo en el gran trabajo mancomunado que resultó en el alcance de los objetivos deseados.
10. El entrenamiento impartido por el proveedor a los operadores de montacargas acerca del correcto manejo de estos equipos

deben de recordar que esto no es más que la aplicación directa del ciclo PDCA.

5. Se debe mantener la rutina de reuniones semanales y mensuales, que permitan tomar acciones correctivas apropiadas e identificar rápidamente problemas que al futuro podrían volverse críticos.

A P E N D I C E

APENDICE A

ACTA DE INSPECCION DE ENVASE

Turno: B
 Fecha: 04/07/2005
 Nombre de Auxiliar: Juan Tobías

 Nombre del Cliente: Daniel Martínez
 Nombre del Chofer: Daniel Martínez
 Placa del camión: LBJ 333

	SKU		
	A	B	C
Cantidad de Cajas de guía de remisión	1000	100	0
Cantidad de Cajas descargadas	1000	100	0
Cantidad de Botellas (muestra)	100	10	0

CLASIFICACIÓN

	SKU		
	A	B	C
Botellas con pico roto	2	1	0
Botellas con cemento y/o pintura	0	0	0
Botellas de la competencia	20	0	0
Botellas con objetos extraños	5	1	0
Botellas faltantes	3	1	0
Botellas buenas	70	7	0
Total de Botellas	100	10	0

RESULTADOS

Total Botellas "no conformes"	30	3	0
Porcentaje botellas "no conformes"	30%	30%	0%

Total botellas "no conformes"	300	30	0
--------------------------------------	------------	-----------	----------

Auxiliar de Turno

Supervisor de Bodega

Cliente

Recomendaciones

1. Se debe difundir el trabajo realizado con las paradas del área de Logística a todas las demás secciones de la planta, de tal forma que se logre una reducción drástica del tiempo de indisponibilidades y por ende la línea alcance mayores índices de eficiencia y ahorros sustanciales.
2. Se debe capacitar constantemente a los Supervisores sobre las herramientas para la identificación y resolución de problemas, con el propósito de aprovechar al máximo las oportunidades que generen beneficios significativos para la planta.
3. Se recomienda aplicar el programa de incentivos de montacarguistas y auxiliares a las otras áreas productivas. Esto generará mayor compromiso en el personal y será una herramienta valiosa para alcanzar los desafíos que se planteen.
4. Se recomienda realizar periódicamente el análisis llevado a cabo en este proyecto, con el propósito de aumentar la eficiencia de la línea. Todo el personal, desde los gerentes hasta los operadores,

BIBLIOGRAFÍA

1. LUIS CUATRECASAS, Gestión Integral de la Calidad. Editorial Gestión 2000. Barcelona – España, 2001.
2. www.1.2005
<http://www.monografias.com/trabajos15/Kaizen-occidente/Kaizen-occidente.shtm#breve>
3. www.2.2005
<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?IdEntrega=996>
4. www.3.2005
<http://www.monografias.com/trabajo6/álcali/lacali2.shtml#mejoramiento>
5. www.4.2005
<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?IdEntrega=998>

6. www.5.2005

<http://www.aiteco.com/herramie.htm>

7. www.6.2005

http://www.fnep.es/contenido_herramientas.htm

8. www.7.2005

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/cono%20recoger%20el%20diagnostico.pdf>

9. www.8.2005

<http://www.tuobra.unam.mx/publicadas/040810083544-1.htm>