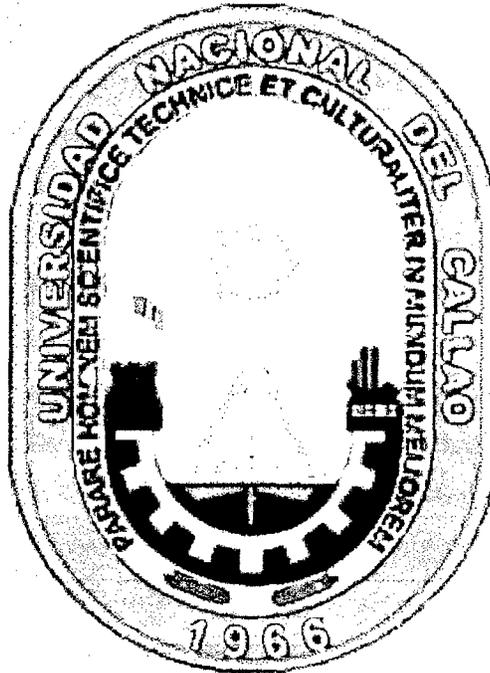


# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

## ESCUELA DE POSGRADO

### SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA-ENERGÍA

#### MAESTRIA EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO



#### TESIS

**“ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE  
ENVASADO DE LA EMPRESA CPPQ S.A. UTILIZANDO EL  
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL”**

**BACHILLER ANWAR JULIO YARIN ACHACHAGUA**

**CALLAO – PERÚ**

**2011**

Id. Exemplar: 39204

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA - ENERGÍA  
SECCIÓN DE POSGRADO

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO**

Siendo las 11:30 del día miércoles 27 de Julio del dos mil once, en la sala de Posgrado, ubicada en el cuarto piso del Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica -Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunió el Jurado Examinador conformado por los siguientes docentes:

- |                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| ▪ Dr. ISAAC PABLO PATRÓN YTURRY      | Presidente |
| ▪ Mg. JUAN MANUEL LARA MARQUEZ       | Secretario |
| ▪ Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY | Miembro    |
| ▪ Dr. CIRO ITALO TERAN DIANDERAS     | Miembro    |

Con el fin de evaluar la sustentación de tesis del **Bachiller ANWAR JULIO YARIN ACHACHAGUA**, intitulada: "**ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE ENVASADO DE LA EMPRESA CPPQ S.A. UTILIZANDO EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**". Con el asesoramiento del **Mg. FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN** y contando con la participación del jurado en pleno establecido según el correspondiente Reglamento de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional del Callao con Resolución de Consejo Universitario N° 081-2011-CU, vigente y luego de la Exposición de los Sustentantes, los Miembros del Jurado examinador hicieron las respectivas preguntas, las mismas que FUERON RESUELTAS.

En consecuencia, este jurado acordó APROBARLO asignándole el calificativo de (en números) 10 (cualitativa) BUENO, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO**, conforme a los Art. 74 inc. a), Art. 75 del Reglamento mencionado, al **Bachiller ANWAR JULIO YARIN ACHACHAGUA**, con lo que se dio por terminado, el acto, siendo las 12:40 del mismo día.

Bellavista, 27 de Julio del 2011.

  
.....  
Dr. ISAAC PABLO PATRÓN YTURRY

  
.....  
Mg. JUAN MANUEL LARA MARQUEZ

  
.....  
Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY

  
.....  
Dr. CIRO ITALO TERAN DIANDERAS

**RESOLUCION DIRECTORIAL N° 017-2011-D-SPG-FIME-UNAC**

Bellavista, 21 de Julio del 2011

**EL DIRECTOR DE LA SECCION DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA - ENERGÍA**

**VISTO:**

La Solicitud de fecha 18 de Julio del 2011, presentada por el Bachiller Anwar Julio Yarin Achachagua, han solicitado el nombramiento de Jurado Examinador, así como el día y la hora para sustentar la tesis titulada: "ANALISIS DEL INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE ENVASADO DE LA EMPRESA CPPQ S.A UTILIZANDO EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL".

**CONSIDERANDO:**

Que, habiendo sido declarado Exedito para la sustentación de la tesis mencionada en la parte del visto de la presente resolución, el Bachiller Anwar Julio Yarin Achachagua , mediante Resolución Directorial N° 014-2011-D- SPG-FIME-UNAC, de fecha 13 de Julio del 2011.

Que, el mencionado Bachiller ha cumplido con presentar toda la documentación exigida por el Reglamento de Estudios de Posgrado.

En uso de las atribuciones que le confiere el Art. 92° del Reglamento de Estudios de Posgrado de la UNAC.

**RESUELVE:**

1.- Designar al Jurado Examinador para evaluar en Acto Público el día Miércoles 27 de Julio del 2011 a las 11:30 a.m. en la sala de Postgrado 4to piso Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica - Energía de esta Casa Superior de Estudios, la sustentación de la tesis de Maestría titulada: "ANALISIS DEL INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE ENVASADO DE LA EMPRESA CPPQ S.A UTILIZANDO EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL", presentada por el Bachiller Anwar Julio Yarin Achachagua, para optar el Grado Académico de Maestro en Gerencia del Mantenimiento; el cual está conformado por los siguientes docentes:

➤	Dr.	ISAAC PABLO PATRON YTURRY	Presidente
➤	Mg.	JUAN MANUEL LARA MARQUEZ	Secretario
➤	Mg.	ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY	Miembro
➤	Dr.	CIRO ITALO TERÁN DIANDERAS	Miembro

➤ **ASESOR DE TESIS : Mg. FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN**

2.- Transcribir la presente Resolución a las Dependencias Académicas que Correspondan y al interesado para los fines consiguientes.

**Regístrese, Comuníquese y Archívese.**

NH/



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
Facultad de Ingeniería Mecánica - Energía  
Sección de Post Grado

Mg. JUAN MANUEL LARA MARQUEZ  
Director

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA –ENERGÍA**  
**SECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRIA EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO**  
**RESOLUCIÓN DIRECTORIAL N° 017-2011-D-SPG-FIME-UNAC**

**JURADO EXAMINADOR:**

<b>DR.</b>	<b>ISAAC PABLO PATRÒN YTURRY</b>	<b>PRESIDENTE</b>
<b>MG.</b>	<b>JUAN MANUEL LARA MARQUEZ</b>	<b>SECRETARIO</b>
<b>MG.</b>	<b>ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY</b>	<b>MIEMBRO</b>
<b>DR.</b>	<b>CIRO ITALO TERAN DIANDERAS</b>	<b>MIEMBRO</b>

**ASESOR MG. FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN**

**N° DE LIBRO DE TITULACIÓN POR TESIS: 01-SPG-FIME- UNAC – 2008**

**N° DE ACTA DE TITULACIÓN 07**

**FECHA DE APROBACIÓN DE LA TESIS 27.07.2011**

#### **DEDICATORIA:**

La presente tesis está dedicada a Beatriz a mi hijo y a mis padres Julio y Noemí quienes siempre me alentaron a seguir adelante en todo lo que me propongo.

# ÍNDICE

Prólogo.....	9
Resumen.....	10
Abstract.....	11
<b>I. PLANTEAMIENTO INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. Identificación del problema.....	12
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivos de la Investigación.....	12
1.4. Justificación.....	13
1.5. Limitaciones y facilidades.....	13
1.6. Hipótesis de partida.....	13
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1. Evolución de la gestión del mantenimiento hacia el TPM.....	14
2.2. Definición del TPM.....	16
2.3. Objetivos y características del TPM.....	17
2.4. Los 8 pilares fundamentales.....	18
2.5. Beneficios y resultados del TPM.....	20
2.6. Marco conceptual.....	21
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>23</b>
3.1. Relación entre las variables de la investigación.....	23
3.2. Tipo de Investigación.....	24
3.3. Diseño de la Investigación.....	24
3.4. Metodica de cada momento de la investigación.....	24
3.5. Operacionalización de variables.....	25
3.6. Población y Muestra.....	25
3.7. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	26
3.8. Procedimientos de recolección de datos.....	26
3.9. Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	26
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
4.1. Resultados parciales.....	28
4.2. Resultados finales.....	102
<b>V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>104</b>
5.1. Contrastación de resultados con los resultados.....	104
5.2. Constrastación de resultados con estudios similares.....	104

CONCLUSIONES.....	105
RECOMENDACIONES.....	106
REFERENCIALES.....	107
ANEXOS.....	108
Anexo A: Matriz de Consistencia.....	109
Anexo B.....	111
Anexo C.....	113
Anexo D.....	115
Anexo E.....	117
Anexo F.....	123
Anexo G.....	125
Anexo H.....	134
Anexo I.....	137

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	17
Figura 2.....	18
Figura 3.....	20
Figura 4.....	21
Figura 5.....	24
Figura 6.....	27
Figura 7.....	28
Figura 8.....	31
Figura 9.....	32
Figura 10.....	36
Figura 11.....	37
Figura 12.....	41
Figura 13.....	44
Figura 14.....	45
Figura 15.....	45
Figura 16.....	46
Figura 17.....	49
Figura 18.....	50
Figura 19.....	51
Figura 20.....	52
Figura 21.....	55
Figura 22.....	56
Figura 23.....	59
Figura 24.....	60
Figura 25.....	61
Figura 26.....	62
Figura 27.....	62
Figura 28.....	65
Figura 29.....	66
Figura 30.....	67
Figura 31.....	67
Figura 32.....	68
Figura 33.....	70
Figura 34.....	71
Figura 35.....	72
Figura 36.....	74
Figura 37.....	74
Figura 38.....	75
Figura 39.....	77
Figura 40.....	78
Figura 41.....	78
Figura 42.....	78
Figura 43.....	79
Figura 44.....	80
Figura 45.....	83
Figura 46.....	83
Figura 47.....	85
Figura 48.....	85

Figura 49.....	87
Figura 50.....	88
Figura 51.....	88
Figura 52.....	89
Figura 53.....	89
Figura 54.....	89
Figura 55.....	90
Figura 56.....	91
Figura 57.....	94
Figura 58.....	95
Figura 59.....	95
Figura 60.....	95
Figura 61.....	95
Figura 62.....	95
Figura 63.....	96
Figura 64.....	96
Figura 65.....	98
Figura 66.....	99
Figura 67.....	133

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	23
Tabla 2.....	38
Tabla 3.....	43
Tabla 4.....	48
Tabla 5.....	64
Tabla 6.....	64
Tabla 7.....	66
Tabla 8.....	73
Tabla 9.....	79
Tabla 10.....	80
Tabla 11.....	82
Tabla 12.....	84
Tabla 13.....	92
Tabla 14.....	93
Tabla 15.....	93
Tabla 16.....	100
Tabla 17.....	106
Tabla 18.....	106
Tabla 19.....	108
Tabla 20.....	114
Tabla 21.....	116
Tabla 22.....	120
Tabla 23.....	121
Tabla 24.....	133

## **PRÓLOGO**

Esta tesis presenta una propuesta para el incremento de la productividad basado en la metodología del Mantenimiento Productivo Total.

En una primera parte, se realiza una introducción a esta metodología, para entender el marco teórico en el cual se desarrolla la tesis.

En una segunda parte, se realiza un análisis de la productividad a través del cálculo de las Seis Grandes Pérdidas de la línea: Averías, Preparación y ajuste, Velocidad reducida, Paradas cortas, Defectos de calidad y Puesta en marcha. Este análisis por un lado determina el nivel de productividad inicial de la línea, situado en 83.7%; y por otro, permite encontrar todos los puntos de mejora para maximizar la productividad de la misma. Se establece un parámetro para eliminar las principales paradas cortas, medidas a través del indicador MTBF (Tiempo medio entre fallos) situado inicialmente en 33 min.

Por último, se llevan a cabo diversos proyectos de Mejora Enfocada, que son actividades orientadas a eliminar las principales pérdidas existentes en el proceso productivo, basadas en la mejora continua. Tras implementar las mejoras propuestas por los diversos proyectos, el nuevo nivel de productividad es del 86%, suponiendo por lo tanto un incremento del 2.3%. Por otro lado, el nuevo MTBF es de 46 min, considerándose este último un resultado óptimo.

## **RESUMEN**

La presente tesis ha sido realizada en una planta de productos químicos. En esta se analiza y mejora la productividad de uno de sus procesos productivos; y por otro, tiene también como objetivo mejorar la fiabilidad de una de las líneas de envasado de la fábrica.

Se ha utilizado la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM), que busca la mejora de los rendimientos de los procesos y los medios de producción, a través del desarrollo de actividades para eliminar las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Una característica fundamental del TPM es que fomenta la formación de los operarios para que se ocupen no solo de las tareas de producción, sino también de la limpieza y tareas básicas de mantenimiento de sus equipos (Mantenimiento autónomo).

Los resultados obtenidos en este proyecto ponen de manifiesto que el análisis de pérdidas propuesto por TPM, es una herramienta muy potente para crear estrategias de mejora de productividad y lograr así una gran ventaja competitiva para las empresas que apuestan por su implementación.

## **ABSTRACT**

This thesis has been carried out in a chemical plant. This is analyzed and an improved productivity of production processes and on the other, also aims to improve the reliability of the packaging lines of the factory.

Using the methodology of Total Productive Maintenance (TPM), which seeks to improve the performance of the processes and means of production through the development of activities to eliminate losses in all operations of the company. A key feature of TPM is that it encourages the training of operators to deal not only production tasks, but also cleaning and basic maintenance of their equipment (Autonomous Maintenance).

The results from this project show that the analysis of losses proposed by TPM, is a powerful tool to create strategies to improve productivity and to achieve a competitive advantage for companies committed to its implementation.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.- Identificación del problema**

La búsqueda de la competitividad de la empresa en el mercado actual, nos lleva sin duda a un replanteamiento de los sistemas de gestión del mantenimiento. No se alcanzará la competitividad sin una correcta gestión de la producción y a la vez del mantenimiento de los equipos, para alcanzar los objetivos de calidad, productividad y rendimiento esperados.

Es por este motivo, que la estrategia convencional de "reparar cuando se produzca la avería" dejó de ser válida cuando se fue consciente de que suponía unos costes excesivamente elevados (pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, etc.). Por ello, las empresas industriales se plantearon implantar procesos de prevención de estas averías mediante un adecuado programa de Mantenimiento.

### **1.2.- Formulación del problema**

¿Incrementaremos la productividad de la línea de envasado con el uso del Mantenimiento Productivo Total?

### **1.3.- Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1.- Objetivo General**

Analizar el Incremento de la productividad en la línea de envasado de líquido de la empresa CPPQ S.A., mediante la aplicación del Mantenimiento Productivo Total<sup>5</sup>.

#### **1.3.2.- Objetivos Específicos:**

**1.3.2.1** Maximizar la Efectividad Global de los Equipos (EGE), minimizando cada una de las Seis Grandes Pérdidas<sup>6</sup>.

**1.3.2.2** Maximizar el MTBF (Tiempo Medio Entre Fallos), como indicador de fiabilidad del sistema<sup>6</sup>.

#### **1.4.- Justificación**

El estudio lo consideramos de importancia, por que es el primero de su especie en nuestra ciudad, en una empresa de insumos químicos como es el caso de CPPQ S.A. Se ha demostrado que la baja productividad puede perjudicar en grandes proporciones a las empresas. Si bien, un incremento de la productividad en la línea de envasado soluciona en cierta medida los diversos problemas de la empresa, es el punto de partida para otros problemas para los cuales habrá que establecer una metodología de acción para solucionarlos.

#### **1.5.- Limitaciones y facilidades**

**1.5.1.** Contamos con el apoyo del área de Producción y Mantenimiento de la empresa CPPQ S.A. para la recolección de datos y aplicación de nuestra propuesta.

**1.5.2.** No contamos con ningún tipo de apoyo económico para la realización del presente proyecto.

**1.5.3.** Contar con el apoyo de los operarios y técnicos de mantenimiento reacios al seguimiento diario de su trabajo.

#### **1.6.- Hipótesis de partida**

##### **1.6.1.- Hipótesis General**

La aplicación del Mantenimiento Productivo Total ha incrementado significativamente la productividad en la línea de envasado en la empresa CPPQ S.A.

##### **1.6.2.- Hipótesis Específicas**

- Al minimizar las seis grandes pérdidas se maximiza la Efectividad Global del Equipo.
- Al minimizar el tiempo medio entre fallos se incrementa la fiabilidad del sistema de producción.

## II. MARCO TEÓRICO

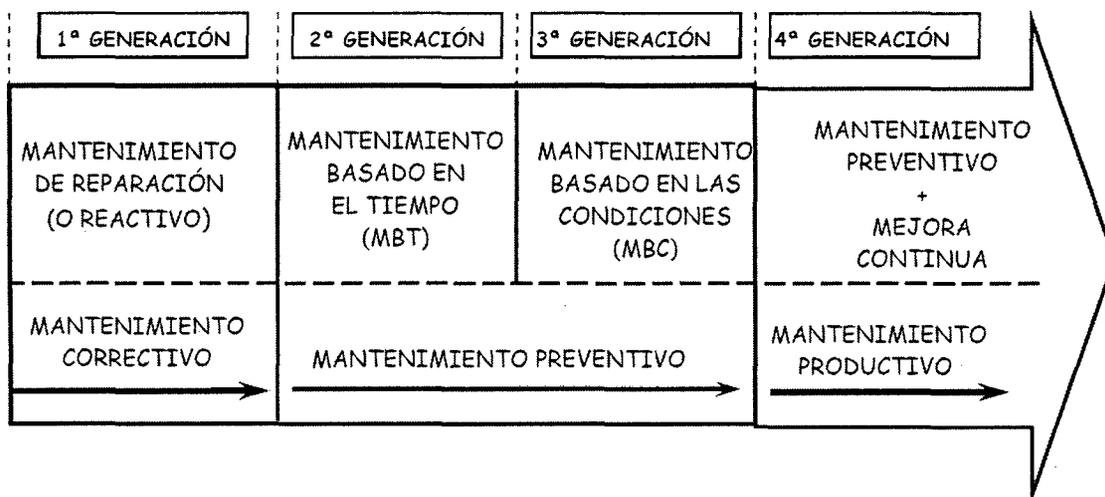
### 2.1 Evolución de la gestión del mantenimiento hacia el TPM

La búsqueda de la competitividad de la empresa en el mercado actual, nos lleva sin duda a un replanteamiento de los sistemas de gestión del mantenimiento. No se alcanzará la competitividad sin una correcta gestión de la producción y a la vez del mantenimiento de los equipos, para alcanzar los objetivos de calidad, productividad y rendimiento esperados.

Es por este motivo, que la estrategia convencional de "reparar cuando se produzca la avería" dejó de ser válida cuando se fue consciente de que suponía unos costes excesivamente elevados (pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, etc.). Por ello, las empresas industriales se plantearon implantar procesos de prevención de estas averías mediante un adecuado programa de Mantenimiento.

La evolución del mantenimiento se estructura en cuatro generaciones (como se observa en la Figura 1):

Fig. 1 Evolución del Mantenimiento



**Primera generación.** El período anterior a 1950 se caracteriza por la aplicación del Mantenimiento de Reparación (o Correctivo), basado exclusivamente en la reparación de averías. Solamente se llevaba a cabo ante la detección de una avería y, una vez ejecutada la reparación, todo acababa aquí.

**Segunda generación.** Alrededor de 1950, se establecen las bases del Mantenimiento Preventivo, un nuevo enfoque que busca por encima de todo la rentabilidad económica, en base a la máxima producción. Se establecen funciones de mantenimiento orientadas a detectar y/o prever posibles fallos antes de que sucedan. En este período se reducen los fallos inesperados, y asimismo, el coste asociado al Mantenimiento. En esta etapa, queda demostrada la relación entre la eficacia económica y el mantenimiento.

Aumenta el grado de planificación y aparece el concepto de Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo (MBT), que trata de planificar las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica, sustituyendo en el momento adecuado las partes que se prevean de dichos equipos, para garantizar su buen funcionamiento.

**Tercera generación.** El Mantenimiento Basado en las Condiciones (MBC) planifica el control a ejercer sobre el equipo y sus partes, para asegurar que se reúnan las condiciones necesarias para una operativa correcta y se puedan prevenir posibles anomalías.

**Cuarta generación.** Las necesidades y las exigencias aumentan, y aproximadamente en 1960, se incorpora y desarrolla el Mantenimiento Productivo, que abarca todos los anteriores (como se aprecia en la Figura 2) e incluye un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo.

Fig 2. Mantenimiento Productivo Total



El Mantenimiento Productivo Total (TPM) comienza a implementarse en Japón durante los años sesenta. Es un programa de gestión del mantenimiento efectivo e integrado que engloba a los anteriores, e introduce conceptos innovadores:

- La participación activa de toda la organización, en alcanzar los objetivos propuestos por la empresa.
- El Mantenimiento Autónomo, llevado a cabo por los propios operarios de producción.
- Creación de una cultura propia que estimule el trabajo en equipo y la motivación del personal.

El TPM es una nueva filosofía de trabajo o cultura, que adapta el concepto de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de los equipos. Mediante la introducción del Mantenimiento Autónomo como parte primordial del TPM, se consigue el equilibrio total de las tareas de mantenimiento gestionadas de forma conjunta entre el personal de producción y el de mantenimiento.

## 2.2 Definición del TPM

El TPM fue introducido en Japón como un concepto innovador y fue definido originalmente por el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM). La primera empresa que lo desarrolló en 1969 fue Nippon Denso del grupo Toyota, y se le reconoció con el Premio de Excelencia Empresarial (más tarde Premio PM, Mantenimiento Productivo).

La definición original que dio el JIPM estaba orientada únicamente a las áreas de producción, pero posteriormente se extendió al resto de áreas de la empresa y fue redefinido como “Company Wide TPM” (TPM en toda la empresa):

*“El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximice la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema preventivo de pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos y cero averías” en todo su ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica a todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se sustenta en la participación de todos los miembros de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de “cero pérdidas” se alcanza a través de pequeños grupos.”*

*Japan Institute of Plant Maintenance, 1989*

El término TPM se refiere a tres enfoques:

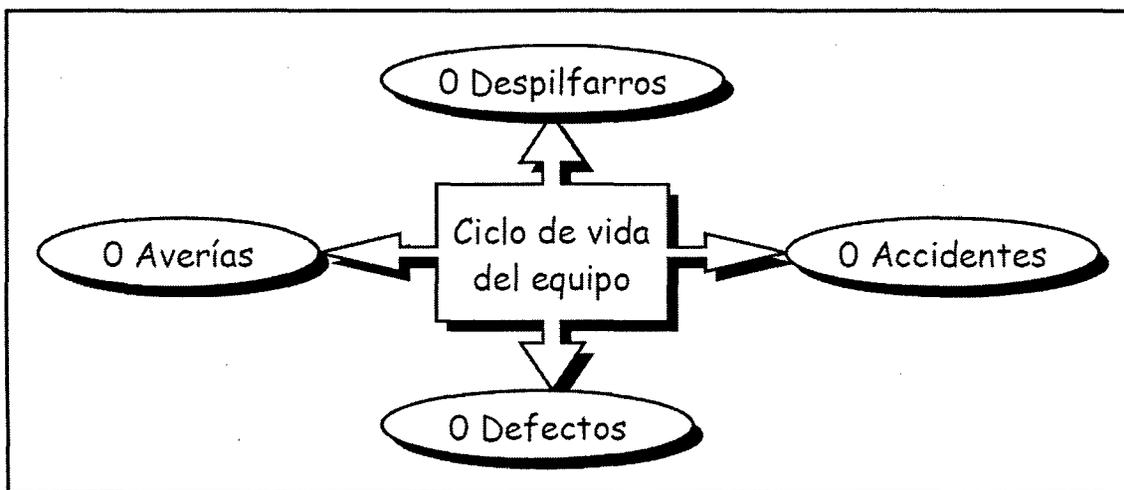
- **T** de la palabra “total” se interpreta como “todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa” y se refiere a tres aspectos clave:
  - Participación total del personal.
  - Eficacia total (máximo rendimiento de los equipos y máxima rentabilidad económica).
  - Sistema de gestión total del mantenimiento desde su diseño hasta la prevención.

- **P** está vinculada a la palabra “productivo” o “productividad” de equipos, o incluso se puede asociar a un término con una visión más amplia como “perfeccionamiento”.
- **M** representa acciones de “management” y “mantenimiento”. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa.

### 2.3 Objetivos y características del TPM

La meta del TPM es maximizar la eficiencia global del equipo en los sistemas de producción, es decir, tener cero pérdidas a nivel de todos los departamentos. Pretende lograr “Cero accidentes, cero defectos y cero averías”, como se ha representado en la Figura 3.

Fig. 3. Objetivos del TPM



Los objetivos principales del TPM son los siguientes:

- Maximizar la eficacia global del equipo (EGE) mediante la implicación total de los empleados.
- Mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos, mejorando así la calidad y productividad.
- Desarrollo de un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida del equipo.
- Cultivar el “expertise” relacionado con los equipos y las capacidades de los operarios.
- Crear un sentido de la propiedad.

- Promover la mejora continua (“Kaizen”) a través de actividades de pequeños grupos que involucran a todo el personal.
- Crear un entorno de trabajo vigoroso y entusiasta.

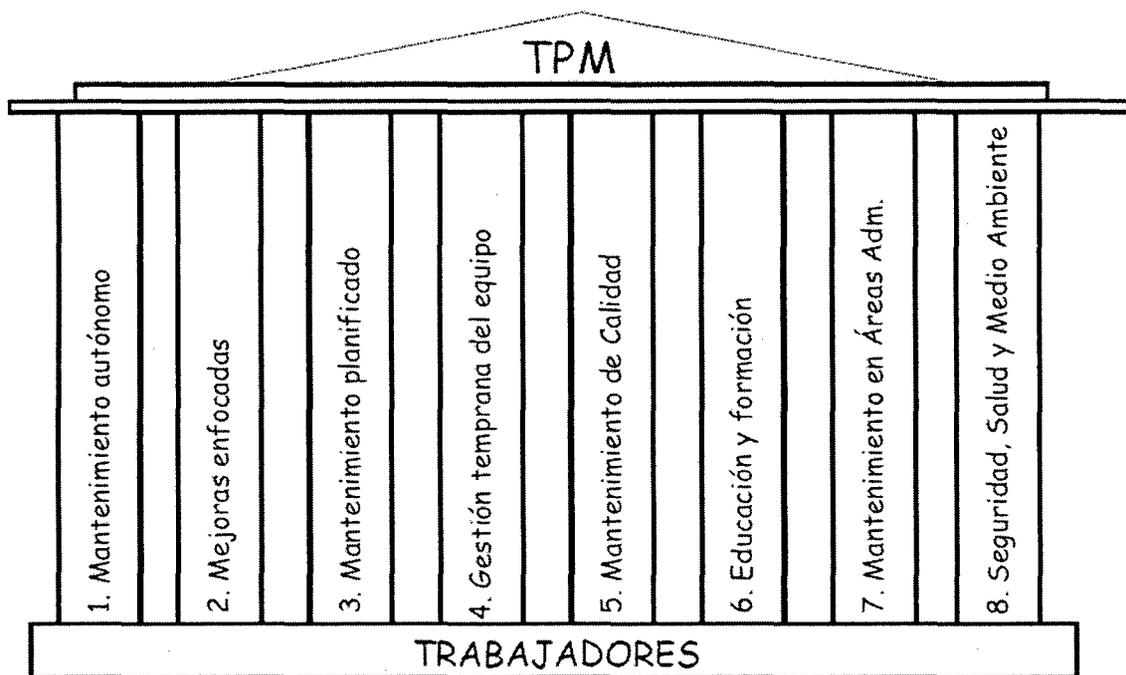
Algunas características muy importantes del TPM son:

- La participación de todas las personas de la organización.
- La intervención del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Está orientado a la mejora de la Efectividad Global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

## 2.4 Los 8 pilares fundamentales

El Mantenimiento Productivo Total se sustenta en unos procesos fundamentales llamados “pilares”, que a su vez se apoyan en todas las personas de la organización (Figura 4).

Fig. 4. Los 8 pilares fundamentales del TPM



### **2.4.1 Mantenimiento Autónomo**

Es uno de los pilares básicos del TPM; se basa en la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Se busca un cambio cultural, implicando a los operarios en el cuidado de los equipos para crear un sentimiento de propiedad. En general, ellos son los más indicados para detectar posibles fallos o desviaciones, ya que están permanentemente en contacto con los equipos y conocen perfectamente el proceso. Así, se les debe formar para que sean capaces de:

- Entender la importancia de una limpieza y lubricación correctas.
- Entender la importancia de realizar inspecciones preventivas.
- Detectar anomalías en los equipos y restaurarlas.
- Participar en el análisis de problemas, etc.

### **2.4.2 Mejoras Enfocadas**

Son actividades orientadas a eliminar las pérdidas existentes en el proceso productivo y maximizar así la Efectividad Global. Se identifican objetivos de mejora, y se aplica la metodología específica del pilar, basada en la mejora continua.

### **2.4.3 Mantenimiento Planificado**

Este es también uno de los pilares más importantes; su propósito es alcanzar la meta “cero averías” en la fábrica. Incluye las acciones que los técnicos de mantenimiento deben desarrollar para mejorar la eficacia del sistema.

### **2.4.4 Gestión temprana del equipo**

Este pilar tiene como objetivo mejorar la tecnología de los equipos, y por lo tanto, actúa sobre todo durante la planificación y construcción de los mismos. Son actividades de mejora en el diseño y puesta a punto de los equipos, para reducir los costes durante su explotación.

### **2.4.5 Mantenimiento de la Calidad**

Es una estrategia de mantenimiento que tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en el punto “cero defectos”, para mejorar la calidad del producto. Se incluyen acciones orientadas a verificar y medir las condiciones “cero defectos” regularmente, y facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad.

### **2.4.6 Educación y formación**

Este pilar está orientado a fortalecer las habilidades y capacidades del personal, para lograr altos niveles de desempeño. Se requiere un personal capaz de:

- Comprender el funcionamiento de los equipos, y poder detectar anomalías.
- Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
- Analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones.

#### 2.4.7 Mantenimiento en Áreas Administrativas

Este pilar pretende reducir las pérdidas que se producen en todas las actividades no involucradas en el equipo productivo (planificación, desarrollo, administración, etc.). Aunque no producen un valor directo como producción, facilitan el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente. Este pilar ayuda a evitar problemas de pérdidas de información, coordinación, precisión, etc.

#### 2.4.8 Gestión de Seguridad, Salud, y Medio Ambiente

Este pilar tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad, para prevenir riesgos que puedan afectar a la integridad de las personas o efectos negativos al medio ambiente. Pretende lograr “cero accidentes” y cero incidentes medioambientales.

### 2.5 Beneficios y resultados del TPM

Un proyecto de implantación de TPM debe llevarse a cabo de forma continuada y constante (por ejemplo 3 años) para obtener resultados satisfactorios. Del mismo modo, es necesario que éste tenga un marco coherente con la estrategia global de la empresa y cuente con el impulso y soporte de la Alta Dirección.

Previamente, se establecen objetivos de negocio que deben compartirse con toda la organización, y que a su vez deben suponer un reto importante pero alcanzable.

Estos objetivos deben abarcar seis ámbitos distintos: Productividad, Calidad, Coste, Entrega, Seguridad y Moral (PQCDSM). En cada ámbito se fijan unos indicadores determinados, de forma que los resultados obtenidos en cada uno de ellos sean fácilmente cuantificables. A modo de ejemplo, se pueden enunciar los mostrados en la Tabla 1:

Tabla 1. Resultados del TPM

<b>P (Productividad)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento de la Efectividad Global de los Equipos.</li> <li>2. Reducción del número de averías.</li> </ol>
<b>Q (Calidad)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de la tasa de defectos.</li> <li>2. Reducción de la tasa de reproceso.</li> <li>3. Reducción del número de reclamaciones de clientes.</li> </ol>

<b><u>C</u> (Coste)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción del coste de Producción.</li> <li>2. Reducción del coste de Mantenimiento.</li> <li>3. Reducción del coste de Materiales Y Energía.</li> </ol>
<b><u>D</u> (Entrega)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de Inventarios de productos.</li> <li>2. Reducción de Inventarios de recambios.</li> </ol>
<b><u>S</u> (Seguridad)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eliminar el número de accidentes.</li> <li>2. Eliminar Incidentes medioambientales.</li> </ol>
<b><u>M</u> (Moral)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incremento del número de sugerencias de mejora por persona y año.</li> <li>2. Incremento de las actividades de pequeños grupos de trabajo.</li> </ol>

Por lo tanto, los beneficios que se esperan obtener de la implantación del TPM y que se deducen de lo comentado previamente son:

- Mejora de la Productividad.
- Reducción de los costes.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Entregas a tiempo.
- Máxima seguridad.
- Mayor motivación del trabajador.

Y por otro lado, el TPM también proporciona beneficios intangibles; destacan los siguientes:

- Creación de un sentido de la propiedad (*ownership*), donde los operarios asumen la responsabilidad del equipo y se obtiene una implicación total.
- Mayor confianza y capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
- Se adquiere la mentalidad de “cero averías, cero defectos y cero accidentes”.
- Se ofrece una mejor imagen a los visitantes y clientes.
- Mejora de los lugares de trabajo, teniendo un entorno grato y seguro.
- Se eliminan barreras interdepartamentales y mejora de la cooperación entre operarios y dirección.

## 2.6. Marco conceptual

### 2.6.1. Acrónimos

- **AM:** Mantenimiento autónomo.
- **CIL (Clean, Inspect and Lubricate):** Estándar tentativo de limpieza, inspección y lubricación, en los cuales los operarios realizan las inspecciones requeridas y tratan de revertir el deterioro, descubrir anomalías, etc.
- **EGE (Efectividad Global de los Equipos):** Es un indicador del rendimiento global de los equipos, que representa la producción real frente a la producción que se habría realizado en condiciones óptimas.
- **HTR (Hard To Reach Area):** Área de difícil acceso.
- **JIT (Just In Time):** Es la implantación de una organización flexible y reactiva, a fin de dar satisfacción al cliente por medio del respeto de los plazos, de la diversidad y de la reducción de costes.
- **JIPM:** Japan Institute of Plan Maintenance.
- **MBC:** Mantenimiento Basado en las Condiciones.
- **MBT:** Mantenimiento Basado en el Tiempo.
- **MTBF (Mean Time Between Failures):** Tiempo medio estadístico entre fallos de un sistema. Se calcula como el cociente entre el tiempo total de funcionamiento del sistema en un periodo determinado y el número total de fallos en ese periodo. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo.
- **MTTR (Mean Time To Repair):** Tiempo medio estadístico entre la ocurrencia de un fallo y la resolución completa del mismo.
- **OPL (One Point Lesson o Lecciones de único punto):** Hoja informativa sobre un tema de interés seleccionado referente a la función del equipo, limpieza, métodos, criterios de inspección o de seguridad, etc.
- **PE:** Polietileno.
- **SOC (Source Of Contamination):** Fuente de contaminación.
- **SOP (Standard Operation Procedure):** Estándar de operación.
- **TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total):** Sistema de trabajo orientado a la mejora permanente del rendimiento global de los equipos, basado en la optimización de las “Seis grandes pérdidas”: Averías,

Preparaciones y ajustes, Paradas cortas, Reducción de velocidad, Defectos de calidad y Puesta en marcha.

### **2.6.2. Abreviaturas**

<b>Bot.</b>	Botella
<b>DT.</b>	Detector
<b>EV.</b>	Electroválvula
<b>FC.</b>	Final de carrera
<b>FT.</b>	Fotocélula
<b>MT.</b>	Motor
<b>T<sup>a</sup></b>	Temperatura

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Relación entre las variables de la investigación

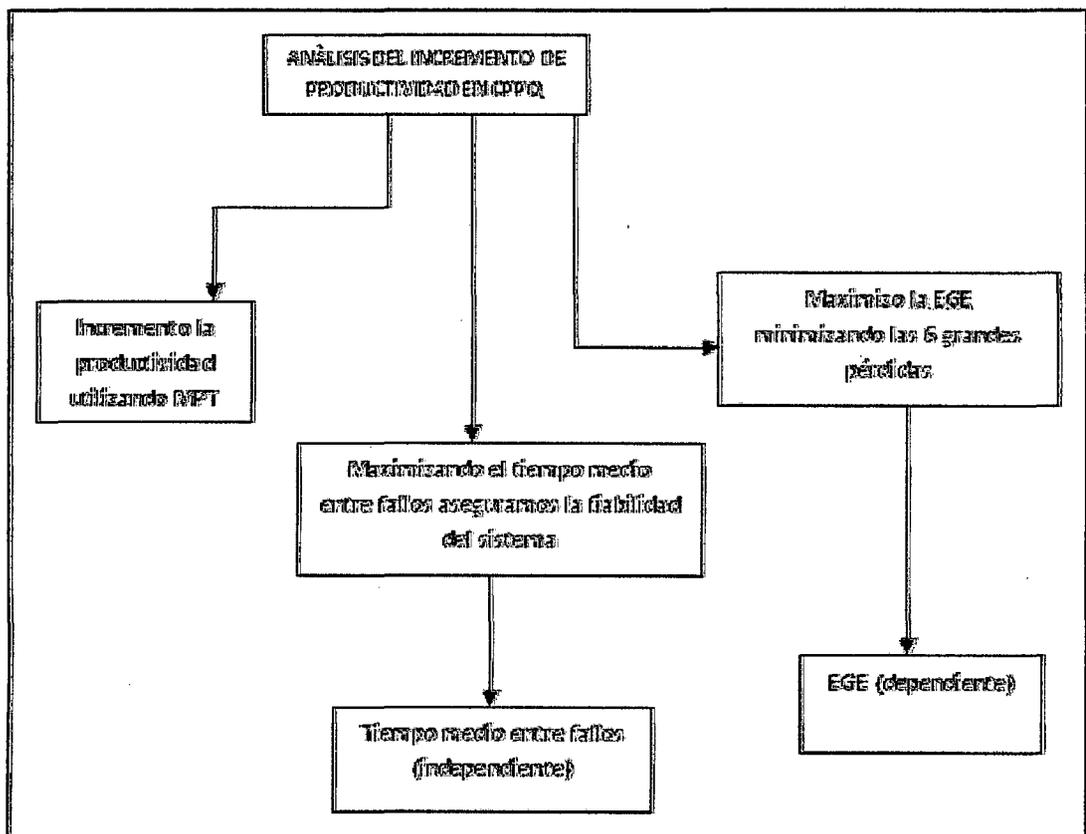
##### 3.1.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

- MTBF (Tiempo medio entre fallas)

##### 3.1.2 VARIABLE DEPENDIENTE

- EGE (Efectividad Global del equipo)

Fig. 5 Relación entre las variables de la investigación.



### **3.2. Tipo de investigación**

#### **Es correlacional y explicativo**

Correlacional, porque el trabajo de investigación plantea incrementar la productividad actual con la implantación del Mantenimiento Productivo Total para lo cual mediremos y tomaremos muestras que tienen un carácter numérico que requiere el uso del método científico.

Explicativo, el tema de investigación establece el uso de las innovaciones tecnológicas en el campo de la mejora de la producción en la línea de envasado de productos químicos.

### **3.3. Diseño de la Investigación**

El presente trabajo de investigación describe el tipo de relación que existe entre las variables antes de implantar la metodología del Mantenimiento Productivo Total.

Por otro lado, para conocer como influye la implantación de la nueva metodología es necesario realizar un análisis correlacional para poder evaluar el incremento de la productividad en la línea de envasado aplicando el Mantenimiento Productivo Total.

### **3.4. Metodica de cada momento de la investigación**

#### **1º Etapa.**

Recolección de datos.

Levantamiento de la información pertinente.

Focalización en el problema.

## **2° Etapa.**

Investigación bibliográfica de diferentes fuentes así como su recopilación y sistematización de acuerdo a la orientación de la investigación.

## **3° Etapa.**

Formulación del consolidado lógico de la investigación siguiendo el Schedule para estructurar la investigación.

## **4° Etapa.**

Elaboración del cuerpo de la tesis (Planteamiento del problema, marco teórico, metodología)

## **5° Etapa.**

Elaboración de resultados en los que se concluye presentando los proyectos de mejora enfocada para lograr el incremento de la productividad

### **3.5. Operacionalización de variables**

Ambas variables pueden ser medidas en base a los registros e históricos de mantenimiento los cuales proporcionan valiosa información para poder conocer los valores de los tiempos medios entre fallas y asimismo la efectividad global del equipo.

### **3.6. Población y muestra**

Para evaluar la productividad en la línea de envasado sin duda deberemos tomar datos en la entrada y salida de la línea de envasado para poder evaluar la eficiencia de la misma. Sin embargo en la línea en análisis existen 5 partes bien definidas de las cuales se posee la información necesaria proporcionada por los históricos de mantenimiento y

listas de chequeo, pero para poder analizar la influencia del Mantenimiento Productivo Total deberemos establecer un **piloto**<sup>7</sup> para el análisis, es decir la parte mas crítica de la línea en análisis.

Luego de establecer nuestro punto de análisis podremos tomar las muestras necesarias para evaluar el comportamiento de cada una de nuestras variables y su influencia en la productividad en la línea de envasado de la empresa CPPQ S.A.

### **3.7. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

- Métodos cuantitativos:

- Medición de la EGE<sup>1</sup> (Listas de chequeo)
- Medición de las paradas cortas a diferentes turnos<sup>4</sup>.  
(Históricos de mantenimiento)
- Calculo de las seis grandes pérdidas<sup>5</sup>.

### **3.8. Procedimientos de recolección de datos**

Se procederá a la entrevista directa del personal de mantenimiento, así como la obtención de documentos de gestión de mantenimiento (físico y virtual) por parte del Ing. Javier García, jefe del área y los técnicos vinculados al área de Mantenimiento.

### **3.9. Procesamiento estadístico y análisis de datos**

Las estadísticas de falla se encuentran presentes en este estudio, dado que el área en estudio posee un histórico de mantenimiento consolidado, es por ello que parte del análisis para la contribución a la mejora del mantenimiento, se ha evaluado el mantenimiento que ya se da a otras áreas críticas.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Resultados parciales

#### 4.1.1 Pérdidas en los sistemas productivos. Las 4 M's

Un proceso productivo hace uso de materias primas, máquinas, recursos naturales, mano de obra, tecnología, y recursos financieros, y genera como resultado productos (o servicios). Se puede entender que existen cuatro categorías de recursos: Máquinas, Materiales, Mano de obra y Métodos de trabajo (que son las llamadas 4 M's).

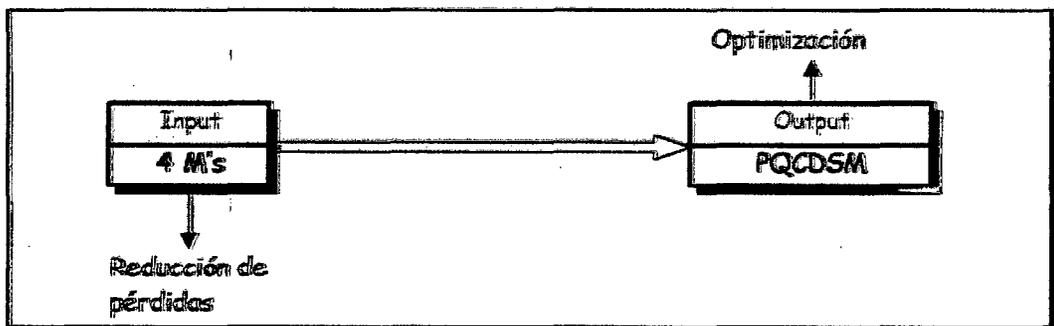
Asimismo, en todo proceso existen pérdidas causadas por deficiencias en alguno de estos recursos. Es lo que se llama "muda" (que significa desperdicio en japonés), y es cualquier mal utilización de los recursos u oportunidades (por ejemplo, el despilfarro de "tiempo" o el desperdicio de capacidades). Podemos clasificarlas según:

- **Máquinas:** Pérdidas asociadas al funcionamiento y mantenimiento de los equipos.
- **Materiales:** Pérdidas de material y energía.
- **Mano de obra:** Pérdidas relacionadas con la gestión de los recursos humanos y su rendimiento.
- **Métodos de trabajo:** Pérdidas relacionadas con actividades sin valor añadido.

Todas estas pérdidas afectan directamente a la productividad y capacidad competitiva. Y por lo tanto, en todas las organizaciones deben ser objeto de una política concreta que tienda a su eliminación, ya que un menor nivel de pérdidas implicará una mayor calidad y productividad a un coste más bajo.

El TPM es un sistema orientado a mejorar la competitividad a partir de la utilización eficiente de todos los recursos disponibles. Por este motivo, sirve como estrategia para identificar las pérdidas existentes en cada recurso, y eliminarlas estableciendo la prioridad de las mismas. Así, se optimizan los 6 outputs del proceso productivo, como muestra la Figura 6.

Fig. 6. Optimización de los 6 resultados del TPM



#### 4.1.2. Aplicación a una línea de envasado

Una vez visto el marco teórico que envuelve el Mantenimiento Productivo Total, y en particular su enfoque hacia el “cero pérdidas”, se toma el caso de una línea de envasado de líquido para analizarlo con detalle.

Primero, se realizará una descripción de la línea y luego se efectuará un análisis de las pérdidas que se producen en el proceso productivo.

La línea objeto de estudio recibe botellas de plástico (PE, Polietileno) y se encarga del llenado, taponado, etiquetado, codificado, empaquetado y paletizado de las mismas, y su posterior entrega a la unidad de Almacén, que procederá a su expedición.

#### Inputs del proceso

##### Recepción de las órdenes de producción.

Se recibe por parte del Departamento de Planificación, un reporte de producción programado a dos días vista, con la siguiente información:

Fig. 7. Programa de producción

PROGRAMA DE PRODUCCIÓN					LÍNEA: A
SEMANA: 30/05/2005					
Día inicio	Hora inicio	Día fin	Hora fin	Código	Cantidad (Nº bundles)
30/05/2011	14:00 h	30/05/2011	18:50 h	123641225	150000
30/05/2011	18:50 h	31/05/2011	02:20 h	246501232	295000
31/05/2011	02:20 h	31/05/2011	05:37 h	123641225	...

##### Recepción de materias primas, material de envasado y embalaje.

Dos unidades de operación anteriores suministran a la línea de Empaque la materia prima y los envases:

- Líquido (unidad de *Making*). Existen 3 tipos de marcas con distinta composición: A, B y C.
- Botellas de plástico (unidad de *Soplado*). Existen 2 formatos distintos de botellas (con las mismas dimensiones, pero distinto color). La recepción de las mismas se realiza a través de un encadenado de cintas transportadoras (con un total de 50m. de longitud).

También se reciben los materiales de envasado y embalaje en palets o big-bags, que son manipulados con transpaletas y un polipasto.

## **Personal necesario.**

Con objeto de desarrollar las actividades previstas para un funcionamiento adecuado de la línea de envasado, será necesario el personal que se indica a continuación, distribuidos en 3 turnos de 8 horas (de 6 a 14h, de 14 a 22 h, y de 22 a 6h.) de lunes a viernes:

- Operarios encargados de vigilar el funcionamiento de la línea, resolver pequeñas paradas, suministrar el material de embalaje y realizar los controles de calidad según la periodicidad establecida.
- Operarios eléctricos y mecánicos, encargados del mantenimiento y de resolver cualquier anomalía que surja.
- Coordinador del turno.

Además, también existen los roles de coordinador de calidad, responsable de seguridad y responsable de mantenimiento.

### **4.1.3. Proceso productivo de envasado**

#### **Llenado**

El proceso comienza con la recepción de botellas de plástico (PE), que provienen de la unidad de Soplado, y recorren unos 50 m. de transportadores hasta llegar a la línea de Empaque.

Éstas entran a un Orientador de botellas, donde son colocadas con orientación vertical en una banda transportadora, que las dirige a una Llenadora rotativa. En la Llenadora, las botellas son transportadas mediante unos platos elevadores, mientras son llenadas a través de las boquillas con la marca de líquido correspondiente.

#### **Taponado**

A continuación, las botellas entran a un Taponador rotativo, alimentado por una rampa de tapones ya orientados.

Un Elevador de tapones recoge los tapones de la tolva y los introduce en un Distribuidor de tapones; éste los orienta y los entrega a la rampa de tapones, que alimenta el Taponador. El Taponador dispone de varios cabezales, que cerrarán las botellas con los tapones correspondientes.

Una vez las botellas están llenas y taponadas, pasan un control automático de nivel de líquido y presencia de tapón, y en caso de que las botellas no cumplan las especificaciones, son rechazadas a un carril adicional. A continuación, se realiza un control de pesado automático, que verifica que las botellas cumplan con los requerimientos de peso.

## **Etiquetado y codificado**

Las botellas que pasan los dos controles de calidad anteriores son transportadas a una Etiquetadora (con un equipo de cola incorporado), donde son etiquetadas de forma envolvente. Las etiquetas y la cola son suministradas manualmente.

El Codificador imprime el número de lote de producción en las botellas y a continuación, un agrupador forma grupos de 6 botellas.

## **Agrupador, envolvedor y túnel de termo contracción**

El Envolvedor empaqueta grupos de 6 botellas (llamados bundles) usando film termo encogible, y a continuación pasan por un túnel de termo contracción.

Éstos son transportados a un segundo Codificador, que imprime el número de lote en el bundle y pasa por un control de pesado, que detecta si falta alguna botella.

## **Paletizado**

Los bundles son transportados al Paletizador, que se encarga de la formación del palet: forma capas de 12 bundles, hasta un total de 5 capas de altura. Por lo tanto, un palet consta de 60 bundles (360 botellas).

Se utilizan europalets, cuyas dimensiones son 1.200 x 800 mm., y el suministro se realiza a través del Dispensador de palets. La alimentación de palets es una tarea de la Unidad de Almacén. Una vez formado el palet, es transportado a la Enfardadora, donde se procede al enfardado del mismo, que garantiza el equilibrio del mismo durante el transporte hasta el punto de consumo.

Por último, la Etiquetadora de palets imprime dos reportes de identificación, los coloca en el palet, y éste es transportado hasta la unidad de Almacén.

### **4.1.4. Outputs del proceso**

La salida (*output*) principal del proceso es el producto acabado y paletizado, que consta de palets formados por 60 bundles, entregados a la unidad de Almacén, que se encarga de su expedición.

Además, se generan otros outputs, como son los controles de calidad, los reportes de producción y un registro de fallos del sistema, que serán descritos a continuación.

## **Controles de calidad**

Se realiza un control que permita asegurar la calidad establecida por la compañía, de forma que se puedan detectar todos los posibles fallos antes de que repercutan en el producto final. Esto se realiza mediante técnicas y acciones preventivas, de supervisión y correctoras, necesarias para cumplir los requerimientos de calidad.

Se realizan diversos controles de calidad, algunos de forma automática y continua (para toda la producción), y otros mediante un muestreo:

- A) **Pesado automático de botellas:** Un equipo de peso integrado en línea comprueba que todas las botellas cumplen con las especificaciones de peso, almacena los datos del peso de las botellas, e imprime cada hora un reporte con la media y la desviación del peso establecido. Las botellas defectuosas son rechazadas.
- B) **Pesado automático de bundles:** Otro equipo pesa los bundles, verificando que no falta ninguna botella.
- C) **Control de calidad de producto acabado:** Posteriormente, se realiza un control del producto final mediante un muestreo aleatorio, llevado a cabo por los mismos operadores, que previamente han sido formados para seguir los protocolos de procedimiento establecidos. Todos los datos obtenidos son introducidos en una base de datos para su posterior seguimiento y análisis.

En el Diagrama Funcional de Bloques se puede observar en qué instante se realizan dichas inspecciones, así como el tratamiento de los productos rechazados (ya sean intermedios o finales). Si es posible, el producto será arreglado y devuelto al proceso; en caso de que no lo sea se desecha:

- El líquido se recicla llevándolo de nuevo a la unidad de Making.
- Las botellas una vez vaciadas se llevan a la unidad de Soplado, donde se trituran e introducen de nuevo en la Máquina Sopladora, donde reinician el proceso.
- Las etiquetas y tapones son desechos (Scrap).

#### **Flujos de información:**

##### **A) Reportes de producción**

Se elabora un reporte de producción cada turno, indicando para cada código que se ha producido, la hora de comienzo, hora de fin de producción, y la cantidad producida.

Fig. 8. Reporte de producción

TURNO: Mañana		EQUIPO: A		DÍA: 29/05/2005	
Código	Hora inicio	Hora fin	N° bundles producidos		
123641225	06:05	07:45	35000		
135486212	08:00	09:56	50000		

## **B) Registro de datos de fiabilidad**

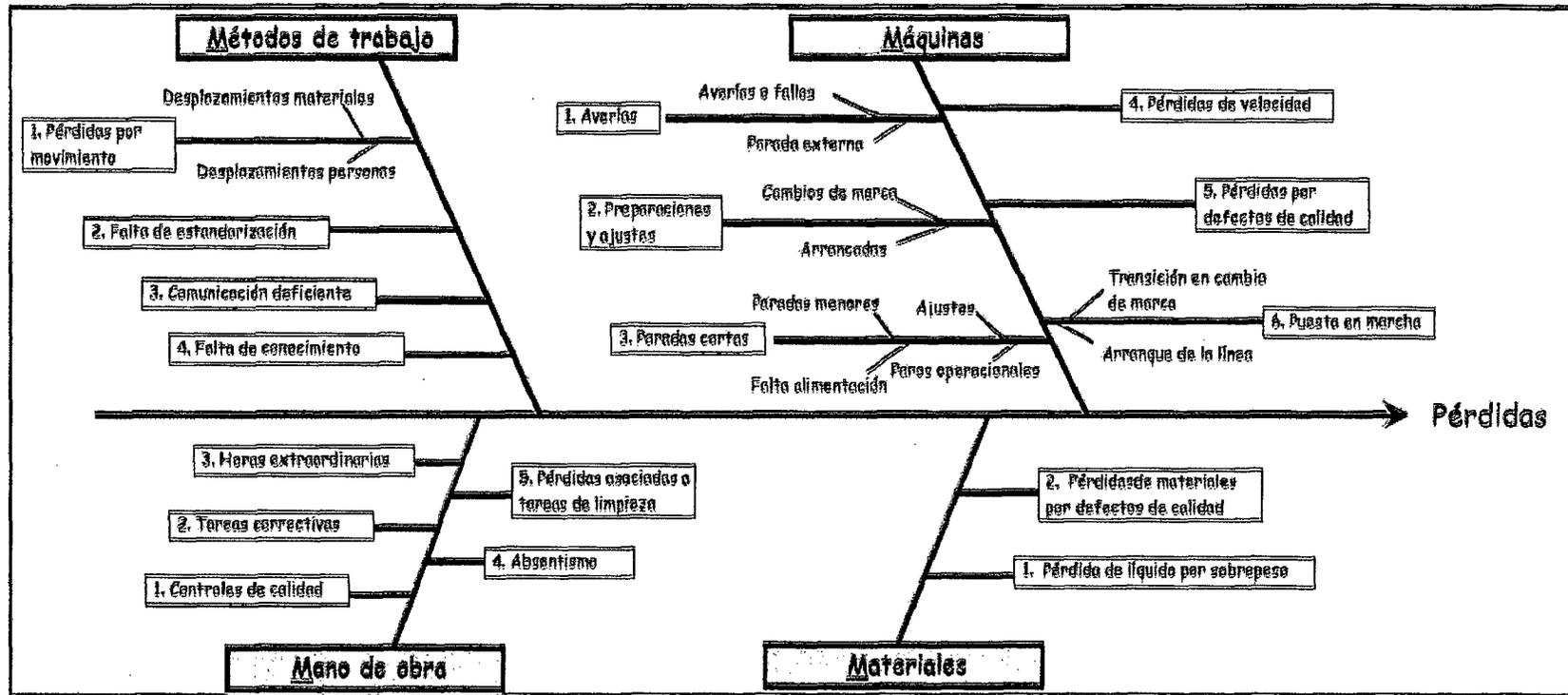
Existe un sistema informático de recogida de datos que registra los paros que se producen en la línea, algunos de los cuales asignan automáticamente el fallo producido a una causa, y otros son reasignados o comentados por el operario de la línea. Este sistema permite hacer un seguimiento de la eficiencia de la línea, así como determinar las principales causas de pérdida de la misma.

### **4.1.4. Descripción y clasificación de las pérdidas en la línea**

El primer paso a dar en la aplicación TPM para reducir las pérdidas existentes consiste en identificarlas y mantener registros de información que muestren su evolución.

Por lo tanto, una vez descrita la línea, se procede a identificar qué pérdidas se producen para cada una de las categorías de recursos (las cuatro M's). Se realiza el análisis mediante un Diagrama Ishikawa o de Causa-Efecto (Figura 9), donde se muestran las causas más significativas que provocan pérdidas de productividad en la línea.

Fig. 9. Diagrama Causa – Efecto de Pérdidas en la línea productiva



A continuación se explica en qué consisten cada una de ellas.

#### **4.1.5. PÉRDIDAS EN LAS MÁQUINAS: LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS**

Según la metodología TPM, los principales factores que merman las condiciones operativas ideales y que impiden maximizar la eficiencia global de los equipos puede clasificarse en seis grandes grupos, conocidos como las Seis Grandes Pérdidas:

**Averías:** Ocurren cuando el proceso se detiene porque un equipo pierde repentinamente sus funciones específicas y se requiere una reparación.

**Preparaciones y ajustes:** Son las preparaciones y ajustes del equipo para el arranque de producción, cambios de marca, etc.

**Paradas cortas:** Son intervenciones de corta duración por pequeños fallos, atranques de piezas, defectos en alimentación, transferencias, etc. En este tipo de pérdida no se daña el equipo y, en general, se considera que son los paros menores a 10 min. (en caso de que sea mayor, se suele considerar como avería con el fin de resaltar su importancia, aunque el equipo no haya sufrido ningún daño).

**Velocidad reducida:** Estas pérdidas son debidas a que se opera a una velocidad inferior a la velocidad máxima de diseño. Esto es debido a que a velocidades más elevadas ocurren defectos de calidad y paradas menores.

**Defectos de calidad del proceso:** Son causadas por los productos fabricados que resultan defectuosos o fuera de especificaciones, y utilizan un tiempo determinado del equipo para su producción (que se pierde debido a que son rechazados por no ser aptos para ser comercializados, y posteriormente tiene que ser re trabajados o eliminados).

**Pérdidas de rendimiento en la puesta en marcha:** Estas pérdidas se refieren al rendimiento reducido entre el comienzo de la producción y la estabilización de la misma tras un arranque, cambio de marca, reparación, etc. (situado por debajo de la capacidad que puede obtenerse cuando se supera esta fase).

Los efectos (o el impacto) que éstas producen en la línea son los siguientes:

- Paros de la línea.
- Disminución de la velocidad de producción.
- Pérdidas de calidad.

#### 4.1.6. PÉRDIDAS DE MATERIALES

**Pérdida de líquido por sobrepeso (overpack):** Pérdida debida al llenado excesivo de las botellas.

**Pérdidas de materiales por defectos de calidad:** Estas pérdidas son debidas a los productos defectuosos que son rechazados y desechados, por cada uno de los controles de calidad que se realizan en la línea. Éstas incluyen:

- **Polietileno** (botellas vacías), debido a los productos rechazados que son desechados.
- **Etiquetas.** Pérdida causada tanto por la manipulación y los productos de rechazo.
- **Tapones.** Pérdida causada por el rechazo de productos defectuosos.

#### 4.1.7. PÉRDIDAS EN LA MANO DE OBRA

**Pérdidas en controles de calidad.** Es el tiempo que los operarios dedican a realizar los controles de calidad (descritos anteriormente).

**Pérdidas en tareas correctivas (Retrabajos).** Es el trabajo necesario para convertir los productos defectuosos, de forma que vuelvan a cumplir las especificaciones. Se trata de la revisión de palets provenientes de un bloqueo por posibles defectos de calidad, y su posterior liberación o corrección para expedirlos al mercado.

**Pérdidas por horas extra.** Éstas incluyen el pago de todas las horas extra.

**Pérdidas por ausentismo.** Cualquier tipo de ausencia de trabajadores en la línea: bajas, permisos, etc.

**Pérdidas vinculadas a tareas de limpieza.** Tiempo dedicado a los CIL's (Estándares tentativos de limpieza, inspección y lubricación).

#### 4.1.8. PÉRDIDAS EN LOS MÉTODOS DE TRABAJO

Son todas las pérdidas que experimentan los trabajadores debido al método o procedimiento utilizado. Se incluirían en este punto todas las actividades que no dan

valor añadido al producto, pero se considerarán solamente las más significativas en la línea de envasado.

**Pérdidas por movimiento innecesario.** Pérdidas a movimientos innecesarios, debido a la distribución en planta (Layout) existente. Este tipo de pérdida es muy importante en la línea debido al Layout que presenta.

**Falta de estandarización.** Se producen por el hecho que existen variaciones en la forma de proceder ante situaciones o problemas, dependiendo de la persona, turno, etc.

**Comunicación deficiente.** Pérdidas asociadas a falta de comunicación entre trabajadores.

**Pérdidas por falta de conocimiento.** Son debidas a errores o fallos por falta de decisión o incapacidad para desarrollar una determinada tarea por una falta de habilidad o conocimiento.

#### 4.1.9. Impacto de las pérdidas.

A continuación se analiza el impacto que supone cada una de las pérdidas que se producen en el proceso productivo, descritas en el punto anterior.

### PÉRDIDAS EN LAS MÁQUINAS

Este tipo de pérdidas tienen impacto tanto en la eficiencia del sistema, como en el coste de la mano de obra y materiales. Sin embargo, se considerará exclusivamente la pérdida de eficiencia, despreciando el resto de pérdidas asociadas.

Para medir la eficiencia de los equipos, la metodología TPM propone un indicador llamado Efectividad Global de los Equipos. Éste representa el porcentaje de botellas de calidad producidas, respecto la producción potencial (la cantidad que se habría fabricado durante el Tiempo disponible sin parar, yendo a la velocidad óptima, establecida en 500 bot./min.).

Se puede expresar como:

$$EGE = \frac{\text{Producción neta}}{\text{Producción potencial}} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de botellas producidas} \times \text{Tiempo de ciclo}}{\text{Tiempo disponible}} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Para realizar el cálculo, se consultan los reportes de producción de 8 semanas consecutivas (del 1 de noviembre al 27 de diciembre de 2010), de los cuales se obtienen el tiempo total disponible y el volumen producido durante el mismo (en el Anexo B se detalla este cálculo).

De este modo, se obtiene la Eficiencia Global de los Equipos:

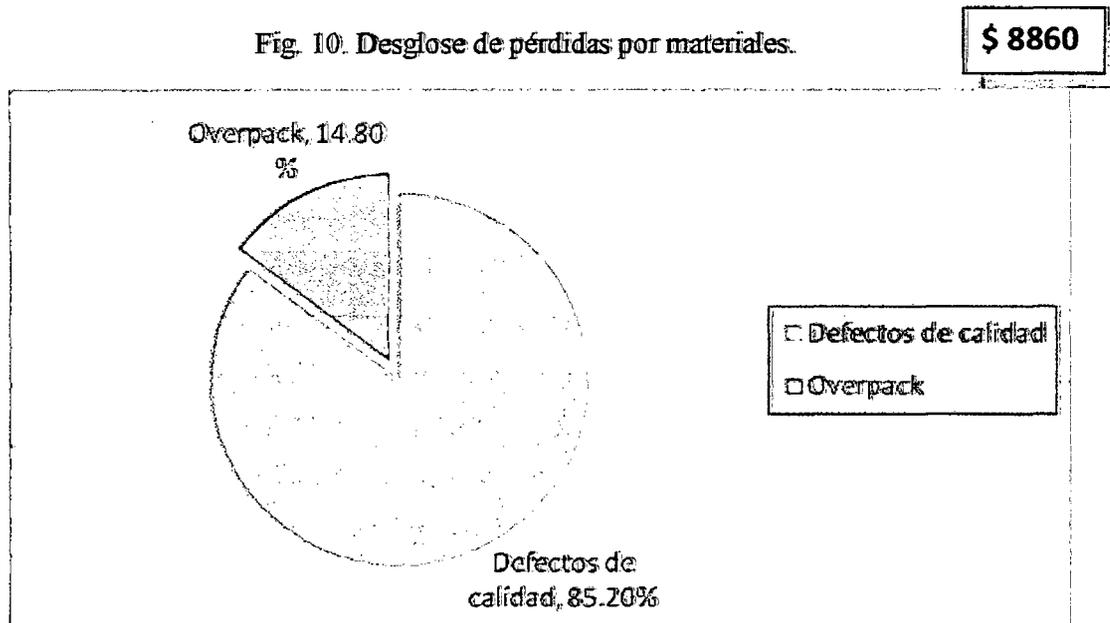
EGE=	13105625 botas (1 min. / 500 bot.)	-83.7%
	31321 min.	

Por lo tanto, las pérdidas en las Máquinas, tienen un impacto del 16.3%.

## PÉRDIDAS DE MATERIALES

La importancia de este tipo de pérdidas se puede medir con el coste que supone cada una de ellas. En la Figura 10 se presenta un Diagrama Circular, donde se representa las pérdidas de materiales en el Año 2010-2011.

Fig. 10. Desglose de pérdidas por materiales.



Las pérdidas producidas por defectos de calidad son debidas al rechazo de productos fuera de especificaciones. Para disminuir este tipo de pérdidas, se debe trabajar buscando el "cero defectos", es decir, fabricar productos de calidad a la primera y evitar así, la generación de "scrap" (desechos).

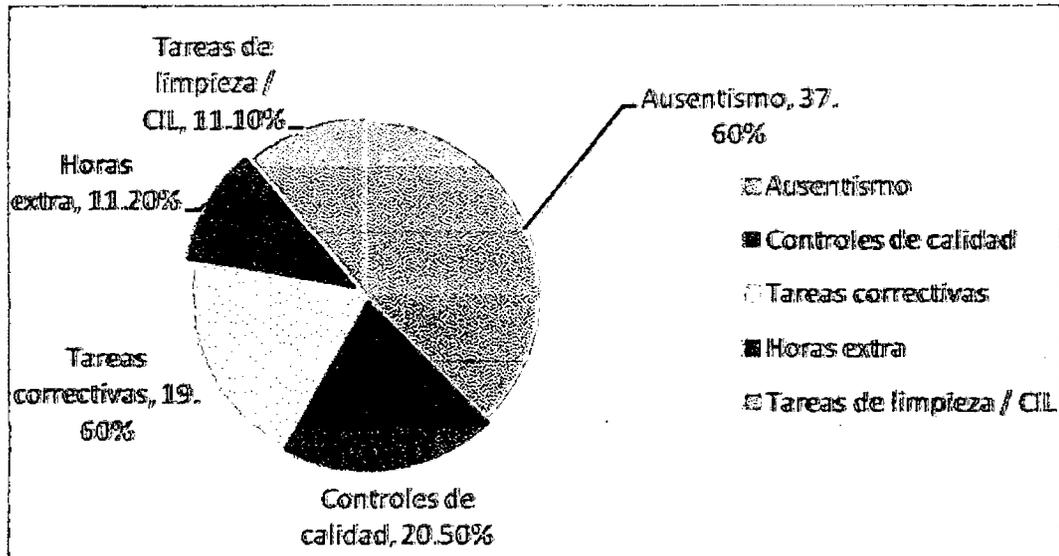
La mayor pérdida en este concepto se produce en las etiquetas, que además de sufrir la pérdida por productos rechazados, se añaden las pérdidas por la manipulación de las mismas. En el caso de la pérdida de líquido no se trata de productos rechazados (dado que todo el líquido se recicla), sino del overpack (sobrellenado), que es la cantidad del líquido que se llena de más en las botellas. Esta pérdida se trata de minimizar calibrando la llenadora periódicamente.

## PÉRDIDAS EN LA MANO DE OBRA

En este caso también se medirá su impacto según el coste que supone, reflejado en la Figura 11.

Fig. 11. Desglose de pérdidas por Mano de obra

**\$ 39 830**



Las pérdidas de Mano de obra representan un total de \$ 39 830, del cual el 37.6% son pérdidas por ausentismo. Se puede medir el ausentismo con el siguiente índice:

$$\text{Tasa media ausentismo} = \frac{\text{Total de horas de ausentismo}}{\text{Total de horas posibles de trabajo}} \times 100 \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Para realizar el cálculo se ha supuesto que se trabajan 1750 horas/año y una retribución de \$23/hora. Esta tasa de ausentismo está situada en un 6%; es bastante elevada en comparación con el porcentaje medio estatal para la industria, situado aproximadamente en 4.5%, según la Encuesta Trimestral de Coste Laboral del 2010 del MTPE, incluida en el Anexo C. En este concepto de ausentismo se ha incluido:

- Bajas por enfermedad.
- Bajas por accidente laboral.
- Ausencias por conflictividad laboral (horas sindicales, huelgas, etc.)
- Ausencias por permisos remunerados.

Un aspecto muy positivo a destacar es que no se ha registrado ninguna baja por accidente laboral, por lo que se deduce que el Plan de Prevención de Riesgos Laborales es muy eficaz.

Para reducir el ausentismo laboral, una medida imprescindible consiste en fomentar la motivación y la implicación de los trabajadores. Esto se puede lograr a través de:

- Crear mecanismos para que los trabajadores expresen sugerencias de mejora.
- Facilitar el desarrollo profesional de los trabajadores, favoreciendo el aprendizaje.
- Fomentar la motivación del personal con actividades autónomas de pequeños grupos, promoviendo el trabajo en equipo.
- Fomentar la comunicación entre los distintos niveles y el reconocimiento profesional.
- Realizar encuestas periódicamente que reflejen el grado de satisfacción de los trabajadores.
- Crear y mantener un ambiente de trabajo con un entorno grato y seguro.
- Premiar con un plus de incentivación (o bien con días adicionales de vacaciones) a los trabajadores que tengan un menor ausentismo.

La siguiente causa de pérdida en orden de importancia son los controles de calidad y las tareas correctivas, es decir, todas las pérdidas relacionadas con la calidad son la segunda causa más importante (un 40% aproximadamente).

Se ha escrito anteriormente en qué consisten los controles de calidad que los operarios realizan de forma periódica tanto para las botellas, como para los bundles y el palet. La tabla 2 recoge un resumen del tiempo dedicado a estos controles, que asciende a un total de 100 min. por turno.

	<b>Frecuencia (h. / insp.)</b>	<b>Muestreo (Nº de botellas / inspección)</b>	<b>Total dedicación (min. / turno)</b>
<b>BOTELLA</b>	2	10	20
<b>BUNDLE</b>	4	2	5
<b>PALET</b>	4	1	10

*Tabla 2. Tiempo dedicado a los controles de calidad*

En los últimos meses se ha trabajado en la reducción de estas dos pérdidas, con la instalación de un sistema de visión artificial que evalúa el taponado, etiquetado y la impresión del número de lote en las botellas. Este sistema presenta la ventaja de que permite controlar el 100% de la producción, frente al muestreo manual actual que representa solamente el 0.02%. con este equipo se pretende reducir el muestreo manual de las botellas, que representa el 80% del coste de esta partida (Controles de calidad). Asimismo, con este nuevo sistema también se pretende reducir de forma significativa las Tareas correctivas, evitando el bloqueo de productos, que son fruto del muestreo.

El resto de pérdidas se considera que están bastante optimizadas, y debe hacerse el seguimiento para mantenerlas bajo control.

## **PÉRDIDAS EN LOS MÉTODOS DE TRABAJO**

Estas pérdidas no son fácilmente cuantificables, por lo tanto se valora el impacto de forma cualitativa.

- 1. Pérdidas por movimiento innecesario.** Esta pérdida es significativa debido al Layout que presenta. En el anexo D se muestra el Layout de la línea de forma esquemática, en el cual queda reflejada la gran distancia entre el paletizador y el resto de la línea, que obliga a realizar grandes desplazamientos a los operarios.

Para optimizar los desplazamientos, la mejor opción es disponer de una estructura espacial en forma de “U”, de forma que el operario puede trasladarse rápidamente de un equipo a otro. Sin embargo, esta disposición no es posible en esta línea productiva porque el paletizador está ubicado en la unidad de Almacén (común para todas las líneas productivas de la fábrica).

- 2. Falta de estandarización.** La mayor parte de los procesos están estandarizados (tienen un SOP o una Lista de chequeo asociada); sin embargo, todavía existen casos en que ocurren fallos de operación por este motivo.
- 3. Comunicación deficiente.** Se dispone de un tablón para anotar la información que se considere relevante para los turnos siguientes; aun así, se producen pérdidas de información en algún caso. Se debe destacar también la comunicación entre los cambios de turno, un momento esencial para que se transmita la información necesaria. Algunos ejemplos de deficiencias son: ajustes realizados en las máquinas que no son comunicados, problemas que surgen durante el turno que no son transmitidos al turno siguiente, etc.
- 4. Pérdidas por falta de conocimiento.** La fábrica en cuestión, apuesta por la formación y el entrenamiento de sus trabajadores, de forma que se realizan entrenamientos periódicos de todos aquellos aspectos que se consideran necesarios. Por este motivo, esta pérdida está bajo control.

#### **4.1.10. Priorización de las pérdidas**

Por un lado, se ha visto que las pérdidas en las Máquinas impactan en la Eficiencia Global de los Equipos, causando una pérdida del 16,3%. Por otro, las pérdidas en los Materiales ascienden a \$ 8860, y se trabajan tratando de producir con “cero defectos”. En cuanto a las pérdidas por Mano de obra han sido trabajadas instalando un sistema de Visión artificial, atacando así las pérdidas por Controles de calidad y las Tareas correctivas (un 40% del total de pérdidas por Mano de obra). Y por último, en el análisis de pérdidas en Métodos de trabajo, se ha destacado la gran desventaja que presenta el Layout de la línea (que es un tema hoy por hoy irresoluble), así como la importancia de la buena comunicación entre turnos consecutivos.

Para todas ellas, es muy importante tener un indicador que nos permita medirlas, y poder seguir su evolución. De este modo, se pueden conocer los puntos de mejora así como detectar posibles desviaciones respecto a periodos anteriores y tomar contramedidas.

Una vez entendida la situación de pérdidas de la línea, y realizada la valoración del impacto que tienen para cada uno de los recursos, se explicará a continuación dónde se va a enfocar el presente proyecto.

#### **4.1.11. Importancia de la fiabilidad del sistema.**

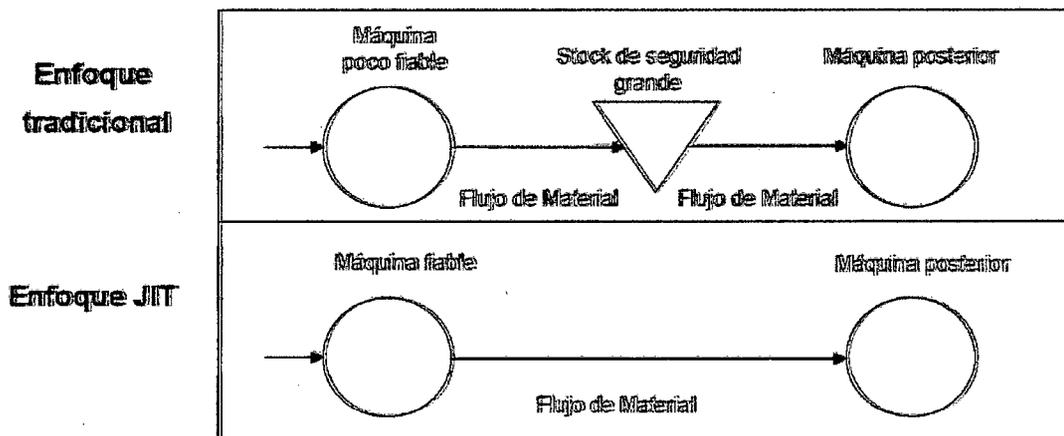
Se utiliza un sistema de fabricación “Pull” (promovido por la teoría del Just in Time), donde es la demanda la que tira de la línea de producción y genera la fabricación de las unidades necesarias (sin inventarios). Esto supone una gran necesidad de que el sistema sea lo más fiable posible.

En cambio, en los sistemas de fabricación tipo “Push” en los que se produce independientemente de lo que se venda, los inventarios sirven de “amortiguador” a lo largo de toda la cadena de suministro.

Sin embargo, en el pensamiento “cero pérdidas” el inventario se considera como un desperdicio y por lo tanto, producir algo que no se vende representa también un desperdicio. Es pues importante que sea la demanda de los clientes la que tire del producto a través del sistema.

Con la eliminación de inventarios, se dispone de un sistema interconectado, donde el fallo de un equipo afecta directamente la productividad de los sistemas siguientes. La figura 12 muestra gráficamente estos dos enfoques.

Fig.12. Enfoque tradicional y enfoque JIT



Para trabajar con un sistema JIT (Just In Time) es necesario garantizar la fiabilidad y eficacia de los equipos, así como disponer de un sistema productivo flexible. Es por este motivo que la teoría JIT y el TPM están tan relacionados. Debe ser por lo tanto un objetivo fundamental maximizar la fiabilidad de los equipos; esto es, que funcionen el máximo tiempo posible, de la forma más eficiente posible.

Con este razonamiento, y después de haber realizado el análisis de pérdidas en la línea, se establece el foco del proyecto en la reducción de pérdidas en los equipos (máquinas). El objetivo pues será maximizar el nivel de la Efectividad Global de los Equipos.

#### **4.1.12. Análisis de las pérdidas en los equipos**

El siguiente paso será analizar la situación actual de pérdidas para encontrar oportunidades de mejora. En este punto se marcan como objetivos:

- Entender cómo se manifiestan las Seis Grandes Pérdidas en la línea de empaque.
- Analizar el nivel actual de Efectividad Global de los Equipos, cuantificando con precisión cada una de las Seis Grandes Pérdidas.
- Identificación de necesidades y/o oportunidades de mejora.

#### **4.1.13. Manifestación y efectos de las Seis Grandes Pérdidas**

En la Tabla 3 se presenta de qué modo se manifiestan las Seis Grandes Pérdidas en la línea de empaque, así como su descripción y el efecto que provocan.

Tabla 3. Manifestación de las Seis Grandes Pérdidas en la línea.

	MANIFESTACIÓN	EFEECTO
1	1.1 Avería/ fallo de un equipo.	Tiempo perdido cuando el proceso se detiene porque un equipo pierde repentinamente sus funciones específicas, y se requiere una reparación.
	1.2 Fallos externos.	Cuando el proceso se detiene por factores externos a la línea de empaque. Pueden ser debidas al fallo de uno de los sistemas aguas arriba (Soplado o Making), el fallo del sistema existente aguas abajo (Almacén), o por algún elemento que no es competencia de la línea de empaque (Etiquetadora de palets o el Suministro al Dispensador de palets).
2	2.1 Preparación en la arrancada	Estas pérdidas consisten en los ajustes de las máquinas para la puesta a punto de la línea.
	2.2 Cambio de código / marca	Tiempo de paro durante el cual se realiza un cambio de código de producción, que implica cambio de etiquetas, containers, etc, y que puede implicar también un "cambio de marca", en el cual se cambia el líquido de llenado de las botellas por otro con distinta composición.
3	3.1 Paradas menores	Son interrupciones menores a 10 minutos, debidas a problemas relacionados con el transporte de materiales y con las operaciones de producción. En algunos casos, son pequeñas intervenciones para ajustar los equipos.
	3.2 Falta de alimentación	Son paradas causadas por la falta de suministro de material: etiquetas, containers, tapones tipo B (que son los únicos suministrados de forma manual).
	3.3 Paros operacionales	Son intervenciones necesarias para alimentar un equipo y continuar con la producción. Algunos ejemplos son el cambio de bobina de la enfundadora y el cambio de tinta de la Etiquetadora de palets.
4	4.1 Reducción en la velocidad	Producción perdida debido a que se opera a una velocidad inferior a la velocidad estándar.
5	5.1 Producción de defectos	Son causadas por los productos fabricados que resultan defectuosas o fuera de especificaciones, y utilizan un tiempo determinado del equipo para su producción.
6	6.1 Transición de cambio de marca.	Tiempo de transición en los cambios de marca, durante el cual se produce un determinado número de bundles que será posteriormente eliminado. Según el cambio de marca que se realice, está establecido cuántos bundles se deben romper para alcanzar el nivel estándar de calidad.

#### 4.1.14. Efectividad Global de los Equipos

Como se ha calculado anteriormente, el sistema presenta una  $EGE = 83.7\%$ . Conocer de qué modo se ha perdido el 16.3% de efectividad restante no es tan trivial. Para ello, se puede desglosar la EGE, entendida como producto de tres coeficientes:

$$EGE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Tasa de calidad} \quad (\text{Ec. 5.1})$$

Donde:

- **Coefficiente de disponibilidad (D):** Índice que expresa el porcentaje de tiempo en el que el equipo está operando.
- **Coefficiente de rendimiento (R):** Es una medida que expresa el rendimiento del equipo durante el tiempo en que funciona. Indicará si se logran los niveles de producción máximos o teóricos.
- **Tasa de calidad (C):** Fracción de la producción obtenida que cumple con las especificaciones.

Como puede deducirse, cada uno de estos coeficientes hace referencia directa a una de las seis grandes pérdidas. En el cuadro de la Figura 13 se muestra dicha relación.

Fig. 13. Coeficientes seis grandes pérdidas

Coefficiente	Tipo de pérdidas asociadas
Disponibilidad (D)	1. Averías
	2. Preparaciones y ajustes
Rendimiento (R)	3. Paradas cortas
	4. Velocidad reducida
Calidad (C)	5. Productos defectuosos
	6. Puesta en marcha

Por lo tanto, la Eficiencia Global de los Equipos se puede calcular determinando la fracción de tiempo que el equipo funciona, una vez deducidas las pérdidas derivadas de un funcionamiento incorrecto o incompleto, y deducidas también las que resultan de la obtención de productos defectuosos.

➤ **Determinación de los tiempos que intervienen en el indicador EGE.**

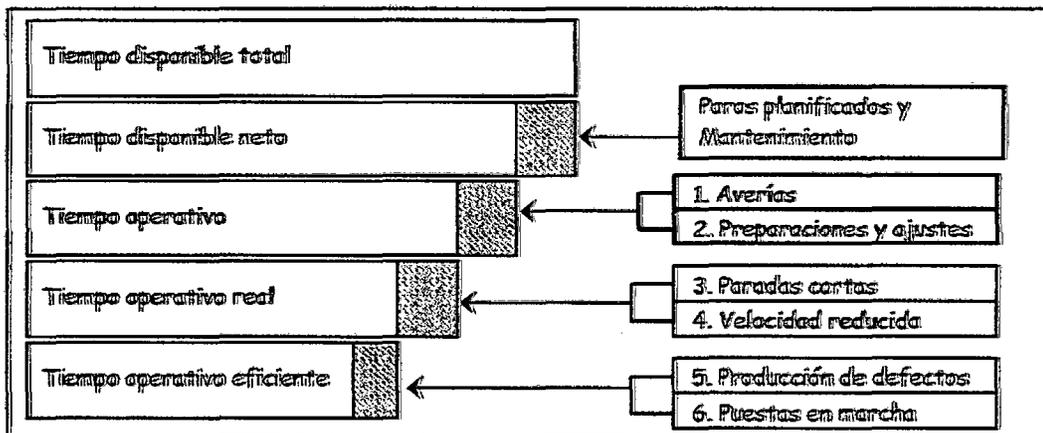
El tiempo real para operar a plena eficiencia se puede obtener a partir del tiempo total disponible deduciendo los tiempos asociados a todas las pérdidas. El cuadro de la Figura 14 detalla la obtención de dichos tiempos.

Fig. 14. Obtención de tiempos en la Efectividad Global de los Equipos

Tiempo	Siglas	Tiempos obtenidos deduciendo del anterior los tiempos de:
Tiempo disponible total	TDT	Tiempo previsto que el equipo se pueda utilizar
Tiempo disponible neto	TDN	Tiempo sustraído para: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento (preventivo/ productivo)</li> <li>• Paros previstos</li> </ul>
Tiempo operativo	TO	Tiempo de paro por: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Averías</li> <li>2. Preparaciones y ajustes</li> </ol>
Tiempo operativo real	TOR	Tiempo perdido debido a: <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Paradas cortas</li> <li>4. Reducción de velocidad</li> </ol>
Tiempo operativo eficiente	TOE	Tiempo perdido por la producción de defectos (posteriormente rechazados): <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Defectos de calidad</li> <li>6. Puestas en marcha</li> </ol>

En la figura 15 adjunta, se puede apreciar cómo se va reduciendo el tiempo disponible para la producción, a medida que se deducen las pérdidas y sus tiempos asociados.

Fig. 15. Tiempos operativos según las pérdidas asociadas.



El cálculo de los coeficientes se efectúa según las siguientes expresiones:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible neto}} = \frac{TO}{TDN} \quad (\text{Ec. 5.2})$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo operativo real}}{\text{Tiempo operativo}} = \frac{TOR}{TO} \quad (\text{Ec. 5.3})$$

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{\text{Tiempo operativo eficiente}}{\text{Tiempo operativo real}} = \frac{TOE}{TOR} \quad (\text{Ec. 5.4})$$

El análisis de cada uno de ellos por separado permitirá ver por dónde estamos siendo menos eficientes y evaluar el potencial de mejora.

#### 4.1.15. Histórico de paradas de la línea

Para calcular los tiempos definidos en el punto anterior, necesitaremos datos de las paradas planificados y no planificados durante el Tiempo operativo.

Como se ha explicado anteriormente, existe un registro de datos de fiabilidad, que recoge automáticamente todas las paradas que se producen en la línea durante el Tiempo operativo. En particular, se recogen las averías, los cambios de marca y las paradas cortas. Esta será pues, una herramienta indispensable para el análisis de pérdidas en los equipos.

Para el análisis, se quiso considerar un período de tiempo suficiente para que fuera representativo, pero que al mismo tiempo, el volumen de datos no fuera demasiado extenso debido al trabajo que supone su posterior tratamiento. Este período se fija en 8 semanas consecutivas (del 1 de noviembre al 27 de diciembre) y se dispone para cada parada la información mostrada en la Figura 16.

Fig. 16. Histórico de paradas de línea

Inicio de fallo	Uptime	Downtime	Modo de Fallo	Equipo	Comentario
21-nov - 23: 47: 02	36.37	09.50	Sobrecarga Llenadora	Llenadora	
22-nov - 01: 32: 25	66.20	25.30	Paro Manual Llenadora	Orientador	Tapón al revés

A continuación se define cada uno de los campos:

- Inicio de fallo: Instante en que empieza la parada, con una precisión de segundos.
- Uptime: Tiempo durante el cual la línea ha permanecido en funcionamiento desde la última parada (en minutos).

- Downtime: Tiempo durante el cual se produce el paro (en minutos).
- Modo de fallo: Forma en que se produce el fallo.
- Equipo: Máquina en la cual se produce el fallo.
- Comentario: Un campo opcional donde el operador puede añadir información adicional sobre el suceso.

Es importante que el 100% de las paradas sean capturadas y contengan toda la información requerida para que el histórico de fallos sea representativo. Sin embargo, sólo algunas de las paradas son asignadas correctamente de forma automática, mientras que el resto deben ser reasignadas por los operarios de la línea. Es bastante laborioso reasignar todas las paradas a sus respectivas causas, pero al mismo tiempo, se considera necesario.

En el Anexo E.1 se presenta una tabla a modo de resumen, con los datos obtenidos para cada Modo de Fallo agrupados por semanas.

#### **4.1.16. Cálculo de las Seis Grandes Pérdidas.**

En este punto se pretende calcular las Seis Grandes Pérdidas y sus coeficientes de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. Se calculará midiendo el tiempo perdido en cada una de ellas. En el caso de las pérdidas por paradas en la línea una vez iniciada la producción, se puede calcular de forma exacta a partir de los datos de todas las paradas registradas en el Histórico. En el Anexo E.2 se presentan los datos del histórico clasificados para cada una de las pérdidas registradas.

Sin embargo, para el resto de pérdidas se realiza el cálculo para un período determinado y luego se extrapola a 8 semanas, teniendo en cuenta que se produce durante 61 turnos.

Para las pérdidas de calidad (Producción de defectos y Transición en los cambios de marca) se calculará las botellas que se producen pero que son desechadas, y a continuación se calculará el tiempo equivalente de producción que se ha perdido (teniendo en cuenta que la velocidad estándar es 500 bot/min.). En los cambios de marca se conoce cuáles se han realizado y cuántos bundles deben desecharse (de acuerdo con los estándares de calidad) para cada uno de ellos.

En la Tabla 4 se muestran los tiempos obtenidos, así como las hipótesis que se han realizado.

Tabla 4. Cálculo del tiempo perdido equivalente para cada una de las Seis Grandes Pérdidas

	Modo de fallo	Tiempo perdido (min.)	Método utilizado para el cálculo / Hipótesis realizadas para el cálculo
1	1.1 Avería/ fallo de un equipo.	$T(1.1) = 351.1$	Cálculo exacto a partir de las paradas registradas en el histórico.
	1.2 Fallos externos a la línea.	$T(1.2) = 232.6$	
2	2.1 Preparación en la arrancada	$T(2.1) = 480$ (*1)	(*1) Se asume que la preparación dura 1h. al inicio de cada semana. • $T(2.1) = 60 \text{ min/semana} * 8 \text{ semanas} = 600 \text{ min.}$
	2.2 Cambio de código / marca	$T(2.2) = 1825.5$	Cálculo exacto a partir de las paradas registradas en el histórico.
3	3.1 Paradas menores	$T(3.1) = 1157.3$	Cálculo exacto a partir de las paradas registradas en el histórico.
	3.2 Falta de alimentación	$T(3.2) = 18.72$	
	3.3 Paros operacionales	$T(3.3) = 31$	
4	4. Reducción en la velocidad	$T(4) =$ (*2)	(*2) Se deducirá su pérdida una vez calculadas todas las demás.
5	5. Producción de defectos	$T(5) = 125$ (*3)	(*3) Rechazos producidos durante 1 turno: 1025 botellas Nº botellas defectuosas = 1025 botellas / turno * 61 turnos = 62525 botellas • $T(5) = \frac{62525 \text{ botellas}}{500 \text{ botellas/min.}} = 125 \text{ min.}$
	6. Transición de cambio de marca.	$T(6) = 122$ (*4)	(*4) Extracción durante tres turnos: 3000 botellas Nº botellas extraídas = 3000 botellas / 3 turnos * 61 turnos = 61000 botellas • $T(6) = \frac{61000 \text{ botellas}}{500 \text{ botellas/min.}} = 122 \text{ min.}$

Los tiempos operativos son los siguientes:

- $TO = TDN - T(1.1) - T(1.2) - T(2.1) - T(2.2)$   
 $TO = 31321 - 351.1 - 232.6 - 480 - 1825.5 = 28432 \text{ min}$
- $TOR = TO - T(3.1) - T(3.2) - T(3.3) - T(4)$   
 $TOR = 28432 - 1157.3 - 18.7 - 31 - T(4)$

En los casos en que no se dispone de todos los datos de las Paradas cortas o Pérdidas de velocidad (como es nuestro caso), es posible calcular el tiempo operativo real como:

$$\boxed{TOR = \text{Tiempo de ciclo teórico} \times \text{Cantidad producida}} \quad (\text{Ec. 5.5})$$

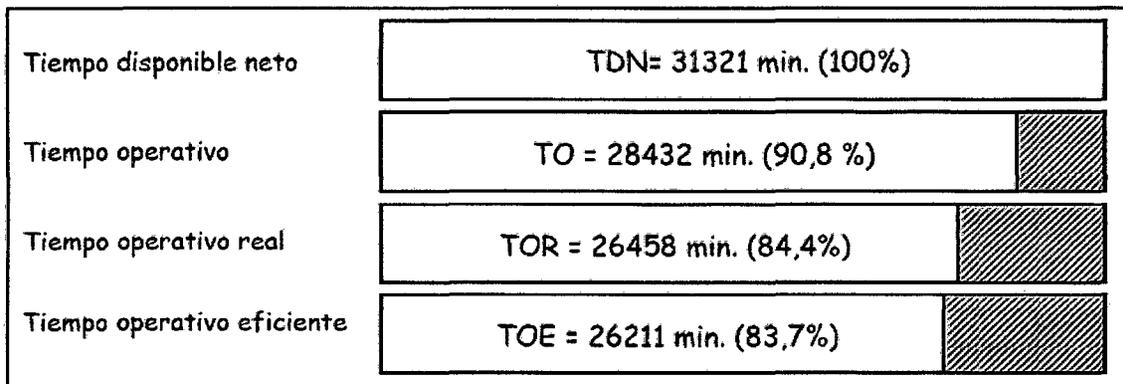
$$TOR = \frac{\text{min}}{500 \text{ bot.}} * (13107840 + 123525) = 26458 \text{ min.}$$

Por lo tanto  $T(4) = 967.4 \text{ min.}$

- $TOE = TOR - T(5) - T(6)$   
 $TOE = 26458 - 125 - 122 = 26211 \text{ min.}$

La figura 17 muestra los resultados obtenidos para los tiempos operativos.

Fig.17. Tiempos operativos calculados



### Disponibilidad, Rendimiento y Tasa de calidad

Según las ecuaciones Ec.5.2, Ec.5.3 y Ec.5.4, los coeficientes de Disponibilidad, Rendimiento y Tasa de calidad son:

- $\text{Disponibilidad} = \frac{TO}{TDN} = \frac{28432 \text{ min.}}{31321 \text{ min.}} = 90.8\%$
- $\text{Rendimiento} = \frac{TOR}{TO} = \frac{26458 \text{ min.}}{28432 \text{ min.}} = 93.1\%$

- $$\text{Tasa de calidad} = \frac{\text{TOE}}{\text{TOR}} = \frac{\text{Cantidad producida} - \text{Defectuosos}}{\text{Cantidad producida}} = \frac{13231365 - 123525}{13231365} = 99.1\%$$

La Eficiencia Global de los Equipos (según la Ec. 5.1) es entonces:

- $$\text{EGE} = 90.8\% \times 93.1\% \times 99.1\% = 83.7\%$$

La relación entre estos tres factores y el indicador EGE no es lineal, por lo tanto la pérdida total de productividad (16.3%) no representa la suma de las pérdidas de cada factor (9.2%, 6.9% y 0.9%). De este modo, se atribuirá el porcentaje de impacto de cada una de ellas proporcionalmente al total (16.3%).

Tabla 5. Impacto de los coeficientes en la Efectividad Global.

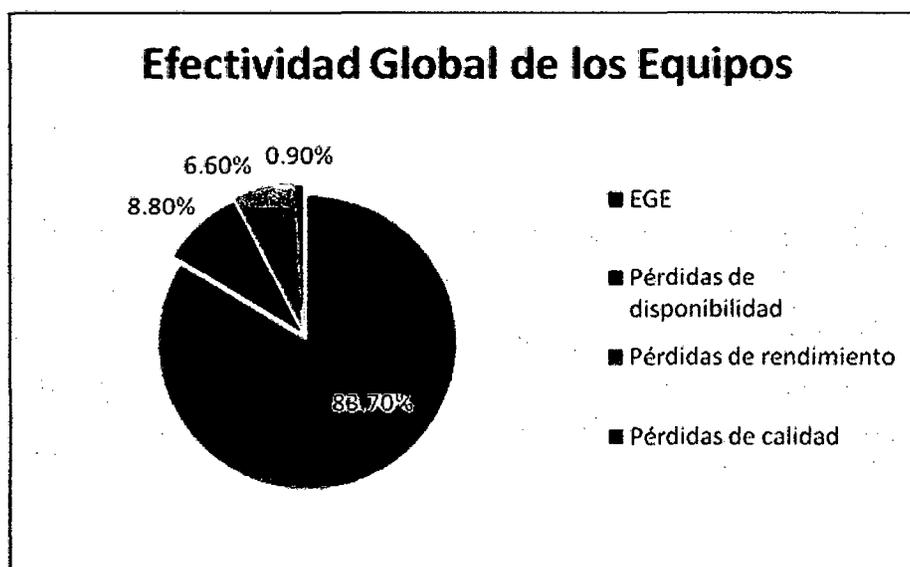
	Pérdida	% que representa	Impacto en EGE
Pérdida de Disponibilidad	9,2%	53,9 %	8.8%
Pérdida de Rendimiento	6,9%	40,6 %	6.6%
Pérdida de Calidad	0,9%	5,5 %	0.9%

Veamos como ejemplo el cálculo del impacto de la pérdida de Disponibilidad:

- $$\text{Pérdida de Disponibilidad} = 0.539 \times 16.3\% = 8.8\%$$

El impacto de cada coeficiente en la Efectividad Global queda reflejado en la Fig. 5.6:

Fig. 18. Impacto de las pérdidas en el indicador EGE

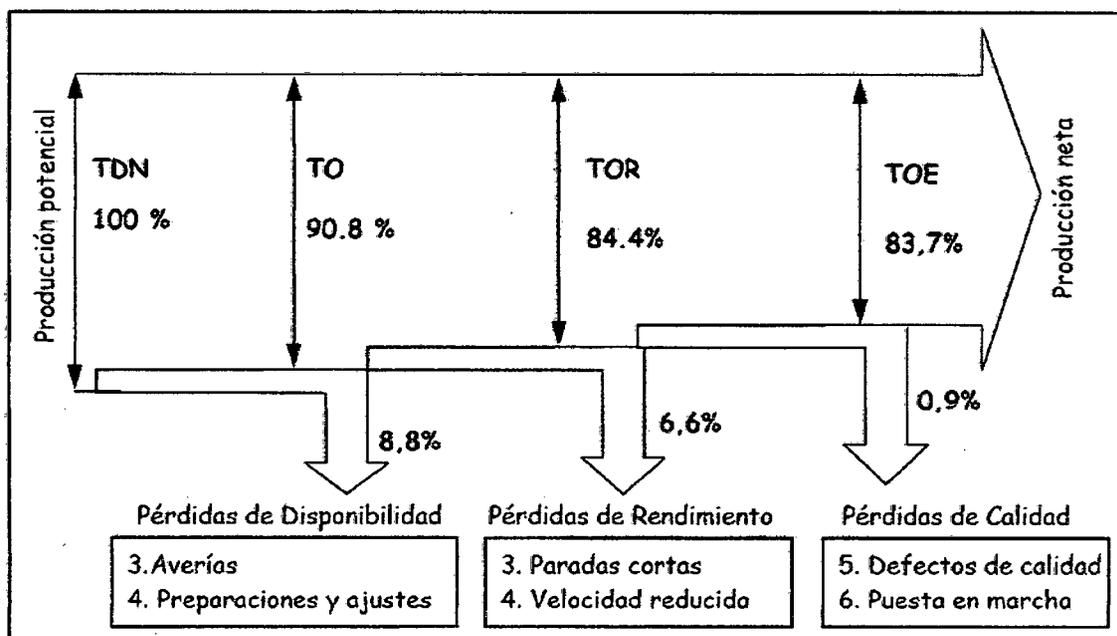


Se entiende entonces que las pérdidas de productividad más significativas son de Disponibilidad (representa un 8.8%) y de Rendimiento (6.6%), mientras que la Tasa de Calidad (tasa de defectos) supone una pérdida mucho menor.

#### 4.1.17. Análisis e identificación de oportunidades de mejora.

Una vez calculados los tiempos operativos y los distintos coeficientes, se analizarán los resultados encontrados para identificar áreas de mejora. En la Fig. 19 quedan representadas las pérdidas que hacen que se consiga tan solo el 83.7% de la producción que se podría haber obtenido en condiciones óptimas.

Fig. 19. Producción neta frente a la producción potencial

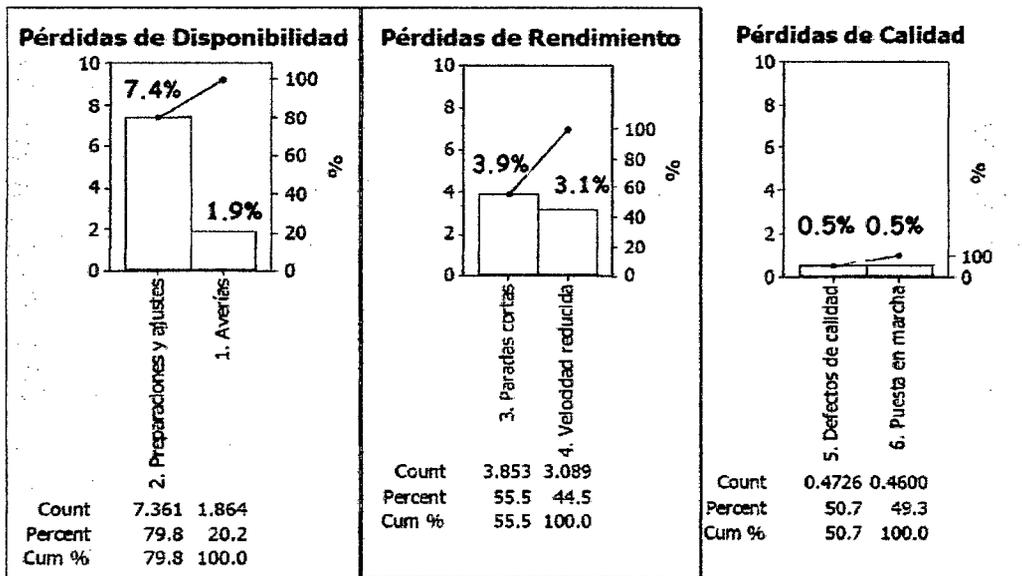


En primer lugar, las pérdidas más significativas han sido las pérdidas de Disponibilidad (8.8%) y pérdidas de Rendimiento (6.6%), que corresponden a pérdidas por paradas de la línea y pérdidas de velocidad de la misma.

Las pérdidas de Calidad representan solamente un 0.9 % del total de tiempo perdido, del cual un 0.45% corresponde a Defectos de calidad y el 0.45% restante es debido a la parte de producción que se extrae y elimina cuando se efectúa un cambio de marca (según establecen los estándares de calidad).

A continuación en la Figura 20 se presenta el Diagrama de Pareto del impacto en el Tiempo perdido para las 6 Grandes Pérdidas.

Fig. 20. Diagramas de Pareto de las 6 grandes pérdidas agrupadas según su impacto



En el Diagrama de Pareto podemos observar que del total de pérdidas de Disponibilidad, casi un 80% corresponde a Preparaciones y ajustes, y sólo un 20% a Averías. En el caso de las pérdidas de Rendimiento, las paradas cortas (paradas menores a 10 minutos) representan un 3.9%, frente a las pérdidas por Velocidad reducida (3.1%).

En la Figura 20 se muestra el impacto de las 6 grandes pérdidas en cada una de sus manifestaciones.

### Averías

Las Averías representan solamente un 1.1%; resultado que se considera satisfactorio. Esto es fruto de la efectividad del Plan de Mantenimiento Planificado, que consiste en monitorizar regularmente el estatus de la vida de las piezas de todos los equipos críticos, para reemplazarlas antes de que se rompan o averíen. De este modo, se aplica un sistema de mantenimiento predictivo (o basado en condiciones, MBC) con el fin de extender al máximo la vida del equipo.

Los Fallos externos a la línea de empaque constituyen un 0.7%. En este caso, lo único que se puede hacer desde la línea de empaque es comunicar a las áreas responsables de las pérdidas ocasionadas, para que se tomen las contramedidas oportunas.

## **Preparaciones y ajustes.**

Los Cambios de código son la causa principal de pérdida (representando un 5.4%); esto es debido a que se efectúan muchos cambios de código por turno. Estos cambios pueden implicar una o varias de las siguientes acciones:

- Cambio de etiquetas (no suponen pérdida de tiempo).
- Cambio de tapones (supone vaciar completamente la tolva de los tapones, para iniciar la transferencia del otro tipo de tapones).
- Cambio de botellas utilizadas (supone vaciar los transportadores de Soplado a Empaque, esperar al mismo tiempo que en Soplado efectúen el cambio de botella e iniciar la transferencia del otro tipo de botellas).
- Cambio de producto (o cambio de marca). Supone cambiar la transferencia de un líquido a otro.

En cualquier caso, las pérdidas ocasionadas por los Cambios de código son consideradas “Pérdidas normales de producción”, debido a que son necesarias para continuar con la producción. Sin embargo, el objetivo debe ser minimizarlas, de forma que el sistema presente la máxima flexibilidad posible.

La Preparación en la arrancada (que se produce al inicio de cada semana) supone un 1.9%.

## **Paradas cortas**

Las Paradas cortas (menores a 10 min.) son la causa principal de pérdida de Rendimiento, causando una pérdida de tiempo de producción del 3.9%, en total. La mayor pérdida se produce en las paradas menores, que son intervenciones cortas por pequeños fallos, atranques de piezas, etc.

Las pérdidas operacionales, que representan sólo un 0.1%, son consideradas como “pérdidas normales de producción”, ya que es una pérdida de tiempo necesaria para continuar con la operación. Es el caso por ejemplo del cambio de bobina en la enfardadora.

## **Pérdidas de velocidad**

Las pérdidas de velocidad a veces se producen debido a la necesidad de disminuir la velocidad por problemas de calidad o para evitar que se produzcan un mayor número de paradas menores.

Hay que destacar también, que al no disponer datos directos de este tipo de pérdida, e imputar el resto de pérdidas a la misma, es posible que le corresponda un valor menor al deducido.

## **Defectos de calidad**

La producción de productos defectuosos representa el 0.45% del total de tiempo perdido. Esto no significa en absoluto que estas pérdidas no sean importantes, sino todo lo contrario; la calidad de los productos es prioritaria. Sin embargo, su importancia no se mide a través del tiempo que se pierde en la fabricación de productos defectuosos, sino en el impacto que puede tener que esos productos lleguen al consumidor, y afecten negativamente en la compra del consumidor. Por lo tanto, las pérdidas de Calidad cuentan por sí mismas con una estrategia de eliminación de defectos, sin necesidad de realizar el presente estudio de pérdida de tiempo.

## **Transición en los cambios de marca**

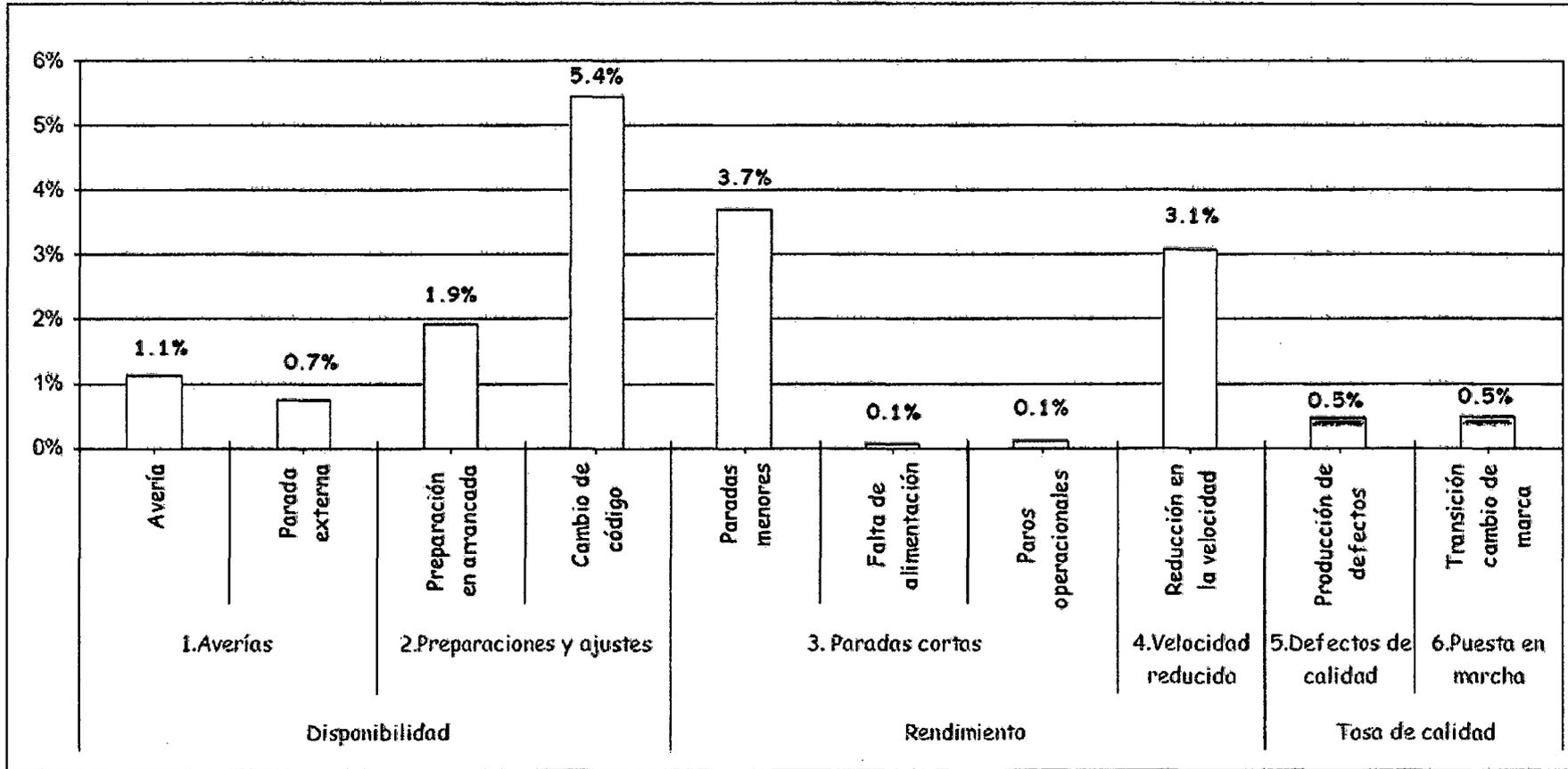
El 0.45% restante es debido a la parte de producción que se extrae y elimina cuando se efectúa un Cambio de código (en concreto, cuando se debe cambiar de marca o de formato de botella). Esta extracción de parte de la producción antes de iniciar con la producción del código siguiente, viene determinada por los estándares de calidad.

De lo descrito anteriormente, se determinan las siguientes áreas de mejora:

1. Eliminación de las principales Paradas cortas.
2. Reducción del tiempo dedicado a Preparaciones y ajustes, mediante la estandarización de los procesos de cambio de código.
3. Reducción de las pérdidas por velocidad reducida.

Sin embargo, teniendo en cuenta la necesidad manifestada por la empresa de eliminar las Paradas Menores para mejorar su MTBF (Mean Time Between Failures), se pondrá el foco únicamente en la eliminación de Paradas cortas.

Fig. 21. Porcentaje de pérdida de tiempo que supone cada una de las manifestaciones



#### 4.1.18. MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD

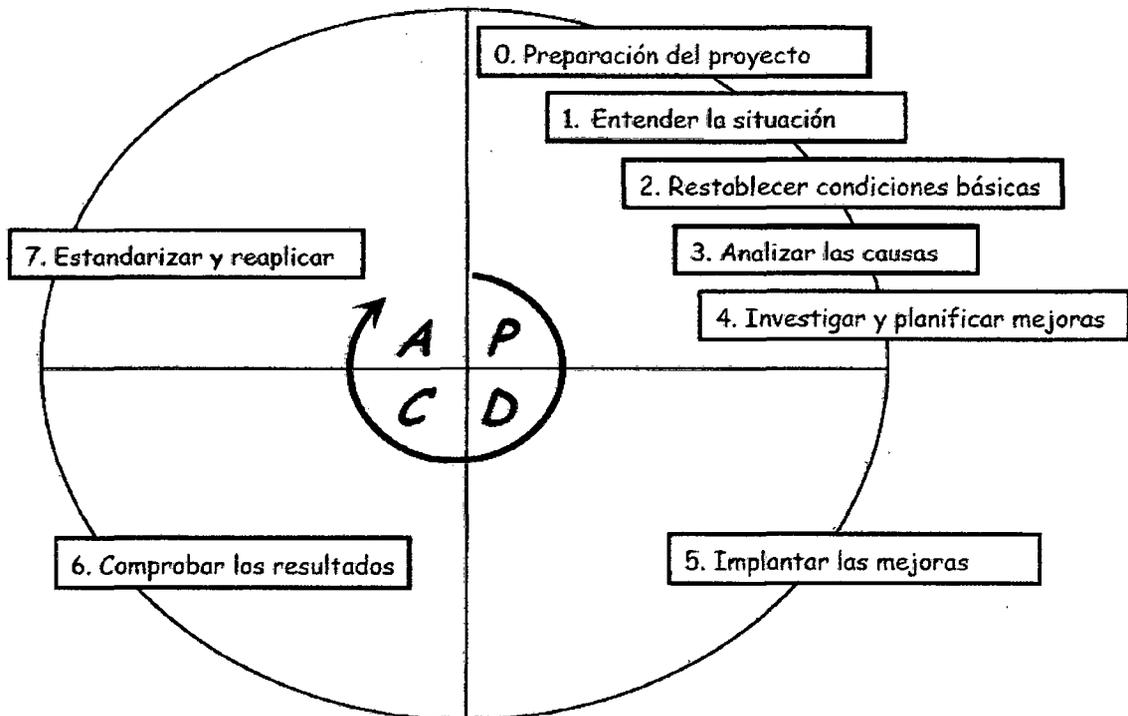
##### Eliminación de pérdidas crónicas. Mejoras enfocadas.

Existen dos tipos de pérdidas: las pérdidas esporádicas y las crónicas. Las esporádicas ocurren con poca frecuencia e indican desviaciones súbitas respecto a los niveles estándar de rendimiento; en cambio, las crónicas son frecuentes y corresponden a pequeñas desviaciones que incluso pueden llegar a aceptarse como normales. Este es el caso de la mayoría de pérdidas identificadas en la línea (excepto las Averías).

Las pérdidas esporádicas suelen ser resultado de una sola causa fácil de identificar y las medidas correctoras suelen ser fáciles de formular. Sin embargo, las pérdidas crónicas suelen ser más complejas y requieren medidas innovadoras. Para eliminar este tipo de pérdidas el TPM propone el procedimiento de las Mejoras enfocadas, basado en el método PDCA de Deming (*Plan, Do, Check & Act*: Planificar, Aplicar, Controlar y Actuar).

El procedimiento de las Mejoras enfocadas consiste en 8 etapas, representadas en la Figura 22 y explicadas a continuación.

Fig.22. Proceso de 7 Pasos de Mejora Enfocada



## **Paso 0. Preparación del proyecto.**

La preparación del proyecto consistirá en elegir y definir el problema a eliminar, así como definir los componentes del equipo, planificar la frecuencia de las reuniones, etc. El equipo será interfuncional, de forma que intervengan trabajadores de las diferentes áreas implicadas (operadores, personal técnico de mantenimiento, control de calidad, etc.) según el carácter de la problemática a tratar. En todos los proyectos de Mejoras enfocadas que se llevarán a cabo participarán los operarios; éstos poseen gran cantidad de información ya que son los que ven los problemas en el momento en que se presentan.

En esta etapa también se formulan los objetivos y se define un indicador que permita ver la evolución de los resultados frente a los objetivos fijados.

## **Paso 1. Entender la situación.**

En esta fase se debe identificar los equipos y procesos afectados y se recoge toda la información sobre el problema (se consultan manuales, proveedores, datos históricos, datos en campo, fotografías, etc.). También es necesario realizar una buena descripción física del fenómeno y estratificar el problema si es posible.

## **Paso 2. Restablecer condiciones básicas.**

En esta etapa se restablecen las “condiciones básicas”; esto consiste en asegurar el funcionamiento apropiado del equipo. Incluye acciones de limpieza, lubricación, apriete de tuercas, etc., así como la eliminación de las causas del deterioro acelerado (fugas, contaminación, polvo, etc.). Para ello, se llevan a cabo los cuatro primeros pasos del Mantenimiento Autónomo:

- 1. Limpieza inicial. Generar una lista de Anomalías.** Limpiar a fondo el equipo y alrededores, para poder detectar anomalías. Se realiza una lista de las fuentes de contaminación (SOC, Source of contamination) y áreas de limpieza difícil (HTR, Hard To Reach).
- 2. Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso.** Consiste en resolver todas las anomalías encontradas en el punto anterior.
- 3. Creación de un estándar tentativo de limpieza, inspección y lubricación (CIL).** Se deben crear estándares de limpieza y lubricación que aseguren la restauración del deterioro de los equipos y la prevención del deterioro forzado. Para facilitar las inspecciones, se utiliza la técnica de los controles visuales:

- Marcar los rangos apropiados en indicadores de presión, temperatura, etc., distinguiendo los correctos de los incorrectos.
- Marcar direcciones de rotación de equipos, sentido de los transportadores, etc.
- Marcar tuercas y tornillos para indicar desviaciones en el ajuste de los mismos.

**4. Inspección global del equipo.** Los operadores deben entender los principios básicos de operación de sus equipos. Mantenimiento deberá dar soporte en aquellas áreas donde por capacidad y conocimiento no puedan llegar. En este paso se lleva a cabo una inspección a nivel de componente.

### **Paso 3. Analizar las causas.**

Se analiza la situación actual e ideal para determinar la causa básica. Las técnicas analíticas que se utilizan preferentemente serán las más sencillas (Diagrama Causa-Efecto, Técnica Porqué Porqué), que por su facilidad pueden ser utilizadas por los mismos operarios. Si con estas herramientas no se logra identificar la causa básica, se recurrirá a otras más complejas (Análisis PM, Análisis Modal de Fallos y Efectos, etc.).

### **Paso 4. Investigar y planificar mejoras.**

Una vez se ha identificado la causa o causas del problema, se proponen acciones que eliminen las causas más críticas. Se elaborará un Plan de acción que incluya distintas alternativas para las posibles acciones y que detalle las tareas específicas necesarias para lograr los objetivos formulados. Se valorarán las distintas alternativas según el coste y los recursos necesarios que supongan.

### **Paso 5. Implantar las mejoras.**

Se establece un calendario de implantación, para que se ejecuten todas las acciones formuladas en el plan de acción. Es importante promover la participación de todas las personas involucradas en el proyecto, para contar con el posterior respaldo del personal operativo.

## **Paso 6. Comprobar los resultados.**

Se evalúa si los resultados son los esperados según los objetivos marcados; en caso de que no sea así, se vuelve al paso 3. Es importante que los resultados obtenidos sean publicados en un tablón, lo cual ayudará a asegurar que toda la organización se beneficie de la experiencia de los grupos de mejora.

## **Paso 7. Estandarizar y re aplicar.**

En este punto se debe asegurar que la mejora ha sido compartida con los trabajadores y se mantendrá a lo largo del tiempo. Para ello, se llevará a cabo la formación pertinente, así como se preparará el material de entrenamiento o procedimientos que sean necesarios:

- OPL (One Point Lesson o Lección de único punto), que consiste en una hoja que explica de forma clara y sencilla un tema referente a la función del equipo, la limpieza, inspección, etc.
- Listas de chequeo, etc.

También se pensará en posibles re aplicaciones en otras áreas.

Para facilitar el seguimiento del procedimiento de Mejora Enfocada, se ha elaborado una plantilla para cada una de las etapas, que se utilizará en todos los proyectos de mejora.

### **4.1.19. Proyectos de mejora enfocada. Eliminación de las principales paradas cortas.**

Una vez centrados en la reducción de paradas cortas, se debe establecer una medida de la incidencia de las mismas. Se utilizará el Tiempo medio entre fallos o *Mean Time Between Failures* (MTBF), calculado como se expresa en la Ecuación 6.1:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{N}^{\circ} \text{ Paradas}} \quad (\text{Ec. 6.1.})$$

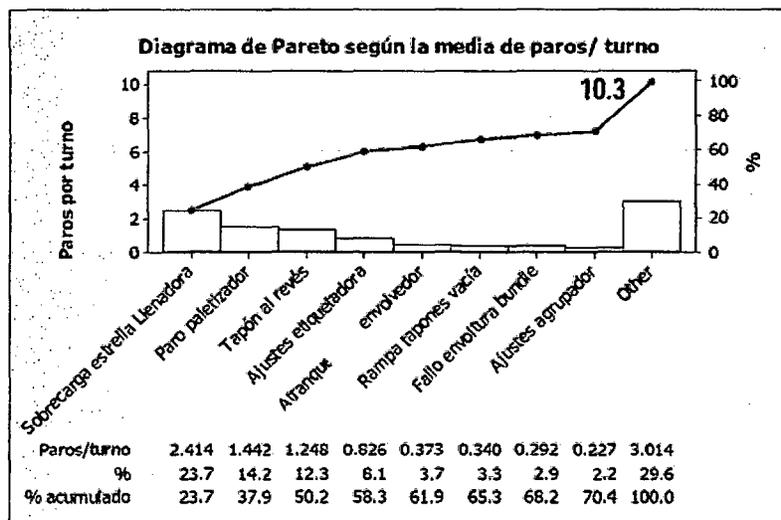
Donde el N° de paradas corresponde al total de paradas no planificadas: Averías (Fallos externos y averías) y Paradas cortas.

$$\text{MTBF} = \frac{28432 \text{ min.}}{231 + 628} = 33.1 \text{ min.}$$

Este indicador cuantifica el tiempo que por término medio transcurre desde una parada hasta la siguiente (33 min.) y por lo tanto, da una idea de la autonomía del proceso.

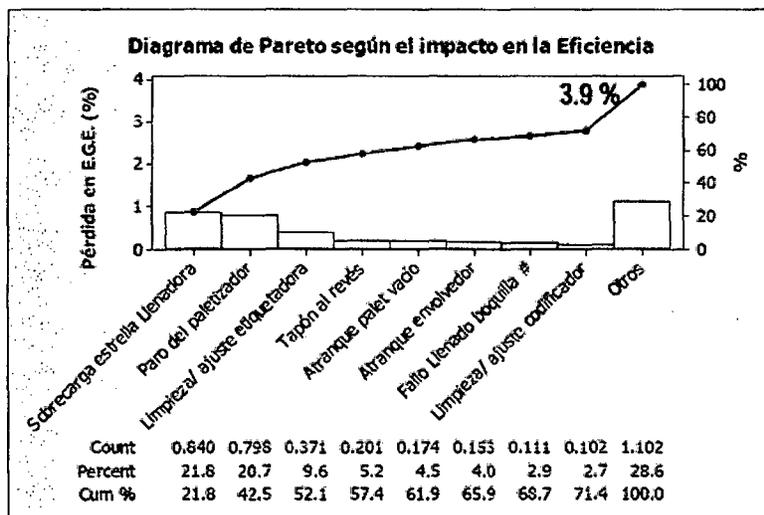
Se establece la prioridad para eliminar las paradas menores según el número medio de paradas por turno (calculado a partir del histórico de fallos de la línea). En la Figura 23 se presenta el Diagrama de Pareto correspondiente; se produce una media de 10.3 paradas cortas por turno y se puede observar que a pesar de que se presentan más de 50 modos de fallo distintos.

Fig.23. Diagrama de Pareto de la media de paradas cortas por turno



Se establece como objetivo eliminar las principales paradas menores, según la prioridad establecida, y aplicando la metodología de las Mejoras Enfocadas. Se puede apreciar en la Figura 24 que el criterio de priorización considerado no difiere de forma significativa respecto a utilizar la pérdida que supone en la Eficiencia Global de los Equipos.

Fig. 24. Diagrama de Pareto de las paradas cortas según el impacto en la E.G.E.



#### 4.1.20 Proyecto 1. Atranques en la llenadora

### PASO 0. Preparación del proyecto de Mejora Enfocada

**NOMBRE DEL PROYECTO:** Atranques en la estrella de salida de la Llenadora.

#### TIPOS DE PÉRDIDAS

- |                                     |   |  |
|-------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Avenías | <input checked="" type="checkbox"/> 3. Paradas cortas | <input type="checkbox"/> 5. Producción de defectos |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> 4. Velocidad reducida        | <input type="checkbox"/> 6. Puestas en marcha      |

#### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

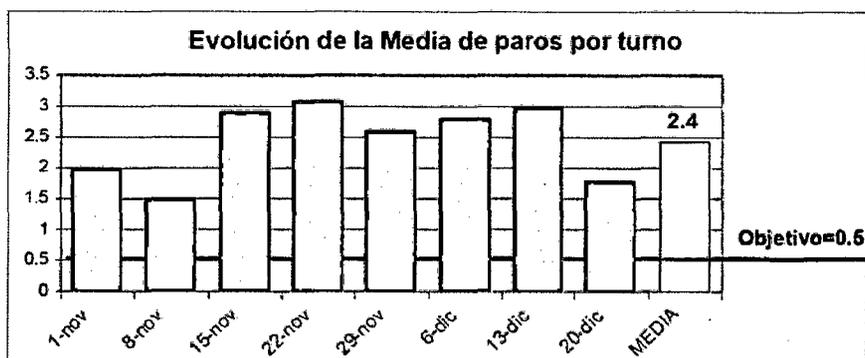
La línea para como consecuencia de un atranque de botellas en la estrella de salida de la Llenadora.

#### IMPACTO EN LA FIABILIDAD

- Pérdida provocada en la E.G.E.: **0.84%**
- N° medio paros/turno: **2.4**
- MTTR: **1.8 min.**

#### EVOLUCIÓN Y SEGUIMIENTO SEMANAL

Fig. 25. Evolución semanal de la Media de paradas por turno



#### OBJETIVO

El objetivo es reducir lo máximo posible este tipo de paradas. Se establece el criterio de éxito en 0.5 paradas por turno (Figura 25), ya que se considera que logrando este nivel dejaría de ser una pérdida crónica.

## PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Inicio	Fecha fin planificada	Fecha fin
20-dic-10	31-may-11	15-jun-11

### PASO 1. Entender la situación

#### PASO 1.1. DIAGRAMA DEL PROCESO

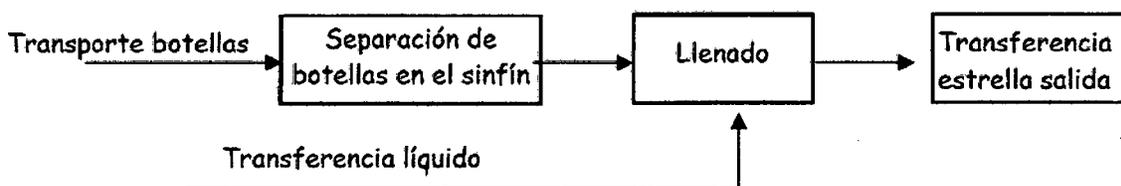


Fig. 26. Diagrama del proceso de llenado

#### PASO 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Las botellas una vez posicionadas en el transportador, pasan por un sinfín que las separa para entrar en la Llenadora a través de la estrella de entrada. Después de dar una vuelta completa en la que son llenadas, pasan por una estrella de salida antes de entrar en el Taponador.

### PASO 2. Restablecer condiciones básicas mediante A.M.

La Llenadora es un equipo que por su criticidad, se le realiza un CIL semanal adecuado. Por este motivo no hay anomalías en el equipo, y no es necesario realizar este paso.

Como se ha dicho anteriormente, se conoce la causa del problema y se sabe por lo tanto, que no es un problema de condiciones básicas.

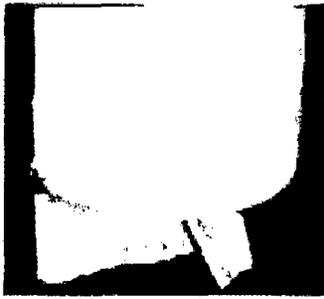
### PASO 3. Analizar las causas básicas.

La causa básica de los atranques en la estrella de salida es la llegada de botellas defectuosas en la Llenadora. Se presentan los siguientes defectos:

- Botellas con rebaba (material sobrante de plástico) en la base o en el cuello.
- Botellas abolladas (éste es el defecto más común).
- Botellas caídas en el transportador.

En las Figura 27 se muestran fotografías de algunos de estos defectos.

Fig. 27. Rebaba en la base, Rebaba en el cuello, Botella abollada



#### **PASO 4. Investigar y planificar mejoras**

##### **PASO 4.1. PROPUESTA DE SOLUCIONES**

El objetivo de este punto es encontrar una solución para evitar que lleguen botellas abolladas a la Llenadora. En este sentido puede haber dos líneas de trabajo:

- Evitar que se produzcan defectos en las botellas.
- Detectar que botellas son defectuosas y evitar que lleguen a la llenadora.

La mejor opción siempre es evitar que se produzca el defecto, de acuerdo con el objetivo "cero defectos" que propone el TPM. Por este motivo, ya se ha trabajado en esta dirección en diversas ocasiones:

- Las rebabas en la base y en el cuello producidas en la Unidad de Soplado ya se han tratado de eliminar en varias ocasiones. Se han restablecido las condiciones básicas y se ha mejorado la refrigeración para que la botella esté fría cuando se produce el corte del material sobrante (rebabas). Se ha logrado minimizar las rebabas, sin embargo, no se han eliminado.
- Las botellas abolladas se producen en el transporte de Soplado a Empaque. Hay aproximadamente unos 50 m. de cinta transportadora entre las dos unidades con distintos cambios de nivel; los defectos aparecen sobre todo cuando se producen acumulaciones en el transportador (cuanto más lleno de botellas está, más se abollan). Estas acumulaciones pueden ser debidas a un paro en la unidad de Empaque, o a un funcionamiento a velocidad reducida. Sin embargo, para no correr el riesgo de que Empaque quede sin suministro de botellas, el volumen medio transportado es bastante alto, produciéndose también algunos defectos por abolladura en condiciones normales.

Por los motivos expuestos, se considera que es muy complicado eliminar la producción de defectos en las botellas vacías.

La segunda opción consiste en utilizar algún sistema **Poka-Yoke de detección**, que evite la llegada de botellas defectuosas a la Llenadora. Se analizan a continuación las posibles soluciones:

1. Una solución muy sencilla es colocar un perfil que no permita el paso de las botellas defectuosas. Esta solución ya ha sido aplicada en otras líneas, y se ha comprobado que a velocidades medias o altas, existe un gran riesgo de que se produzcan atranques. Además, con esta opción no se pueden detectar todas las botellas abolladas.
2. Una segunda solución más robusta, pero mucho más compleja es la instalación de un sistema de **Visión Artificial**. Consiste en una técnica basada en la adquisición automática de imágenes y su posterior procesamiento y análisis, con el fin de extraer determinadas características de la imagen adquirida. El output del equipo de visión puede ser utilizado para controlar el proceso, es decir, en este caso se pueden detectar todos los defectos nombrados, e instalar un sistema que rechace las botellas que los contengan.

Se investigan varias alternativas de equipos y proveedores de **Visión Artificial**; en la Tabla 5 se presentan las dos ofertas recibidas.

Tabla 5. Ofertas para el equipo de **Visión Artificial**

Oferta	Coste	Conceptos incluidos
2A	11500 €	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo: 2 Cámaras, módulo de procesamiento y PLC</li> <li>- Soportes y sistema de iluminación</li> <li>- Configuración de la aplicación</li> </ul>
2B	7000 €	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo (hardware): 2 Cámaras, módulo de procesamiento y PLC</li> <li>- Soportes y Sistema de iluminación</li> <li>- Curso de formación para la configuración 10h.</li> </ul>

La diferencia de precio entre los dos proveedores está en que la primera es una solución llaves en mano, mientras que el otro proveedor sólo suministra el equipo y ofrece la formación necesaria para que sea el cliente el que implemente la configuración.

## **PASO 4.2. ELECCIÓN O PRIORIZACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS**

Para seleccionar la mejor solución, se puede tener en cuenta distintos criterios: los recursos económicos necesarios, los recursos humanos, la probabilidad de éxito, el tiempo necesario, la seguridad, etc. En este caso, se crea una matriz de priorización, valorando los factores que se consideran más importantes según un peso específico. Las puntuaciones para cada alternativa y factor se establecen del 1 (nada) al 10 (mucho), según la Tabla 6.

Tabla 6. Matriz de priorización de alternativas

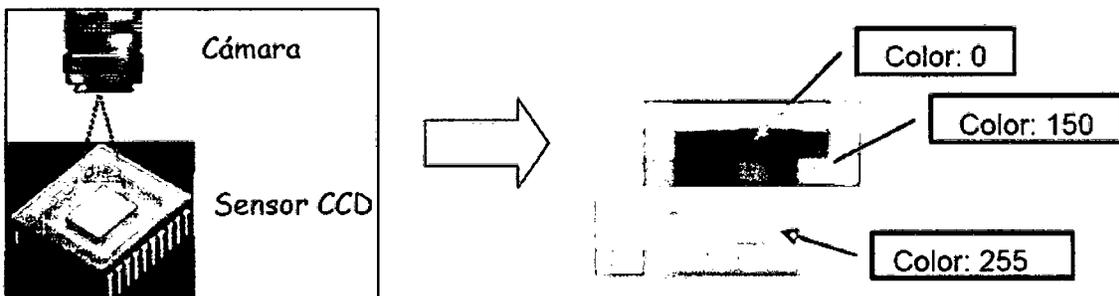
Criterio	Probabilidad de éxito	Inversión	Riesgo	Tiempo de ejecución	TOTAL
<i>PESO</i>	4	3	2	1	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>58</b>
<b>2A</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>68</b>
<b>2B</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>80</b>

Se puede apreciar en la matriz que a pesar de que la Alternativa 1 es muy económica y sencilla, no es apropiada ya que no elimina completamente el problema y puede generar otros problemas (atranques). Entre las ofertas de Visión Artificial, obtiene una puntuación mayor la opción 2B, ya que se considera que recibiendo la formación necesaria para implementar el equipo, se obtendrá una aplicación que se ajuste más a las necesidades del problema. Sin embargo, esta solución se supone que es más lenta porque requiere un tiempo adicional del diseño e implementación de la configuración del software.

## **SOFTWARE DEL EQUIPO DE VISIÓN**

La cámara toma la imagen y la interpreta como un conjunto de celdas indivisibles o píxeles (a través de un sensor CCD matricial) con 256 grados de gris (el 0 corresponde al negro y el 255 al blanco), como se muestra en la Figura 28.

Figura 28. Adquisición y procesado de la imagen



Como hay dos cámaras, se tomarán 2 imágenes; para cada una de ellas el equipo puede realizar 4 inspecciones (sobre una misma imagen), es decir, se puede extraer un total de 8 características.

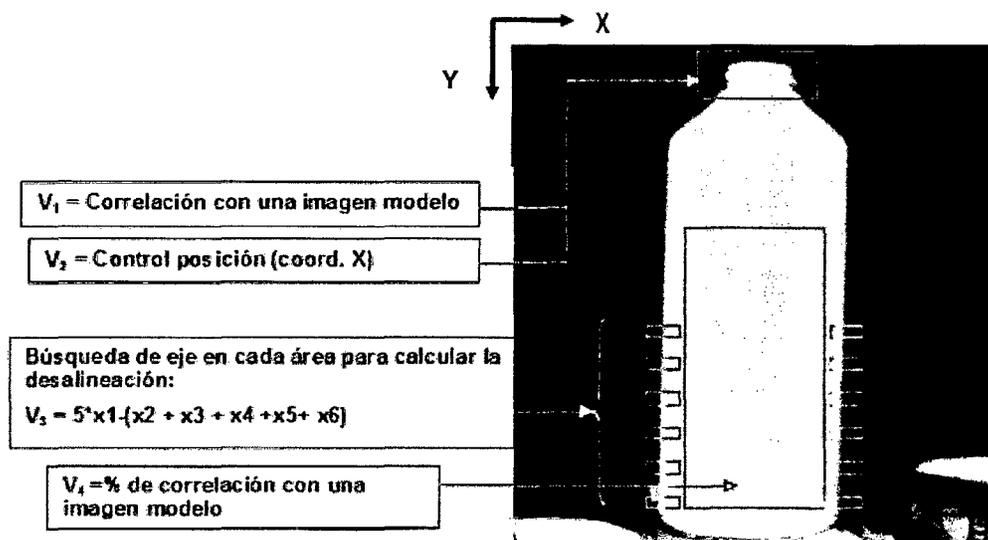
El software que utiliza este sistema de visión es capaz de realizar múltiples inspecciones, pero solo se utilizan las siguientes:

1. **Búsqueda de eje (*Edge position*):** Dada una región, una dirección y un sentido, busca un eje (oscuro → claro o bien claro → oscuro). Las posibles salidas (outputs) son la coordenada x o la y, dependiendo si el eje es vertical u horizontal. En el cálculo de posiciones, se mide inicialmente en píxeles y se convierte el resultado a las unidades calibradas.
2. **Correlación (*Gray Search*):** Dada una imagen modelo y la imagen tomada, las compara y calcula el porcentaje de similitud entre ambas.
3. **Defecto (*Defect*):** Dada una zona, calcula cuántas tonalidades de gris aparecen, es decir, se puede decir que mide la “irregularidad” de la zona. Los valores obtenidos por lo tanto irán de 0-255.

## DISEÑO DE LA CONFIGURACIÓN

Se colocarán dos cámaras, una a cada lado del transportador de botellas, de tal forma que inspeccionen ambos lados de la botella. El diseño de la configuración consiste en determinar qué características se quieren extraer de las imágenes; se deben elegir rasgos diferenciales de las botellas defectuosas frente a las correctas. Se muestra a continuación una figura explicativa de la configuración:

Fig. 29. Configuración de las inspecciones realizadas



- La variable  $V_1$  determina la “correlación” de la imagen del cuello de las botellas con una imagen modelo registrada, de forma que si tiene rebaba en el cuello o está inclinada, la correlación será baja.
- La variable  $V_2$  mide la altura del cuello (coordenada Y) de la posición del cuello, de forma que si la botella presenta rebaba en la base, su altura será mucho mayor.
- La variable  $V_3$  inspecciona los laterales de la botella mediante la “Búsqueda de eje” en 6 puntos y mide la desalineación entre ellos. De esta forma, si la botella está abollada en la parte lateral, el resultado será una mayor desalineación.
- La variable  $V_4$  realiza una inspección de la parte frontal de la base con una inspección “Defecto”, mediante la cual mide la irregularidad de la zona, para detectar si la botella está abollada en esta parte.

En la siguiente tabla se presenta las variables configuradas para ambas cámaras:

Tabla 7. Inspecciones realizadas por ambas cámaras

Variable	Tipo de inspección	Unidades	Especificaciones	Defectos detectados
$V_1$	Gray search	%	$V_1 > X_2$	Rebaba en el cuello
$V_2$	Gray search	Píxeles	$V_2 > Y_2$	Rebaba en la base
$V_3$	Edge position	Píxeles	$V_3 < X_3$	Botella abollada en parte lateral
$V_4$	Defect	0-255	$V_4 < X_4$	Botella abollada en parte frontal

## NUEVO SISTEMA DE ILUMINACIÓN

En la configuración inicial se ha utilizado una luz frontal homogénea para ambas cámaras; los resultados obtenidos son bastante buenos (se verá en el Paso 6). Sin embargo, las abolladuras en un plano completamente paralelo a la cámara no son detectadas. Para solucionarlo, se propone utilizar un nuevo sistema de iluminación rasante, que resalta las abolladuras, de forma que se producen sombras muy marcadas (Figura 30).

Fig. 30. Imagen obtenida con iluminación frontal (izquierda) y rasante (derecha)



### PASO 5. Plan de acción. Implementación de las mejoras

A continuación se muestra un diagrama de Gantt de los Pasos 4 y 5, que corresponden a la planificación y ejecución de las mejoras, según el plan de acción elaborado.

Figura. 31. Diagrama de Gantt de los Pasos 4 y 5

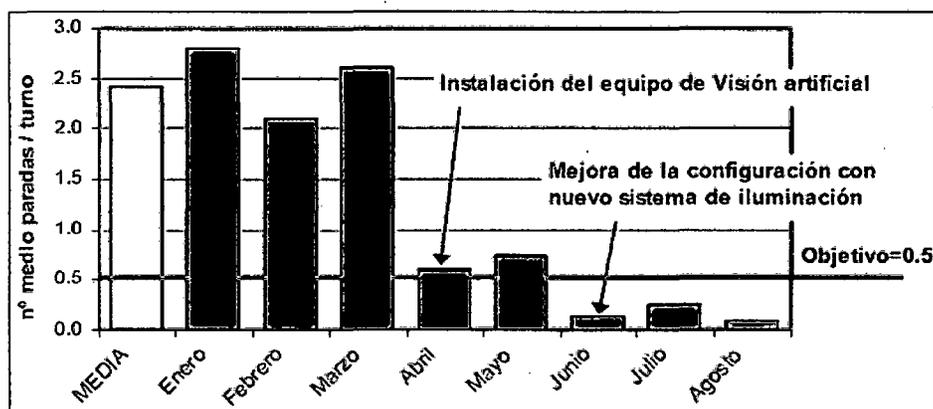
PLAN DE ACCIÓN		Dic-04	Ene-05	Feb-05	Mar-05	Abr-05	May-05	Fecha fin	Duración (días)
PASO 4	Propuesta de soluciones		□					5-ene	8
	Elección del equipo / proveedor		□					18-ene	10
	Curso de formación con proveedor		□					25-ene	2
	Entrega del equipo de Visión				● 7-mar			7-mar	-
	Estudio del software del equipo			□				13-feb	14
	Diseño de la configuración			□	□			14-mar	30
	Entrega sistema de iluminación						□	13-may	13-may
PASO 5	Implementación de la configuración				□			3-abr	26
	Cambios en la configuración						□	31-may	18

En el Anexo F.1 se adjunta el diagrama de Gantt del desarrollo de todo el proyecto de mejora enfocada.

### PASO 6. Comprobación de los resultados

En la Figura 6.13 se puede apreciar los resultados obtenidos, que muestran una drástica reducción de la media mensual de paradas por turno en abril, después de la instalación del equipo.

Figura 32. Resultados obtenidos frente al objetivo marcado



Los paros por turno restantes, son debidos a que el equipo no era capaz de detectar el 100% de las botellas abolladas. Sin embargo, con el cambio de iluminación y los respectivos cambios en la configuración, la media de atranques en la Llenadora se sitúa en 0.2 paros /turno, lo cual significa que el proyecto ha finalizado con éxito.

## **PASO 7. Estandarización**

### **FORMACIÓN Y MATERIAL DE ENTRENAMIENTO**

Para que todos los operarios conozcan el equipo y sepan interpretar los resultados, se llevan a cabo entrenamientos de operación (en grupos de 2). Para la configuración del equipo serán también entrenados todos los eléctricos.

Por otro lado, se recoge en OPL's toda la información obtenida de los equipos de Visión, tanto a nivel operacional como de configuración. (Esta información no puede adjuntarse por ser un material confidencial)

### **INCLUSIÓN DEL EQUIPO EN EL CIL DIARIO Y SEMANAL**

Es muy importante que se realice una limpieza semanal al equipo (los cristales de las Cámaras y la fotocélula), y que se incluya en el CIL diario la verificación del funcionamiento del mismo.

### **VALIDACIÓN**

Se realiza una validación del equipo para demostrar la fiabilidad del mismo. Consiste en hacer el seguimiento del equipo durante 2 horas y ver que por un lado todas las botellas defectuosas son rechazadas y por otro que no rechace botellas correctas.

### **COPIA DE SEGURIDAD (Back up)**

Se realizan copias de seguridad de la configuración final; de este modo en caso de pérdida de la configuración, se puedan cargar inmediatamente los datos.

### **REAPLICACIÓN**

A raíz de esta aplicación, surge la oportunidad de utilizar sistemas de visión para el control de calidad de la línea. De hecho, se ha re aplicado para efectuar la inspección de producto final (etiquetado, taponado y nº de lote en las botellas), tanto en esta línea como en otras.

#### 4.1.21. Proyecto 2. Paros del paletizador

### PASO 0. Preparación del proyecto de Mejora Enfocada

**NOMBRE DEL PROYECTO:** Paro del paletizador por pérdida de ciclo.

#### TIPOS DE PÉRDIDAS

- |                                     |   |  |
|-------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Averías | <input checked="" type="checkbox"/> 3. Paradas cortas | <input type="checkbox"/> 5. Producción de defectos |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> 4. Velocidad reducida        | <input type="checkbox"/> 6. Puestas en marcha      |

#### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Se produce una parada en el paletizador sin motivo aparente. Ésta es la parada menor que tiene más impacto en la Eficiencia Global de los Equipos.

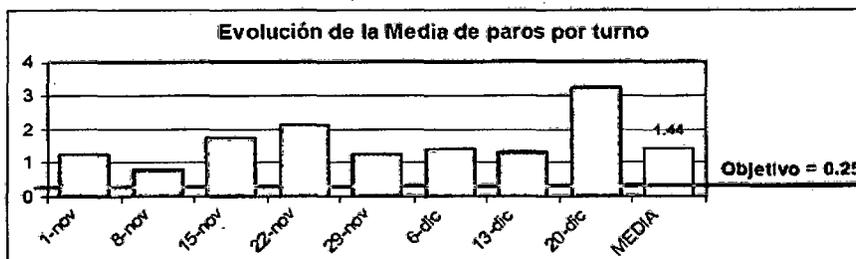
#### IMPACTO EN LA FIABILIDAD

- Pérdida provocada en la E.G.E.: **0.8%**
- N° medio paros/turno: **1.4**
- MTTR: **2.8 min.**

#### EVOLUCIÓN Y SEGUIMIENTO SEMANAL

Se utilizará como indicador el número medio de paradas por turno; se hará un seguimiento semanal de la evolución del proyecto. En la Figura 33 se observa la evolución del indicador antes de que arranque el proyecto.

Fig. 33. Evolución semanal de la Media de paradas por turno



#### OBJETIVO

El objetivo es descubrir la causa de la parada y eliminarla. El criterio de éxito se establece en 0.25 paradas por turno.

Tabla 8. Acciones del CIL del paletizador

Componente	Acción
Fotocélulas (FT)	Limpiar fotocélula y espejo (si tiene).
	Verificar funcionamiento, orientación y conexiones.
Detectores (DT)	Limpiar detector.
	Verificar funcionamiento, posición, orientación y conexiones.
Motores (MT)	Verificar caja de conexiones, y que no haya fugas de aceite (si lleva aceite).
Elementos neumáticos	Verificar que no hay fugas de aire.

Inicialmente se realiza un CIL provisional para cada equipo (se adjunta en Anexos G.3), en el cual se establece una periodicidad de 6 meses para todas las acciones; sin embargo, la evolución de los componentes durante este período indicará si es correcta.

Por otro lado, como se trata de un CIL nuevo, es conveniente ayudar a los operarios para comprobar que no tienen dificultad para ejecutar las acciones. En este sentido, se observa que por el gran número de elementos que existen, los operarios tienen dificultad en ubicar los mismos en el equipo. Es por este motivo que se crea una OPL (One Point Lesson o Lección de único punto) para cada equipo; de modo que cada elemento a inspeccionar se puede encontrar fácilmente (se adjuntan en Anexo G.4).

Es importante valorar qué acciones se pueden llevar a cabo en marcha y cuáles necesitan que el equipo esté parado. Siempre es preferible que se puedan realizar el máximo número en marcha porque de este modo, se pueden incorporar en las tareas de producción.

#### **PASO 2.4. INSPECCIÓN GLOBAL DEL EQUIPO A NIVEL DE COMPONENTE**

Básicamente, los únicos ajustes posibles son la orientación de todas las fotocélulas y detectores; como se considera que son ajustes innecesarios, se fijará la posición de todos ellos.

Por otro lado, para la ejecución de los CIL se han creado controles visuales para la verificación de un centrado de bandas correcto (Fig. 6.17), verificación de la tensión en bandas y cadenas (Fig. 6.18).

Fig. 36. Control visual de centrado de bandas

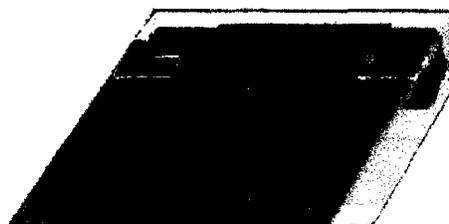
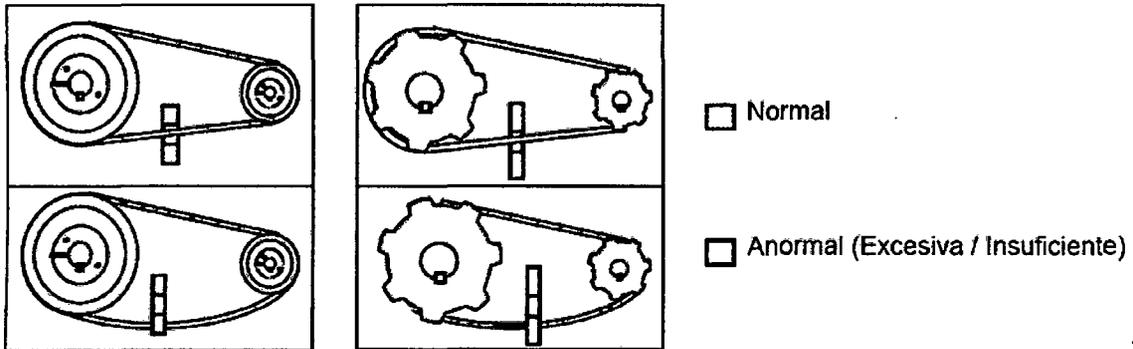
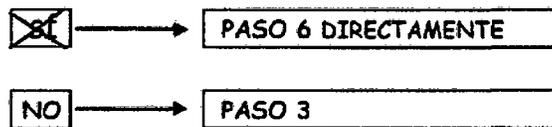


Fig. 37. Control visual de tensión en bandas y cadenas



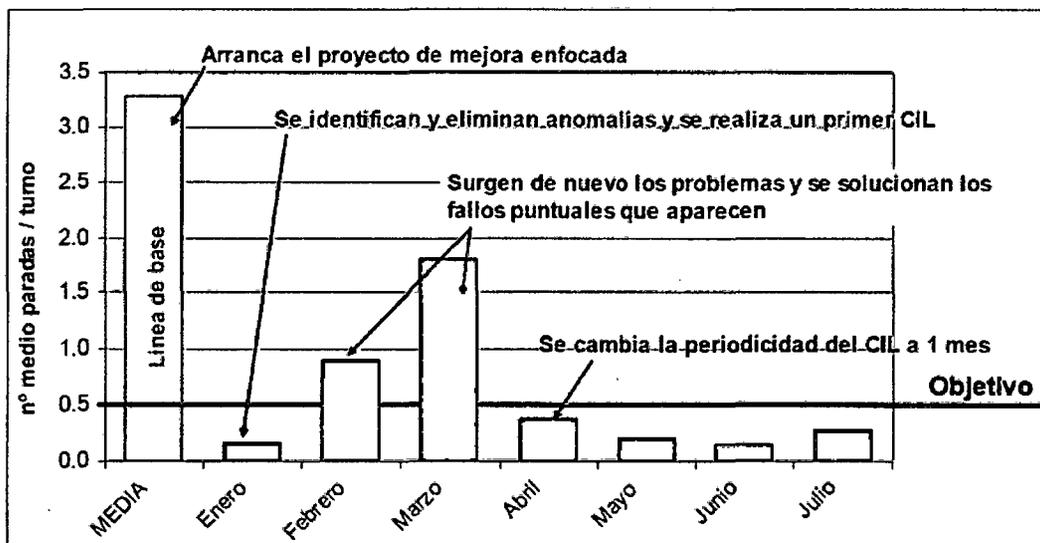
**PASO 2.5. ¿SE HA RESUELTO EL PROBLEMA?**



**PASO 6. Comprobación de los resultados**

En la Figura 38 se puede observar la evolución de los resultados, que muestra que después de restablecer las condiciones básicas con un CIL inicial (Anexos G.3) a principios de enero, se logra una significativa reducción del número medio de paradas por turno. En este primer CIL, se estableció una frecuencia de 6 meses; sin embargo, los resultados muestran que al cabo de un mes incrementan los fallos. Durante el mes de febrero y marzo no se lleva a cabo el CIL, pero lo que sí se realiza es un seguimiento del Histórico de fallos, se analizan las causas y se resuelven.

Fig. 38. Resultados obtenidos frente al objetivo marcado



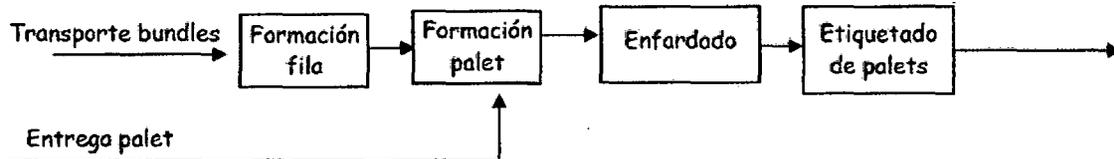
## PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Inicio	Fecha fin planificada	Fecha fin
27-dic-10	mar-11	jul-11

### PASO 1. Entender la situación

#### PASO 1.1. DIAGRAMA DEL PROCESO

Fig.34. Proceso de paletizado



#### PASO 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El paletizador recibe los bundles y los palets, que son entregados por el Dispensador. A continuación, forma capas de 12 bundles hasta un total de 5 capas, y transporta el palet a enfardar. Por último, se identifica con la etiqueta correspondiente y se entrega a la unidad de Almacén, que se encarga de su expedición.

#### PASO 1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La línea para en algún punto de la zona de paletizado, sin motivo aparente. La mayor parte de las veces se solventa simplemente rearmando el equipo y éste se pone de nuevo en marcha. En alguna otra ocasión recupera el funcionamiento al cabo de unos segundos, sin ningún tipo de intervención.

La zona de paletizado se entiende como el conjunto formado por los siguientes equipos:

- Transportadores de bundles hacia el paletizador
- Dispensador de palets
- Paletizador
- Enfardadora
- Etiquetadora de palets

Las paradas en esta zona son más críticas por varios motivos; primero, porque a diferencia del resto de la línea, el que se encarga de resolver los problemas que surgen es el coordinador de turno. Éste, además de las tareas que debe hacer como coordinador, se encarga de los paletizadores de ésta y de otras líneas de empaque. Esto implica que si se producen fallos en varios paletizadores, habrá una demora en la resolución de alguno de los fallos. Por otro lado, en caso de que el paro coincida con el descanso, comida, etc. del coordinador de turno, también puede haber un retraso en la resolución de problema, ya que no todos los operarios han sido entrenados para operar en el paletizador.

Además, está alejado del resto de la línea y eso implica una pérdida de tiempo de desplazamiento del coordinador para resolver el problema. Por eso, el tiempo en resolver esta parada suele ser mayor a 5 min., aunque se compensa con las ocasiones en que el equipo para unos segundos y se pone en funcionamiento sin más (el MTTR es de 2.8 min.).

Por último, también se debe destacar que unos años atrás la Unidad de Almacén se encargaba del paletizador, lo que supone que los operarios, mecánicos y eléctricos no conocen tan bien esta parte de la línea.

#### **PASO 1.4. OBSERVACIÓN DEL FENÓMENO / TOMA DE DATOS**

---

El paletizador está aislado del resto de la línea y eso implica que no se ve el origen del fallo, ni en qué parte del ciclo exactamente ha ocurrido. Por eso, en este caso es especialmente útil la instalación de una cámara que grabe las 24 h. de funcionamiento; así, sabiendo el instante en que se produce un paro, se puede reproducir y ver lo que ha ocurrido.

Otra fuente de datos que no se utilizaba anteriormente y que puede ser útil, es el panel de control del paletizador, en el cual se puede consultar un Histórico de todos los fallos que ha detectado (aunque no hayan provocado un paro). Se han recopilado los fallos encontrados durante la semana del 10 al 15 de enero en el Anexo G.1.

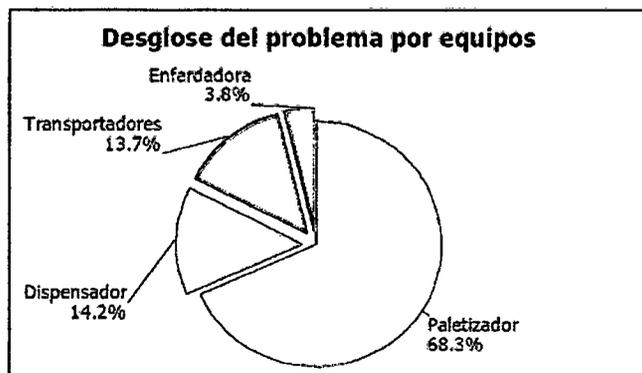
La mayor parte de fallos corresponden a detectores y fotocélulas. En este sentido, se debe destacar el elevado número de fotocélulas y detectores que rigen la secuencia de paletizado, transporte y acumulaciones de palets. Un fallo de cualquier sensor puede provocar una pérdida de ciclo del paletizador; estos fallos de los detectores y fotocélulas pueden ser debidos a suciedad, mal ajuste, mala conexión, o que estén dañados. Este es por lo tanto un problema de condiciones básicas, que se resolverá en el paso 2.

#### **PASO 1.5. ESTRATIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

---

Se realiza un seguimiento para desglosar el problema por equipos.

Figura 35. Estratificación por equipos



La distribución obtenida se muestra en la Fig. 6.16. Se puede apreciar que en el Paletizador se producen el 68.3% del total de paros; esto puede ser debido a que es el que tiene más sensores.

## **PASO 2. Restablecer condiciones básicas mediante A.M.**

### **PASO 2.1. LIMPIAR Y DESCUBRIR ANOMALÍAS**

### **PASO 2.2. RESOLVER EL 100% DE LAS ANOMALÍAS**

---

En este paso se limpia el equipo a fondo para descubrir posibles anomalías. Se consideran 7 tipos de anomalías:

1. Pequeños defectos (desgaste, corrosión, ruido, olores, etc.)
2. Condiciones básicas (suciedad, mal apriete, falta lubricación, etc.)
3. Anomalías de calidad.
4. Anomalías de seguridad
5. Partes innecesarias
6. Fuentes de contaminación
7. Áreas de difícil acceso (cualquier elemento que dificulte la limpieza, inspección, etc.)

El Anexo G.2 recoge la Hoja de identificación de anomalías correspondiente, donde se definen las medidas correctoras, así como la fecha de resolución de las mismas. Se descubren entre otras:

- Fococélulas y detectores dañados.
- Fuentes de contaminación debidas a fugas de aceite en algunos motores.
- Falta de lubricación en cadenas.
- Fugas de aire en elementos neumáticos.

### **PASO 2.3. ESTÁNDAR TENTATIVO (CIL)**

---

No existe un estándar tentativo en el paletizador. Por este motivo, se crea un CIL que incluya la limpieza, inspección y lubricación de los componentes críticos para el funcionamiento del equipo.

Las acciones de los CIL deben ser sencillas, para que cualquier operario pueda llevarlas a cabo sin dificultad. En este caso las acciones correspondientes a los CIL de la zona de paletizadores para cada componente se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8. Acciones del CIL del paletizador

Componente	Acción
Fotocélulas (FT)	Limpia fotocélula y espejo (si tiene).
	Verificar funcionamiento, orientación y conexiones.
Detectores (DT)	Limpia detector.
	Verificar funcionamiento, posición, orientación y conexiones.
Motores (MT)	Verificar caja de conexiones, y que no haya fugas de aceite (si lleva aceite).
Elementos neumáticos	Verificar que no hay fugas de aire.

Inicialmente se realiza un CIL provisional para cada equipo (se adjunta en Anexos G.3), en el cual se establece una periodicidad de 6 meses para todas las acciones; sin embargo, la evolución de los componentes durante este período indicará si es correcta.

Por otro lado, como se trata de un CIL nuevo, es conveniente ayudar a los operarios para comprobar que no tienen dificultad para ejecutar las acciones. En este sentido, se observa que por el gran número de elementos que existen, los operarios tienen dificultad en ubicar los mismos en el equipo. Es por este motivo que se crea una OPL (One Point Lesson o Lección de único punto) para cada equipo; de modo que cada elemento a inspeccionar se puede encontrar fácilmente (se adjuntan en Anexo G.4).

Es importante valorar qué acciones se pueden llevar a cabo en marcha y cuáles necesitan que el equipo esté parado. Siempre es preferible que se puedan realizar el máximo número en marcha porque de este modo, se pueden incorporar en las tareas de producción.

#### **PASO 2.4. INSPECCIÓN GLOBAL DEL EQUIPO A NIVEL DE COMPONENTE**

Básicamente, los únicos ajustes posibles son la orientación de todas las fotocélulas y detectores; como se considera que son ajustes innecesarios, se fijará la posición de todos ellos.

Por otro lado, para la ejecución de los CIL se han creado controles visuales para la verificación de un centrado de bandas correcto (Fig. 6.17), verificación de la tensión en bandas y cadenas (Fig. 6.18).

Fig. 36. Control visual de centrado de bandas

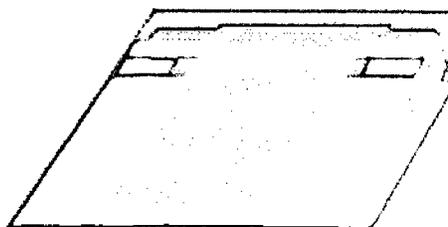
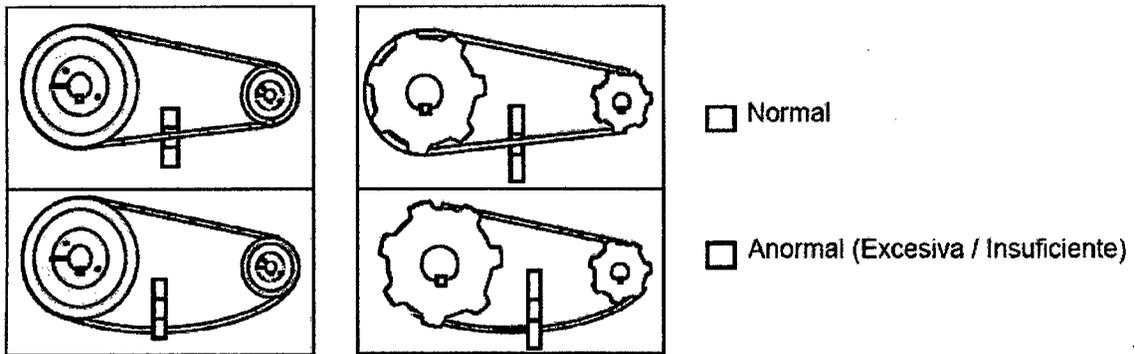
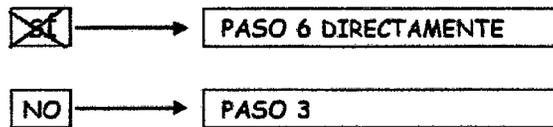


Fig. 37. Control visual de tensión en bandas y cadenas



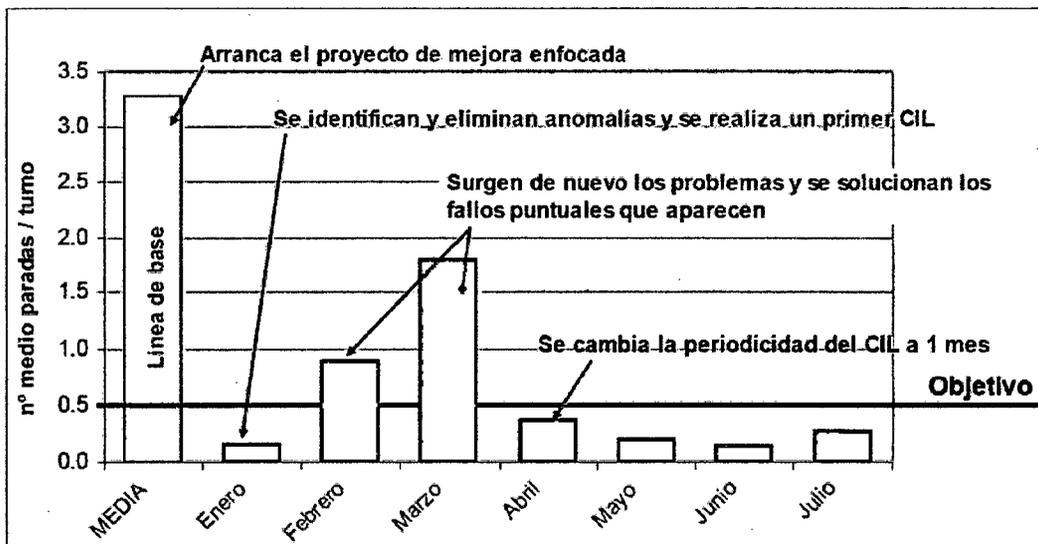
**PASO 2.5. ¿SE HA RESUELTO EL PROBLEMA?**



**PASO 6. Comprobación de los resultados**

En la Figura 38 se puede observar la evolución de los resultados, que muestra que después de restablecer las condiciones básicas con un CIL inicial (Anexos G.3) a principios de enero, se logra una significativa reducción del número medio de paradas por turno. En este primer CIL, se estableció una frecuencia de 6 meses; sin embargo, los resultados muestran que al cabo de un mes incrementan los fallos. Durante el mes de febrero y marzo no se lleva a cabo el CIL, pero lo que sí se realiza es un seguimiento del Histórico de fallos, se analizan las causas y se resuelven.

Fig. 38. Resultados obtenidos frente al objetivo marcado



En abril se decide cambiar la periodicidad del CIL a un mes, ya que fue el tiempo en que empezaron a resurgir algunos fallos. Y el resultado obtenido es que se mantiene un resultado medio de 0.3 paradas por turno.

## **PASO 7. Estandarización**

### **MATERIAL DE ENTRENAMIENTO Y FORMACIÓN**

Como se ha comentado en el Paso 1, el Panel de control del paletizador muestra un Histórico de Fallos que señala el instante y el elemento en el cual se ha producido el fallo. Puede ser muy útil que el operador consulte él mismo el histórico cuando se produzca una pérdida de ciclo en el Paletizador. Así descubrirá las anomalías inmediatamente y reportará la información al coordinador de mantenimiento para que tome las contramedidas que sean necesarias.

Con este fin, se crean las OPL's necesarias para que se puedan llevar a cabo los CIL sin dificultad. No se puede presentar el material, ya que es confidencial.

Se realizan entrenamientos y se hace un seguimiento para que los operarios sepan:

- Realizar todas las tareas del CIL.
- Consultar el histórico y en caso de encontrar fallos reiterados en algún componente, reportar la información al coordinador de mantenimiento.

### **OTROS**

En este caso se ha tenido que recopilar la información de forma manual, a través del histórico de fallos mostrado en el Panel de control. Para facilitar las tareas de análisis de fallos del paletizador, se debería incluir los fallos de la secuencia de paletizado en el registro automático de fallos, igual que para el resto de la línea. De este modo, en los paros del paletizador se conocería el punto exacto donde se ha producido el fallo.

#### 4.1.22. Proyecto 3. Tapones al revés

### PASO 0. Preparación del proyecto de Mejora Enfocada

**NOMBRE DEL PROYECTO:** Tapones al revés.

#### TIPOS DE PÉRDIDAS

- |                                     |   |  |
|-------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Averías | <input checked="" type="checkbox"/> 3. Paradas cortas | <input type="checkbox"/> 5. Producción de defectos |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> 4. Velocidad reducida        | <input type="checkbox"/> 6. Puestas en marcha      |

#### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

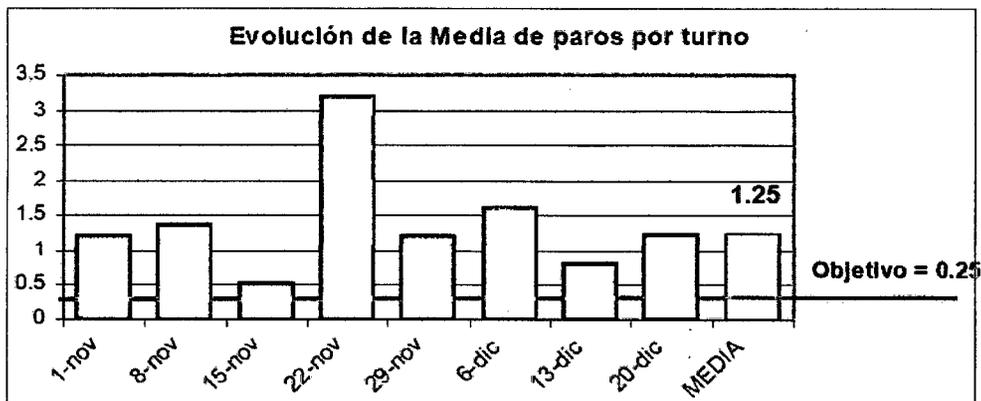
Un tapón llega con orientación inadecuada al cabezal y no puede ser roscado; algunas veces se queda en el interior del mismo, y es cuando se produce el paro.

#### IMPACTO EN LA FIABILIDAD

- Pérdida provocada en la E.G.E.: **0.2%**
- N° medio paros/turno: **1.25**
- MTTR: **1 min.**

#### EVOLUCIÓN Y SEGUIMIENTO SEMANAL

Fig. 39. Evolución semanal de la Media de paradas por turno



#### OBJETIVO

Se pretende encontrar la causa básica de esta pérdida crónica y reducirla lo máximo posible. El criterio de éxito se establece en 0.25 paradas/turno (Figura 40).

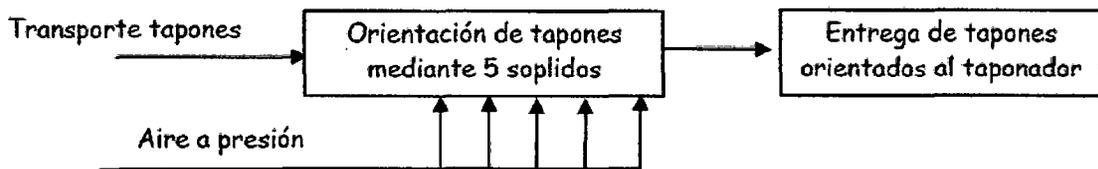
## PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Inicio	Fecha fin planificada	Fecha fin
3 Mayo	5 Septiembre	Pendiente

### PASO 1. Entender la situación

#### PASO 1.1. DIAGRAMA DEL PROCESO

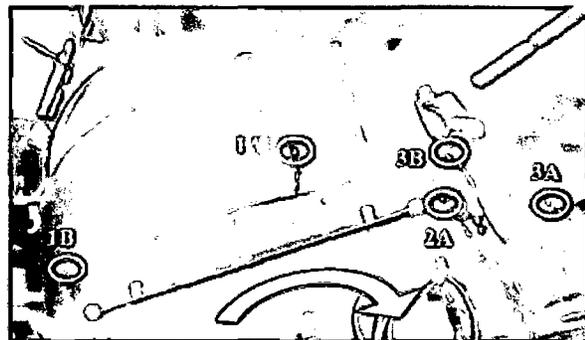
Figura 40. Proceso de orientación de tapones



#### PASO 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El orientador está formado por un disco rotativo de teflón con alveolos y está alimentado por el elevador de tapones. Los tapones se posicionan en los alveolos en una orientación aleatoria (Figura 41), y el orientador selecciona los que tengan la orientación adecuada, mediante 5 soplos de aire (Figuras 42).

Figura 41 y 42 . Imagen del disco alveolar, Soplos del orientador



El ciclo de funcionamiento de cada vuelta del orientador es el siguiente:

- 1. Soplos laterales 1B/1A:** Seleccionan los tapones que se han situado ya en los huecos del disco, los cuales evitarán el soplido, y el resto recibirán un soplido lateral, que los aleja a la parte más baja del orientador, iniciando de nuevo la rotación.
- 2. Soplido inferior 2A:** Ya en los huecos, selecciona los que tengan la orientación adecuada; en cambio, un soplido en la parte inferior del tapón hace saltar a los que están del revés.
- 3. Soplido lateral 3B:** Sirve para alejar los tapones que saltan debido al soplido 2<sup>a</sup>; por eso está alineado verticalmente con éste.

4. **Soplo lateral 3A:** Asegura que no quede ningún tapón mal ubicado a la salida.

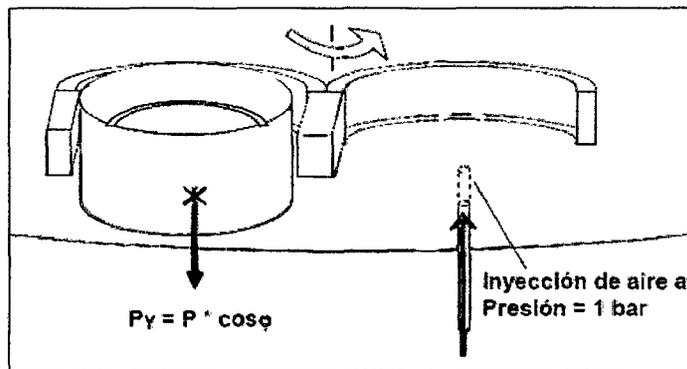
### **PASO 1.3. OBSERVACIÓN DEL FENÓMENO / TOMA DE DATOS**

No se puede observar fácilmente el interior para analizar el funcionamiento del equipo, por eso se coloca una cámara que grabe las 24 h.

### **PASO 1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Todos los soplos nombrados son importantes en el ciclo del orientador, sin embargo, el más crítico para evitar que lleguen tapones al revés es la inyección de aire 2A. En la Figura 43 se presenta un dibujo esquemático del mismo, donde se puede observar que la inyección de aire está ubicada de tal forma que impacta en el hueco dejado por los alveolos o en el tapón en caso de haya un tapón posicionado en él.

Figura 43. Soplo 2A

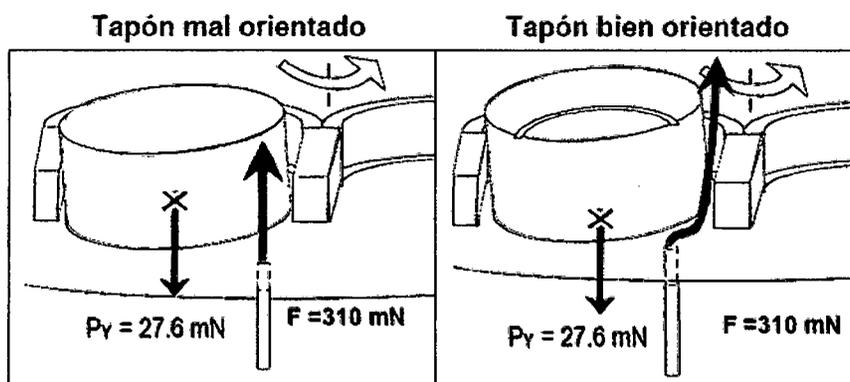


Cuando llegan a este punto los tapones pueden tener únicamente dos posiciones mostradas en la Figura 43 (suponiendo que el resto de soplos han funcionado correctamente). Como se puede observar, si el tapón está mal orientado el soplo impacta en el interior del tapón, haciéndolo saltar, mientras que si está bien orientado el aire a presión levanta ligeramente el tapón hasta que se escapa por el lateral del tapón (además, este hecho está favorecido porque el tapón tiene una forma ligeramente cónica). Se debe tener en cuenta los siguientes datos:

Tabla 9. Datos del soplo 2A

<b>DATOS</b>	
Masa del tapón	3 g
Inclinación del orientador	$\phi = 20^\circ$
Diámetro interior del tapón	$D_{\text{TAPÓN}}$
Presión de aire 2A	1 bar
Diámetro del inyector	2 mm

Figura 44. Funcionamiento del Soplo 2A



**PASO 2. Restablecer condiciones básicas mediante A.M.**

**PASO 2.1/2.2 LIMPIAR, DESCUBRIR Y RESOLVER EL 100% DE ANOMALÍAS**

Se desmonta el orientador de tapones y se descubren diversas anomalías: tubos neumáticos rasgados, tapones atrancados en la estructura, suciedad acumulada entre el disco alveolar y el contenedor, y también mucha suciedad alrededor de todos los soplidos debida a la humedad del aire inyectado. Se eliminan todas las anomalías encontradas.

**PASO 2.3. ESTÁNDAR TENTATIVO DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN**

En el CIL general de la línea, está incluido soplar el orientador. Después de observar la cantidad de suciedad acumulada encontrada al desmontarlo, se considera que se debe desmontar para limpiar a fondo mensualmente; por lo tanto se incluye en el CIL mensual. (También se incluye en el CIL semanal la inspección de los tubos neumáticos).

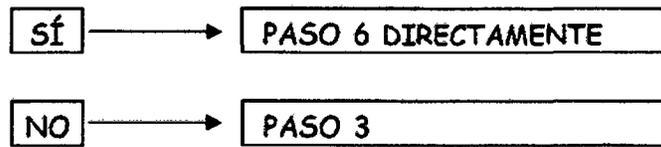
**PASO 2.4. INSPECCIÓN GLOBAL DEL EQUIPO A NIVEL DE COMPONENTE**

Existe un centerlining para todos los parámetros existentes en el orientador (Tabla 10).

Tabla 10. Centerlining actual del orientador

Velocidad de rotación del disco alveolar	4.5 rpm
Presión 1 (soplos 1A y 1B)	2 bar
Presión 2 (soplo 2A):	1 bar
Presión 3 (soplos 3A y 3B)	2 bar

### PASO 2.5. ¿SE HA RESUELTO EL PROBLEMA?



### PASO 3. Analizar las causas básicas.

Se analizan las causas mediante la técnica Porqué-Porqué, aplicada en el instante del soplo 2A. Partiendo de las posibles causas que originan el fenómeno, se listan las posibles causas y se verifica en campo si ocurren o no. Se sigue este procedimiento hasta llegar a una causa básica. Se debe tener en cuenta las posibles fuerzas que pueden actuar en el tapón en este instante, y su valor en condiciones normales:

1.  $P_y$  (componente y del peso) = 27.6mN. La variabilidad del peso es muy pequeña y por lo tanto no puede ser la causa del problema.
2.  $F_{IMPACTO} \approx 310mN$ . Se entiende a ésta fuerza como la recibida por el tapon y no la de inyección. Por la pequeña distancia que hay hasta la superficie donde impacta se considera que es aproximadamente la misma.
3.  $F_{ROZAMIENTO} \over F_{OBSTRUCCION}$  □: Fuerza que puede ejercer el alveolo de resistencia a la salida (ya sea por rozamiento o por obstrucción). En condiciones óptimas esta fuerza debería ser nula, para que se facilite la salida del tapón.
4.  $F_{SOPLO 3B}$ : El soplo 3B sirve para alejar los tapones expulsados por el 2A y no debería perjudicar la salida del tapon.

## ANÁLISIS DE LAS CAUSAS: TÉCNICA PORQUÉ-PORQUÉ

En la Tabla 11 se presenta el análisis:

Tabla 11. Análisis porqué-porqué del orientador

Causas posibles	Por qué 1	Chequeo	Por qué 2	Chequeo	Por qué 3	Chequeo	
F <sub>IMPACTO</sub> baja	Presión de red baja	No					
	Fugas de aire	Sí	Tubo 2A agujereado	Sí			1
			Regulador 2 en mal estado	No			
Obstrucción a la inyección de aire	Sí	Suciedad acumulada		Sí	Restos de tapón	No	
					Humedad alrededor soplos (suciedad).	Sí	2
Existe una F <sub>ROZAMIENTO</sub> o F <sub>OBSTRUCCIÓN</sub>	Tapón fuera de especificaciones	No					
	Atrancamiento del tapón en el alveolo	Sí	Distancia vertical entre alveolo y contenedor	Sí	Problema de diseño	Sí	3
			Alveolos irregulares	Sí	Defecto de fabricación	Sí	4
Un tapón llega inclinado	Los soplos anteriores no funcionan correctamente	Sí	Tubos agujereados	Sí			5
F <sub>SOPLO 3B</sub> no deja salir el tapón	Mala ubicación del Soplo 3B	Sí	Problema de diseño	Sí			6

El análisis indica que son 6 causas significativas las que provocan el fenómeno. Sin embargo, tres de ellas (1,2 y 5) son problemas de condiciones básicas, que han quedado resueltos en el Paso 2. En cambio, las otras tres son problemas más complejos de diseño y defectos de fabricación.

Como causas básicas, aparecen: problemas de condiciones básicas, problemas de diseño y defectos de fabricación.

Para la causa 5 se observa que aunque el soplo 2A es el que expulsa los tapones al revés, los anteriores también deben funcionar correctamente para que no lleguen tapones inclinados. Por otro lado, el soplo 3B dependiendo de cómo salga despedido el tapón podría oponerse a la salida del tapón.

## PASO 4. Investigar y planificar mejoras

### PASO 4.1. PROPUESTA DE SOLUCIONES. PLAN DE ACCIÓN

En el paso anterior se han listado todas las causas que generan el problema y ahora se deben formular contramedidas para todas ellas.

Las anomalías referentes a condiciones básicas (tubos agujereados y suciedad acumulada) ya se han resuelto en el paso anterior. Las otras causas son más difíciles de resolver ya que son problemas de diseño o fabricación, existentes desde la adquisición del equipo. Se analizan los 3 problemas y se establece un plan de acción de mejora de diseño del equipo:

- **CAUSA 3. Distancia vertical entre alveolo y contenedor.** En la Figura 45 se puede observar como el alveolo puede suponer un obstáculo en la salida del tapón, debido a la distancia "d" entre el alveolo y la base.

**Contramedidas.** Para evitar esta obstrucción (o minimizarla), se diseña y se fabrica una pieza para que el tapón llegue a una altura 6 mm. mayor a este punto (Figura 46).

Figura 45. Dibujo esquemático de la mejora introducida

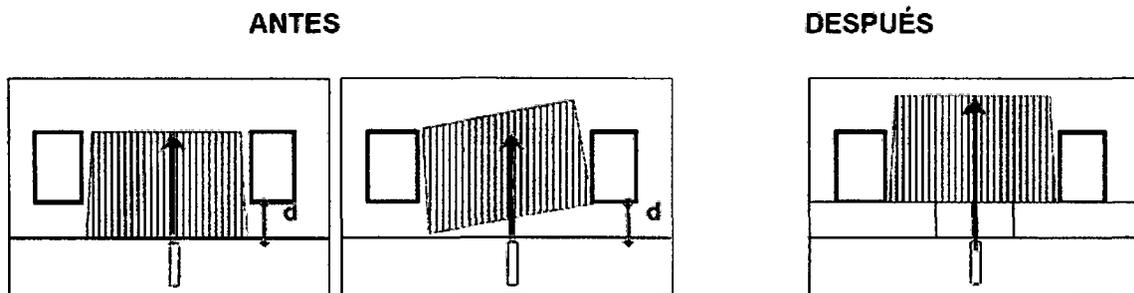


Figura 46. Fotografía de la pieza



Como consecuencia de este cambio también se varía el centerlining de la presión a 1.5 bar, ya que se ha modificado la distancia del soplo al punto del impacto, y eso significa que el aire impacta en una superficie mayor del tapón.

- **CAUSA 4. Irregularidad de los alveolos.** Hay en total 56 alveolos distribuidos en 4 cuadrantes del disco. Una vez implementada la mejora anterior, se analizan los fallos que se siguen produciendo y se observa que los fallos se concentran sobre todo en algunos alveolos; de hecho en uno de ellos se concentra el 50% de todos los fallos. (En el Anexo H.2 se presenta el Análisis de Fallo realizado en el orientador).

**Contramedidas.** Es por este motivo que se desmonta el disco alveolar para estudiar sus dimensiones. Se observa que mientras el diámetro medio de los huecos es de  $D_{\text{HUECOS}} = D_{\text{TAPÓN}} + 2\text{mm}$ , hay un alveolo que tiene un diámetro 10mm. mayor que el resto, lo que significa que cuando el tapon se ubica en este hueco, no recibe el soplido en el centro. Por eso se decide eliminar este alveolo, tapándolo.

- **CAUSA 5. Incorrecta ubicación del soplo 3B.**

**Contramedidas.** Por último, se cambia la posición del soplo 3B ya que se considera que no era la óptima para favorecer la salida del tapón. Además, el montaje de la nueva pieza supone que la posición relativa al tapón ha disminuido 6mm. Se varía su posición respecto a la base de 30mm. a unos 60mm.

Finalmente el plan de acción es presentado en la Tabla 12:

Tabla 12. Plan de acción de la Mejora enfocada

Causa	Tipo de causa básica	Plan de acción / Contramedidas
1. Tubo 2A agujereado	Anomalía	Se cambian tubo 2A y se revisan los tubos semanalmente
2. Humedad alrededor soplos	Anomalía	Desmontar y limpiar orientador mensualmente
3. Distancia vertical entre alveolo y contenedor	Problema de diseño	Fabricación de una pieza que elimine esta distancia
4. Alveolos irregulares	Defecto de fabricación	Analizar irregularidad y disminuir la variabilidad entre alveolos.
5. Mala ubicación del Soplo 3B	Problema de diseño	Se cambia de ubicación el Soplo 3B
6. El tapón llega inclinado	Anomalía	Algún tubo roto

### PASO 5. Plan de acción. Implementación de las mejoras

Se llevan a cabo todas las acciones planificadas; en la Figura 47 se muestra el diagrama de Gantt de la ejecución y estatus del plan de acción. Se puede observar que queda una acción pendiente, que está prevista para ser terminada a finales de agosto.

Figura 47. Diagrama de Gantt de los Pasos 4 y 5.

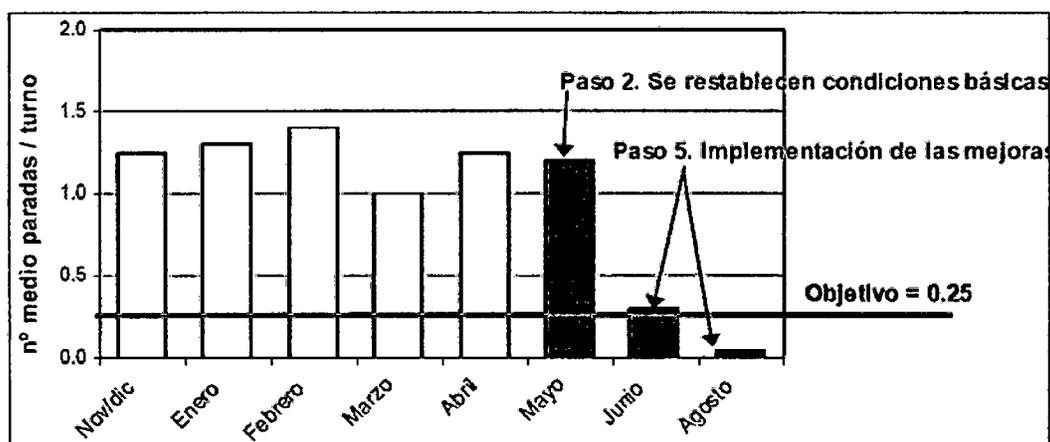
PLAN DE ACCIÓN		Junio	Julio	Agosto	Fecha fin	Fecha planif.	Duración (días)
PASO 4	Propuesta de soluciones	▨			30-jun		10
	Diseño de la nueva pieza		▨		5-jul		2
	Estudio de variabilidad entre alvéolos		▨		10-jul		3
PASO 5	Fabricación y montaje de la nueva pieza		▨		20-jul		7
	Cambio de ubicación del soplo 3B			▨	30-jul		1
	Eliminación del alveolo 1 del 4º cuadrante			▨	7-ago		1
	Disminución de variabilidad entre alveolos			▨	30-ago		2

En el Anexo H.1 se adjunta el diagrama de Gantt del desarrollo de todo el proyecto de Mejora Enfocada.

### PASO 6. Comprobación de los resultados

En la Figura 48 se muestran los resultados obtenidos a través de las acciones realizadas en los Pasos 2 y 5. Se puede apreciar que en este caso, la restauración de las condiciones básicas no obtiene resultados significativos. En cambio, el montaje de la nueva pieza que elimina los atranques de tapón en los huecos (a finales de julio), y la posterior eliminación del alveolo que era claramente defectuoso, han sido fundamentales para la reducción de paradas de taponos al revés. De hecho no se ha producido ninguna parada registrada en la 2ª y 3ª semana del mes de agosto.

Figura 48. Resultados obtenidos frente al objetivo marcado



## **PASO 7. Estandarización**

Es necesario informar cada acción que se realice en el equipo a todos los operarios por diversos motivos. En primer lugar, para que se sientan involucrados en el proyecto; y en segundo lugar, por si acaso alguna de las mejoras introducidas provoca problemas no esperados en algún turno.

Por otro lado, se crea un Troubleshooting (guía de resolución de problemas) y una Hoja de centerlining, para que en caso que se repita el fallo que se ha eliminado, se sepa qué procedimiento se debe seguir para resolverlo. Se adjuntan en los Anexos H.3. y H.4.

#### 4.1.23. Proyecto 4. Ajustes en la etiquetadora

### PASO 0. Preparación del proyecto de Mejora Enfocada

**NOMBRE DEL PROYECTO:** Ajustes en la etiquetadora.

#### TIPOS DE PÉRDIDAS

1. Averías                       3. Paradas cortas                       5. Producción de defectos  
 2. Preparaciones y ajustes    4. Velocidad reducida            6. Puestas en marcha

#### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Se producen intervenciones por parte de los operarios para restablecer las condiciones de calidad requeridas. Algunas intervenciones son para realizar ajustes mecánicos, otras para ajustar presiones o temperaturas, y otras son para limpiar partes concretas del equipo.

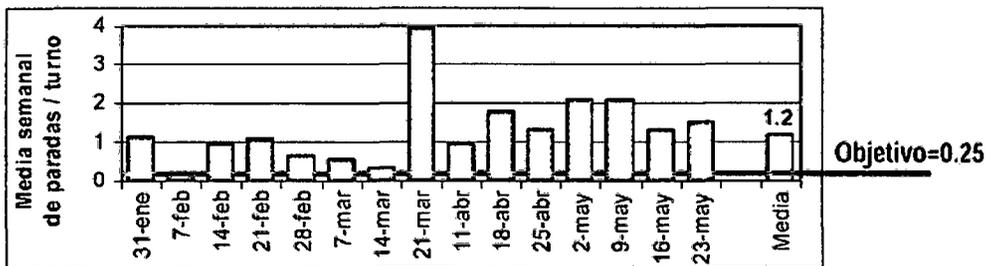
#### IMPACTO EN LA FIABILIDAD

- Pérdida provocada en la E.G.E.: **0.37%**
- N° medio paros/turno: **1.2**
- MTTR: **3 min.**

#### EVOLUCIÓN Y SEGUIMIENTO SEMANAL

En la Figura 49 se puede observar la evolución de dicho indicador previamente a que arranque el proyecto de Mejora Enfocada.

Fig. 49. Evolución semanal de la Media de paradas por turno



#### OBJETIVO

El objetivo es reducir esta pérdida crónica, de forma que se produzca como máximo de forma esporádica. El criterio de éxito se establece en 0.25 paradas por turno (Figura 49).

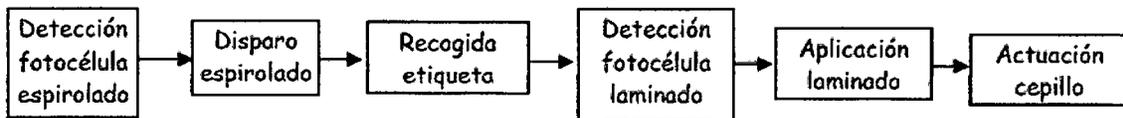
## PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Inicio	Fecha fin planificada	Fecha fin
6 Junio 2011	5 Agosto 2011	Pendiente

### PASO 1. Entender la situación

#### PASO 1.1. DIAGRAMA DEL PROCESO

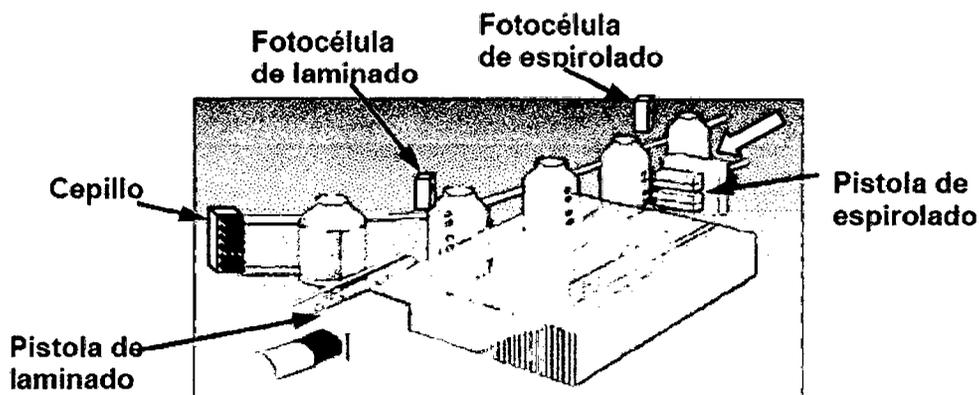
Figura 50. Diagrama del proceso de etiquetado



#### PASO 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En la Figura 51 se puede observar un dibujo del ciclo de etiquetado. Las etiquetas se alojan en un carro de almacenamiento, sujetas por una plancha metálica que las presiona hacia delante a medida que se consumen. Por delante, unas uñas las sujetan tanto por la parte superior e inferior, como por el lateral izquierdo.

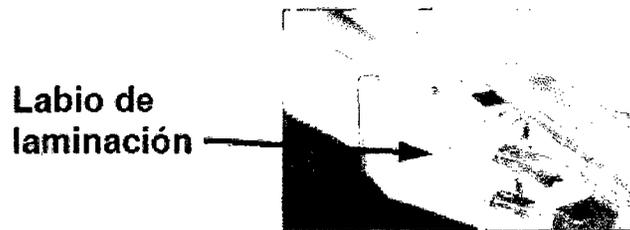
Figura. 51. Dibujo del ciclo del etiquetado.



El ciclo comienza cuando la botella entra en la etiquetadora y pasa a ser traccionada por dos correas que la hacen rodar a lo largo de una guía metálica. Una fotocélula acciona el disparo de dos inyectores de adhesivo en forma de espiral (por eso se llama “espirolado”). La botella sigue avanzando y la etiqueta queda adherida, produciéndose un movimiento envolvente.

A continuación, otra fotocélula acciona la pistola de laminado, que a través de un labio de laminación aplica adhesivo a lo largo de todo el borde de la etiqueta (se denomina “laminado”). Por último, un cepillo presiona la etiqueta por esta zona, asegurando que queda bien pegada. En la Figura 52 se muestra una fotografía del labio de laminado.

Figura 52. Aplicación del laminado



### PASO 1.3. ESTRATIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Se puede entender el conjunto de la etiquetadora como dos equipos diferenciados:

- A) La Etiquetadora, formada por toda la estructura que guía las botellas y que aloja las etiquetas.
- B) El Equipo de cola, formado por el tanque, las mangueras y las dos pistolas (es decir, todo el circuito que recorre el adhesivo).

Por un lado, se puede estratificar el problema según el equipo en que se produce, como muestra la Figura 53. Y por otro, se puede dividir según el tipo de intervención que suponga para el operario (ajuste de parámetros o limpieza). En la Figura 54 se puede apreciar que un 45% corresponde a intervenciones para limpieza del equipo, lo que refleja que existe una excesiva aplicación de adhesivo en el laminado o en el espirolado (o en ambos). El porcentaje restante corresponde a ajustes diversos (ya sean mecánicos, neumáticos o térmicos).

Figura 53. Estratificación por equipos

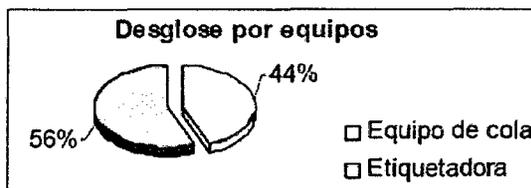
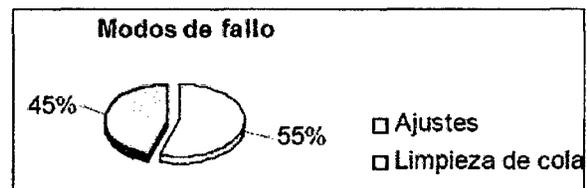


Figura 54. Estratificación según modos de fallo de fallo



### PASO 1.4. OBSERVACIÓN DEL FENÓMENO / TOMA DE DATOS

- Toma de datos en campo (temperaturas, presiones, etc.). Se dispone de un termómetro infrarrojo para medir temperaturas; y se instalan manómetros para controlar las presiones.
- Se consultan los manuales y el proveedor del equipo de cola.

## **PASO 1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

---

En primer lugar, se debe destacar que la etiquetadora presenta una gran cantidad de regulaciones; esto es debido a que está diseñada para operar con cualquier formato de etiqueta y de botella. Sin embargo, en la actualidad debe producir con un único tamaño de ambos, lo que significa que las regulaciones destinadas al cambio de formato no son necesarias. Además, a estas regulaciones se unen otros parámetros destinados a absorber la variabilidad de las etiquetas o el desgaste de otros componentes.

Este número tan elevado de regulaciones supone que cada operario o mecánico ajuste parámetros distintos para solventar los problemas de etiquetado. Además, en algunas tareas de mantenimiento es necesario variar las condiciones de operación (regulaciones mecánicas); pudiendo quedar desajustados si no se conoce su estado inicial. Por estos motivos, las condiciones de operación del equipo han variado continuamente a lo largo del tiempo.

A continuación se explica brevemente algunas regulaciones que hay tanto en la etiquetadora como en el equipo de cola, para entender la necesidad de tener todos los parámetros bajo control.

### **A) Ajustes en la etiquetadora**

- En el carro de almacenamiento de etiquetas son variables la altura del conjunto, la de ambos lados y la rotación horizontal. Las uñas también se pueden regular individualmente tanto en altura como en profundidad (en la Figura 55 se muestra una fotografía). La presión de las uñas, así como la ejercida por la plancha metálica (equilibrada por unas pesas regulables) debe ser la adecuada; sino las etiquetas quedan retrasadas o se escapan, provocando defectos de etiquetado. Hay un vibrador (también regulable) que facilita el avance de las etiquetas a lo largo de las guías del carro.

Figura 55. Uñas superiores, inferiores y laterales en el carro de almacenamiento



- La tensión con que las dos correas traccionan las botellas se regula con 17 rulinas y 2 tensores; también es variable la posición, la altura del conjunto y la distancia entre correas.

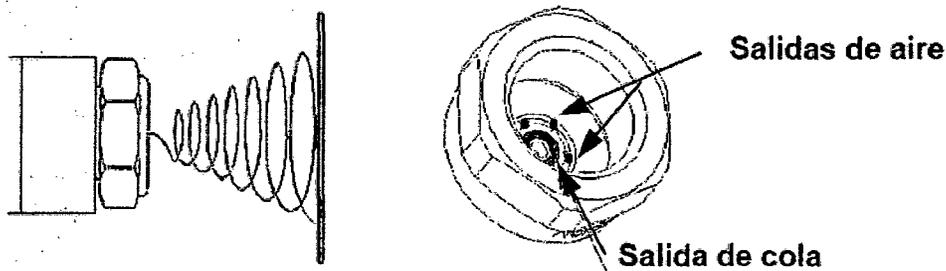
- También es ajustable la anchura de las guías de entrada / salida de la etiquetadora.
- Las fotocélulas son regulables en profundidad, y tienen también como variable el tiempo de accionamiento de las pistolas.
- El cepillo tiene como parámetros la altura, la posición lateral y la rotación.

En total, se contabilizan 95 parámetros para la etiquetadora (se han citado aquellos que se consideran más significativos).

## B) Ajustes en el equipo de cola

Los disparos de adhesivo en los inyectores son accionados por entradas de aire, la presión de las cuales es regulable. La cantidad de adhesivo aplicado viene determinado por estas presiones y por los tiempos de disparo de todos los inyectores (regulados por un controlador). En el espirolado, también se regula la presión del aire que crea la espiral en el disparo; la Figura 56 muestra un dibujo de un inyector de espirolado.

Figura 56. Inyectores de espirolado



En cuanto a parámetros térmicos, los más importantes son las temperaturas de aplicación en el laminado y en el espirolado, ya que determinan la viscosidad del adhesivo en el instante de aplicación. Sin embargo, éstas dependen de la temperatura del tanque, y de las dos mangueras (espirolado y laminado).

Para el equipo de cola se contabilizan 28 parámetros, en los cuales se producen también variaciones continuas, perdiendo las condiciones de operación de forma reiterada.

## **PASO 2. Restablecer condiciones básicas mediante A.M.**

### **PASO 2.1 / 2.2 LIMPIAR, DESCUBRIR Y RESOLVER EL 100% DE ANOMALÍAS**

El Anexo I.1 recoge la Hoja de identificación de anomalías correspondiente, donde se definen las medidas correctoras, así como la fecha de resolución de las mismas.

### **PASO 2.3. ESTÁNDAR TENTATIVO DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN**

El Estándar de limpieza, inspección y lubricación (CIL) actual cubre la limpieza y lubricación de las partes más críticas del equipo. Se presenta en el Anexo I.2.

### **PASO 2.4. INSPECCIÓN GLOBAL DEL EQUIPO A NIVEL DE COMPONENTE**

Se han contabilizado 123 variables entre los dos equipos. Para lograr tener todas ellas bajo control, se procederá a realizar un proceso de centerlining, que se detallará a continuación.

#### **Proceso de mejora del Centerlining.**

Cuando ocurre un problema en la etiquetadora, se realizan ajustes para compensar; sin embargo, frente a un mismo problema, los ajustes varían entre turnos, operarios, etc. El proceso de Centerlining es un método utilizado para minimizar las variaciones del proceso; en definitiva, para mantener a lo largo del tiempo las condiciones que se consideren óptimas. Este proceso se divide en 5 etapas:

1. Se divide el equipo en componentes.
2. Se identifican todos los parámetros ajustables, y se determina si hay necesidad de ajuste (es decir, si deben ser variables o fijos).
3. Se fijan los ajustes innecesarios.
4. Para el resto, se determina el valor o rango óptimo de operación, a través de:
  - Información de los proveedores, de los manuales, etc.
  - Pruebas para encontrar la ventana operacional (para una variable).
  - Diseño de experimentos (para múltiples variables).
5. Se establece un método de control visual, que permita chequear fácilmente si la variable está en el rango óptimo.

En el Anexo I.3 se presenta una tabla que recoge las 5 etapas para todos los parámetros. A continuación se detallan las etapas 3,4 y 5.

#### **3. Fijación de los ajustes innecesarios.**

A pesar de que la etiquetadora permite operar con distintos tamaños de botella y etiqueta, en este caso se trabaja con un único tamaño. Esto implica que todos los ajustes

mecánicos destinados a cambios de formato son innecesarios (anchura de las guías laterales de las etiquetas, altura del carro, etc.).

En total, de los 123 parámetros existentes pueden fijarse 66, como se puede apreciar en la Tabla 13. Con este paso previo, se reduce el problema en más de un 50%.

Tabla 13. Reducción de parámetros

	Etiquetadora	Equipo de cola	Total
<b>Parámetros iniciales</b>	95	28	123
<b>Fijos (F)</b>	55	11	66
<b>Variables (V)</b>	40	17	57

La opción más sencilla y económica para fijar los parámetros que no son necesarios es poner pasadores, eliminando así los grados de libertad que sean oportunos (posición o rotación). Se han fijado así la posición de las fotocélulas, el desplazamiento lateral de las rulinas y tensores, la posición o rotación del cepillo, etc.

Sin embargo, en otros casos los componentes necesitan ser desmontados para realizar tareas de mantenimiento. En ese caso, lo más adecuado es utilizar mecanismos **Poka-Yoke**, que permitan una única posición cuando se procede al montaje. Es el caso de las guías de entrada y salida, para las cuales se ponen dollas.

#### 4. Rango o valor óptimo de operación.

Los parámetros que permanecen variables son:

- a) Parámetros mecánicos para absorber la variabilidad de las etiquetas o para compensar el desgaste o la variabilidad de componentes.
- b) Parámetros neumáticos (presiones) y térmicos (temperaturas).

Respecto a las temperaturas, se consultan las Hojas de especificaciones del adhesivo, los manuales del tanque y de las pistolas, y se consideran también recomendaciones dadas por el proveedor. Los datos recopilados se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Valores recomendados de temperatura para la utilización del equipo de cola

	Propiedad	Valor recomendado
Adhesivo termofusible	Tª de aplicación	150°
	Viscosidad a 150°	Aprox. 1100 mPa·s
Tanque	Tª Manguera espirolado (T2)	5° menor que en el punto de aplicación
	Tª Manguera laminado (T4)	5° menor que en el punto de aplicación
	Tª del tanque (1)	5° menor que en las mangueras
Pistola espirolado	Tª pistola espirolado (T3)	Tª de aplicación
Pistola laminado	Tª pistola laminado (T5)	Tª de aplicación

Como se puede apreciar, el proveedor recomienda que la temperatura del tanque sea 10° grados inferior a la temperatura final de aplicación y sean las resistencias intermedias de las mangueras y de las pistolas las que calienten el adhesivo hasta 150°. Se consigue así que el adhesivo se caliente a medida que avanza en el circuito.

Por lo tanto según los datos recopilados los valores de centerlining para las Temperaturas serán:

- $T_1 = 140^\circ$
- $T_2 = 145^\circ$
- $T_3 = 150^\circ$
- $T_4 = 145^\circ$
- $T_5 = 150^\circ$

Para las presiones, se dispone de los rangos de operación recomendados en los manuales, mostrados en la Tabla 15.

Tabla 15. Rangos óptimos de presión para la utilización del equipo de cola

	Propiedad	Valor manuales	Recomendación proveedor
Tanque	Presión del tanque (P5)	?	?
Pistola espirolado	Presión aire inyector superior (P2)	4.1-6.2 bar	3.8- 4.2 bar.
	Presión aire inyector inferior (P3)		
	Presión patrón espiral aire (P1)	0.3 – 3.5 bar.	
Pistola laminado	Presión aire laminado(P4)	3.4 – 4.8 bar	3.8- 4.2 bar.

Para determinar el rango óptimo de operación para las presiones es necesario entender el funcionamiento de los inyectores; la Figura 57 muestra todas las entradas y salidas en un inyector de espirolado. Una primera entrada de aire a una presión P2 hace retroceder el muelle y el pistón, accionando así la entrada de adhesivo que fluye a la presión dada por el tanque (P5). Una segunda inyección de aire (a presión P1) hace de difusor justo a la salida.

Figura 57. Inyector superior de espirolado



La presión P1 determina el diámetro de adhesivo obtenido en el disparo de espirolado y es independiente al resto de presiones (sí está afectada por la temperatura del adhesivo, establecida en 150°). Las especificaciones de calidad determinan un diámetro aproximado de 1cm.; para ello, se realizan las pruebas pertinentes para lograr el diámetro especificado a una temperatura de 150°, obteniendo un valor óptimo de P1= 3.5 bar.

Por otro lado, las presiones P2, P3 y P4 (cuyo rango de operación es de 3.8 a 4.2 bar.) corresponden a las entradas de aire que accionan el disparo en el inyector de espirolado superior, inferior y el de laminado, respectivamente.

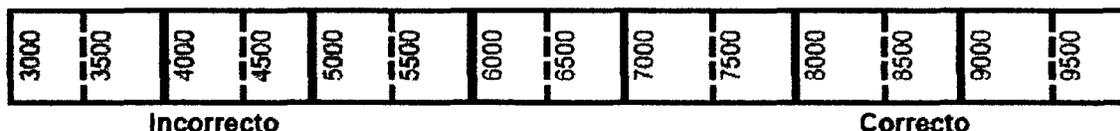
La cantidad de adhesivo obtenido será función de la presión del tanque (P5) y de cada una de las presiones P2, P3 y P4, en cada caso. Se coge un rango óptimo para estas tres presiones y ya sólo se debe determinar qué presión del tanque es la adecuada para obtener resultados satisfactorios tanto en el laminado como en el espirolado. Las pruebas experimentales indican un valor óptimo de P5 en 1.5 bares, para unas P2, P3 y P4 establecidas en 4 bares.

Una advertencia realizada por el proveedor es que no debe regularse nunca el muelle de un inyector (ya que son ajustados en su fabricación), ya que se pierden las condiciones de trabajo. No es posible evitar físicamente la regulación de los mismos; por eso se informa a los operarios cuando se proceda a los entrenamientos en el Paso 7.

### 5. Establecer un método de control visual para cada parámetro.

En primer lugar, se muestra en la Figura 58 un control visual ya existente que permite controlar la cantidad de etiquetas en el carro, parámetro que es crítico para que la presión ejercida a las etiquetas sea la adecuada.

Figura 58. Control visual de cantidad de etiquetas



Para los ajustes mecánicos que deben permanecer variables, se crean controles visuales de forma que es posible realizar ajustes para absorber la variabilidad (de las etiquetas y de otros componentes, como las correas), pero es sencillo volver a las condiciones iniciales. En las Figuras 59 y 60 se muestra el control visual utilizado para tuercas y tornillos.

Fig. 59. Control visual de ajuste de tuercas y tornillos

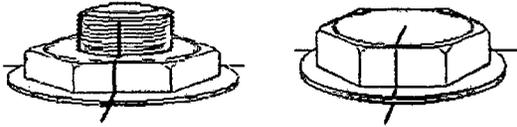
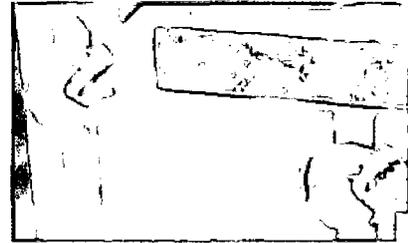


Fig. 60. Ejemplo de control visual de ajuste de tornillos



Para controlar el valor de las presiones, se marca en los manómetros el rango operacional (o valor) correcto, como se puede observar en la Figura 61 y 62.

Figura 61. Control visual para la presión P5

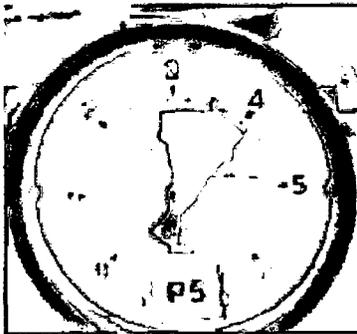
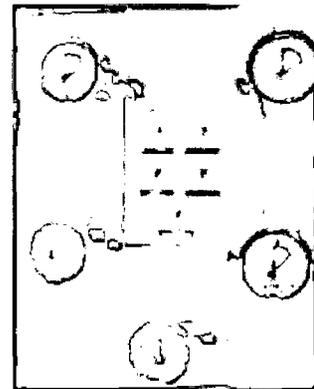
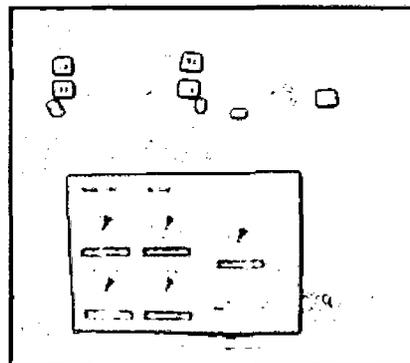


Figura 62. Panel de control de presiones

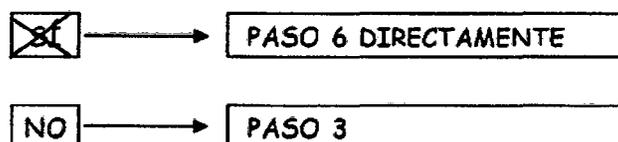


Para el caso de las Temperaturas se crea una Hoja de Centerlining para verificar los valores, mostrada en la Figura 63. Se adjunta la Hoja tanto de presiones como de temperaturas en el Anexo I.4.

Figura 63. Control visual de temperaturas



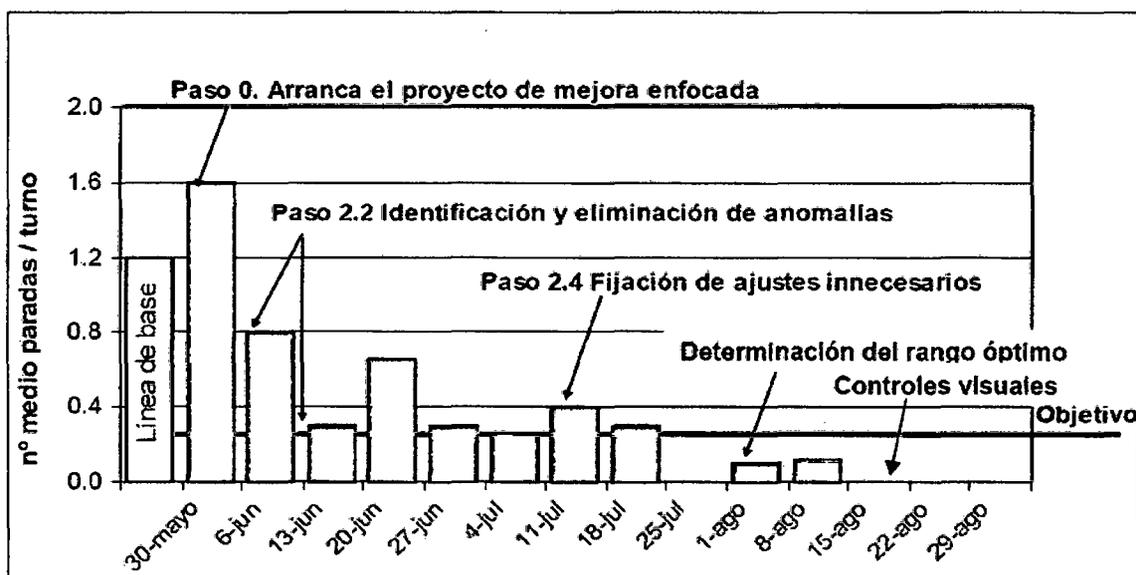
## PASO 2.5. ¿SE HA RESUELTO EL PROBLEMA?



## PASO 6. Comprobación de los resultados

En la Figura 64 se puede ver la evolución semanal de la media de paros por turno. El proyecto arranca la semana del 30 de mayo, partiendo de una media situada en 1.2 paradas/turno. Se puede ver la evolución del proyecto y cómo ha influido cada etapa en los resultados.

Figura 64. Resultados obtenidos frente al objetivo marcado



Se puede apreciar que después de identificar y resolver todas las anomalías, se produce una mejora significativa, ya que se recuperan las condiciones básicas del equipo. En el Proceso de Centerlining debemos destacar que la fijación de todos aquellos ajustes innecesarios es una acción que tendrá resultados a medio plazo, ya que esos parámetros no se ajustaban con tanta frecuencia (en tareas de mantenimiento sobre todo).

Una acción que sí ha supuesto un resultado inmediato es la determinación del rango óptimo de algunas variables críticas como son las presiones y temperaturas. El punto más importante a destacar es la eliminación de las intervenciones de limpieza de adhesivo en el equipo (que suponía un 45% del total de paradas); se ha logrado tener bajo control tanto el espirolado como el laminado, evitando que se creen fuentes de

contaminación por un exceso de cola en la aplicación de ambos. Esto ha sido clave para lograr la reducción necesaria para cumplir con los objetivos.

## **PASO 7. Estandarización**

### **MATERIAL DE ENTRENAMIENTO Y FORMACIÓN**

---

A pesar de que se ha reducido drásticamente la intervención por ajustes en la etiquetadora, en alguna ocasión es necesario realizar algún ajuste para compensar la variabilidad en las etiquetas. Por eso, se crea una guía de resolución de problemas (Troubleshooting), para estandarizar las actuaciones de los operarios (en general mecánicos) frente a los problemas más comunes. Se adjunta en el Anexo I.5.

También es necesario incluir en el CIL ya existente la verificación de todos los parámetros del Centerlining, y marcar la periodicidad que se considere oportuna.

Se llevan a cabo entrenamientos a todos los operarios, eléctricos, y mecánicos, para que conozcan el proyecto de Mejora enfocada realizado. También se les entrena para que conozcan todos los controles visuales introducidos, y cómo realizar las inspecciones pertinentes.

Este punto no se ha podido finalizar debido a que las fechas de ejecución del proyecto han coincidido con el período vacacional de algunos operarios, quedando pendiente por lo tanto, algunos entrenamientos.

### **REAPLICACIÓN**

---

Este proyecto de mejora enfocada puede reaplicarse en muchos otros puntos de la línea en mayor o menor medida. De hecho se puede reaplicar en todas aquellas paradas menores debidas a intervenciones para ajustar los equipos.

#### 4.1.24. Costo del proyecto

A continuación se presenta el coste del proyecto, desglosado en los 4 proyectos de mejora enfocada que se han ejecutado:

Tabla 16. Costo del Proyecto

	<b>CONCEPTO</b>	<b>COSTE</b>
PROYECTO 1: Atranques en Lienadora	Equipo de Visión Artificial	7000.00
	Sistema de iluminación	1029.00
PROYECTO 2: Paros del paletizador	Material diverso	150.00
PROYECTO 3: Tapones al revés	Nueva pieza del orientador	300.00
	1 Manómetro	25.00
PROYECTO 4: Ajustes en la etiquetadora	Placa de acero inoxidable 0,4x 0,4 m.	63.00
	5 manómetros (0-6 bar)	132.50
	5 Reguladores de 1/4	194.50
	Mano de obra contratistas	242.00
		1461.76
Coste dedicación estudiante (1)		3600.00
<b>COSTE TOTAL</b>		<b>14197.76</b>

(1) Se han dedicado un total de 600 horas, con una retribución de 6 \$/h. Están incluidas las horas dedicadas tanto al análisis de pérdidas de productividad como la ejecución de los Proyectos de Mejora enfocada.

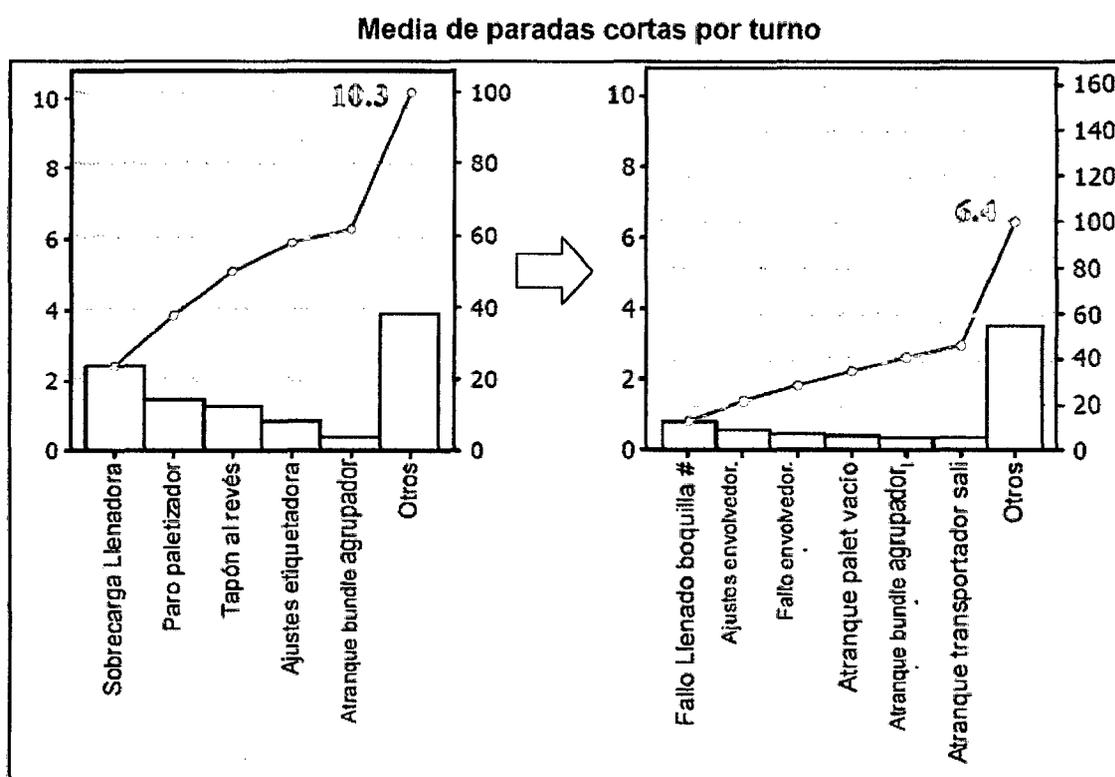
(2) No está incluido el coste de Mano de obra de los operarios, eléctricos o mecánicos de la línea; sólo el trabajo realizado por contratistas.

## 4.2 Resultados finales

En el Paso 6 de uno de los proyectos de Mejora Enfocada, ya se han comprobado los resultados obtenidos de forma individual. A continuación se presenta la situación a fecha de 22-Junio-2011, tomando como periodo datos las dos últimas semanas.

En la Figura 65 se puede apreciar cómo partiendo de una media de 10,3 paradas cortas por turno (en diciembre de 2010), se ha obtenido una disminución de 4 paradas por turno. Esto ha supuesto que el nuevo MTBF esté situado en 46 min. frente a los 33 min. que presentaba la línea en diciembre del año anterior.

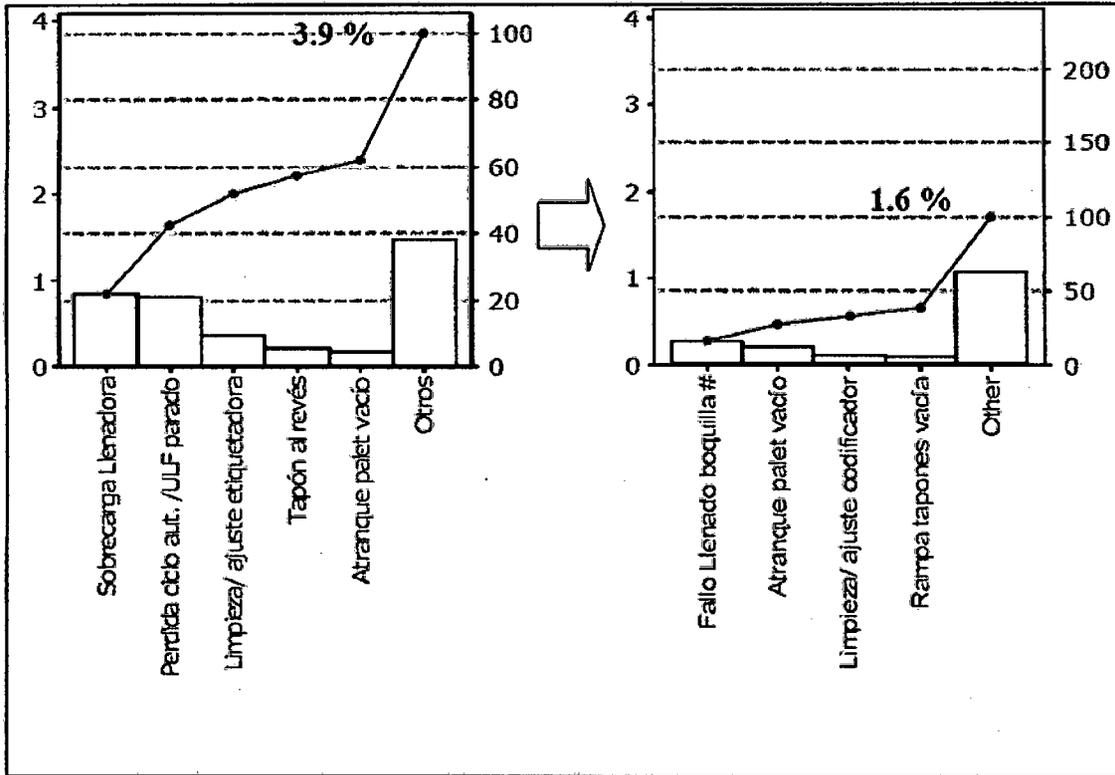
Figura 65. Reducción de paradas por turno



Por otro lado existía un 3,9% de pérdidas de E.G.E.; después de la implementación de los 4 proyectos sólo suponen un 1,6% (Figura 66). Esto ha llevado a un nuevo nivel de productividad situado en un 86% (frente al 83,7% inicial).

Figura 66. Mejora obtenida en la eficiencia

Pérdida en E.G.E. por paradas cortas



## **V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **5.1. Contratación de hipótesis con los resultados.**

De acuerdo a los resultados finales demostramos la validez de las hipótesis planteadas en la presente tesis. La aplicación del Mantenimiento Productivo Total ha incrementado significativamente la productividad en la línea de envasado en la empresa CPPQ S.A. Asimismo al minimizar las seis grandes pérdidas se maximiza la Efectividad Global del Equipo y al minimizar el tiempo medio entre fallos se incrementa la fiabilidad del sistema de producción.

### **5.2. Contratación de resultados con otros estudios similares.**

Los resultados de la presente tesis se han contrastado con estudios similares referidos a plantas de producción en los cuales se implantó el Mantenimiento Productivo Total con el propósito de incrementar la productividad obteniéndose resultados parciales similares a los obtenidos en la presente tesis.

## CONCLUSIONES

A. El análisis de pérdidas en un proceso productivo es una herramienta indispensable, que puede aportar una visión general de la situación en que se encuentra y al mismo tiempo ayudar a señalar oportunidades de mejora. Para ello, es fundamental definir qué pérdidas se consideran, establecer un indicador para cada una de ellas y disponer de datos precisos de los indicadores. Este debe ser el punto de partida para entender la situación existente de pérdidas en la línea.

B. Para el caso de pérdidas en las Máquinas (o pérdidas de “tiempo de producción”), el cálculo de las Seis Grandes Pérdidas y la Efectividad Global de los Equipos es fundamental para conocer cuáles deben ser las prioridades. En ocasiones, se tiende a dar importancia a los grandes problemas (averías), y se puede dejar de lado las pérdidas crónicas como las paradas cortas o las pérdidas de velocidad. Este tipo de pérdidas suelen ser pequeñas desviaciones pero si se producen de forma frecuente pueden suponer una pérdida significativa de productividad, y por eso no deben menospreciarse. Un ejemplo muy claro son los atranques en la estrella de salida de la E.G.E., que a pesar de presentar un MTTR de sólo 1.8 min., supone una pérdida de productividad del 0.8%.

C. La gran ventaja competitiva que puede suponer la implantación del Mantenimiento Productivo Total en cualquier empresa. Consigue integrar todas las áreas de la organización a través de sus pilares fundamentales, y esto hace que todas ellas apunten a los mismos objetivos, sigan los mismos procedimientos y exista una colaboración interdisciplinar.

D. La clave del éxito en la implementación del TPM en el área de producción es contar con el respaldo de los operarios. En este sentido, se puede considerar el Mantenimiento Autónomo como el punto de partida, para lograr la involucración de los operarios en las tareas de inspección y de mantenimiento. Con una progresiva implicación, se puede lograr que propongan mejoras, participen en los proyectos de Mejora Enfocada, etc. y se cree un ambiente de mejora continua.

E. De los cuatro proyectos de Mejora Enfocada realizados para la eliminación de paradas cortas, dos de ellos se resolvieron sólo restableciendo las condiciones básicas. De aquí se deduce la importancia de tener CIL y centerlining's adecuados para el Mantenimiento Autónomo, y si es necesario revisarlos periódicamente.

## **RECOMENDACIONES**

A. Se recomienda disponer del registro automático de fallos, sin el cual no se podría haber calculado el tiempo perdido en paradas cortas. Por otro lado, sería muy beneficioso que todos los paros de la línea fueran asignados automáticamente y fueran fácilmente exportables a una hoja de cálculo. De este modo, se evitaría mucho trabajo previo de preparación de datos y su posterior análisis.

B. Por otro lado, destacar también que aunque existan muchos modos de fallo en la línea productiva (unos 50) para las paradas cortas, tan solo unos pocos son significativos (sólo 3 de ellos representan más del 50% del total de pérdida).

C. Un paso muy importante en las Mejoras Enfocadas, es el de Estandarización. Puede ser más o menos costoso encontrar la causa básica de una pérdida crónica y proponer contramedidas para eliminarla; sin embargo, de nada servirá implementar una mejora si no es mantenida a lo largo del tiempo. Es por esto, que es fundamental detenerse en este paso y llevar a cabo todas las acciones que sean necesarias:

- Compartir la mejora con todos los operarios
- Crear el material de entrenamiento utilizando las herramientas que propone el TPM: Lecciones de único punto, Estándares de operación (SOP), etc.
- Crear si es necesario un Troubleshooting (guía de resolución de problemas).

## **REFERENCIALES**

- 1 CUATRECASAS, L., TPM, Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción, Ed. Gestión 2000, Barcelona
- 2 POMORSKI, T.R., Total Productive Maintenance (TPM). Concepts and Literature Review, Principal Consulting Engineer, Brooks Automation, Inc.
- 3 HIRANO, H., 5S para todos. 5 pilares de la fábricas visuales, Productivity Press, TGP Hoshin, 1997.
- 4 SUZUKI, T., TPM en industrias de proceso , Productivity Press, TGP Hoshin, 1992
- 5 TAJIRI, M., GOTOH F., Programa para el desarrollo del Mantenimiento Autónomo, TGP Hoshin, 2004, Madrid.
- 6 REY SACRISTÁN, F., Mantenimiento Total de la Producción: Proceso de implantación y desarrollo, Fundación confemetal, Madrid.
- 7 SHINGO. S. Tecnologías para el cero defectos: Inspecciones en la fuente y el sistema Poka-Yoke. Tecnologías de Gerencia y Producción S.A. 1990, Madrid.
- 8 SHIROSE, K.; KIMURA, Y.; KANEDA, M. Análisis PM. Un paso avanzado en la implantación del TPM, TGP Hoshin, S.L., 1997, Madrid

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

VIII.- MATRIZ DE CONSISTENCIA:

PROBLEMA		OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECIFICOS	ELABORACION DEL MARCO TEORICO	HIPOTESIS	VARIABLES						
						VARIABLE	DEFINICION OPERATORIA	TIPOS DE VARIABLES		UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ESTANDAR	FUENTE
								ESCALA DE MEDIDA	PARTICIPACION			
Baja Productividad en la Línea de Envasado de la Empresa CPPQ S.A.	¿En qué medida el mantenimiento contribuye con la baja productividad de la empresa ?	Diagnosticar el problema de la baja productividad en la línea de envasado de CPPQ S.A.	1.- Proponer una solución que sea económicamente accesible.	Información general del área  Datos The Handbook of Maintenance Management		MTBF	Minutos	Numérico	Independiente	Unidades	DOC PALMER. "Maintenance Planning and Scheduling". <i>Journal of the Maintenance Society of America</i> , 75(6), 1807-16. (2004).	
	¿Cuál es la herramienta o metodología más eficiente, para incrementar la productividad basado en el mantenimiento?		2.- Investigar la eficiencia de las diversas metodologías o herramientas que se tiene a disposición	Información general del área	Al no emplear un correcto programa de mantenimiento es probable que disminuya la productividad en la línea de envasado de la empresa CPPQ S.A.	Estándares de calidad	Características físicas	Numérico	Dependiente	Unidades		LEVITT, Joel. 2006. Guide of Preventive and Predictive Maintenance
	¿En cuanto se incrementaría la productividad si utilizamos esta metodología?		3.- Verificar que este problema se enmarca dentro del desarrollo de gestión del mantenimiento a nivel mundial.	Información general del área  The Handbook of Maintenance Management		Calidad de producto	Características físicas	Numérico	Dependiente	Unidades	NIEBEL, Benjamín. 2005. Engineering Maintenance Management	

## **ANEXO B**

## ANEXO B. CÁLCULO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS.

Para realizar el cálculo, se consultan los reportes de producción de 8 semanas consecutivas: desde el 1 de noviembre hasta el del 27 de diciembre de 2004. Se obtiene:

	Día inicio	Hora inicio	Día fin	Hora fin	# bundles producidos
Semana 1	1-Nov	14:00	4-Nov	17:12	314583
Semana 2	8-Nov	8:05	11-Nov	11:17	301688
Semana 3	14-Nov	17:00	17-Nov	22:24	361458
Semana 4	23-Nov	22:10	25-Nov	1:47	150052
Semana 5	1-Dic	22:02	4-Dic	22:02	307958
Semana 6	7-Dic	14:00	10-Dic	11:36	291271
Semana 7	14-Dic	14:08	17-Dic	12:32	298344
Semana 8	21-Dic	9:55	23-Dic	0:19	159286

Tabla 17

Se puede calcular ahora el Tiempo total disponible y la producción total.

	Tiempo planificado (min.)	Bundles producidos	Botellas producidas
Semana 1	4512	314583	1887500
Semana 2	4512	301688	181012
Semana 3	5184	361458	2168750
Semana 4	2137	150052	900312.5
Semana 5	4320	307958	1847750
Semana 6	4176	291271	1747625
Semana 7	4224	298344	1790063
Semana 8	2256	159286	955714
	<b>31321 min.</b>	2184640 bundles	13107840 bot.

Tabla 18

Se puede calcular la Efectividad Global de los Equipos, teniendo en cuenta que la velocidad estándar está establecida en 500 bot/min.

$$EGE = \frac{\text{N}^{\circ}\text{botellas producidas}}{\text{Tiempo disponible} * \text{Velocidad estándar}} = \frac{13107840}{31321 * 500} = 83,7\%$$

## **ANEXO C**

## ANEXO C. ENCUESTA TRIMESTRAL DE COSTE LABORAL

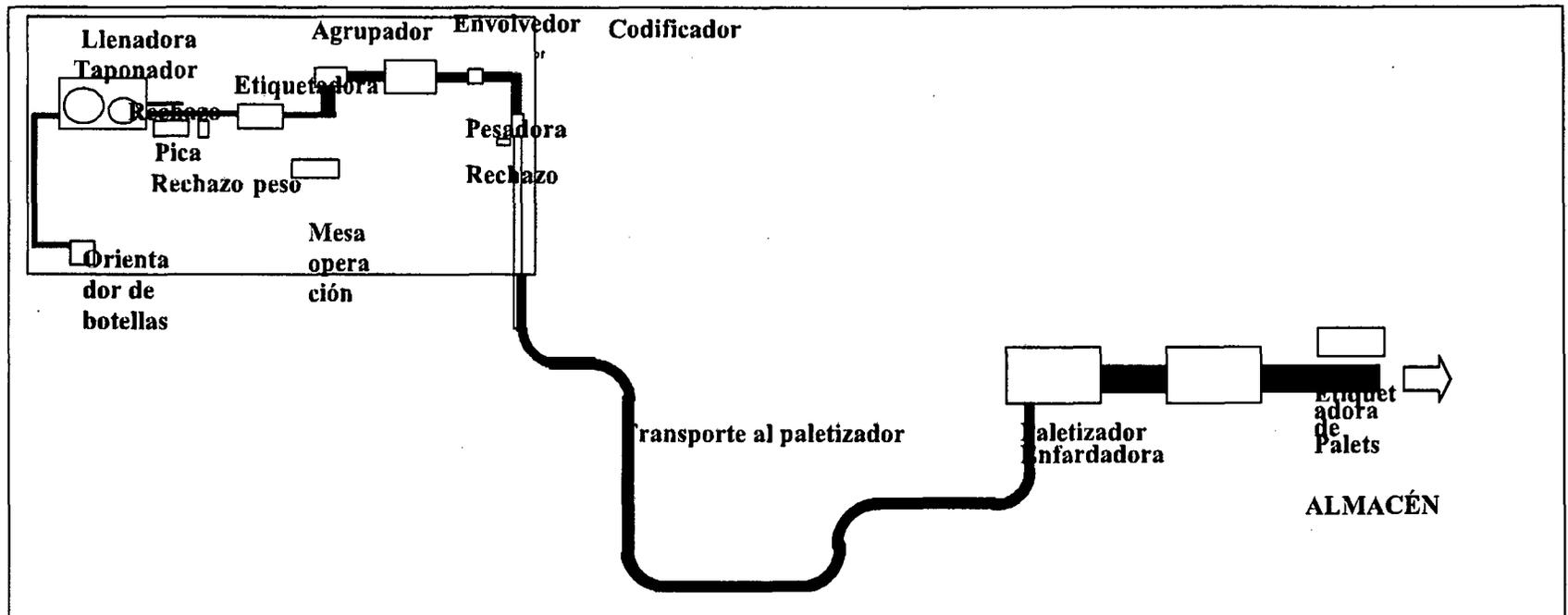
Tabla 19. Tiempo de trabajo por trabajador y mes por período y desagregación del tiempo de trabajo para el sector de la Industria

Unidades: Horas	Horas pactadas	Horas pagadas	Horas efectivas	Horas no trabajadas	Horas no trabajadas por vacaciones	Horas no trabajadas por fiestas	Horas no trabajadas por I.T.	Horas no trabajadas por maternidad
1°	166.7	167.7	150.7	17.3	2.17	7.33	6.01	0.38
2°	166.5	167.4	148.6	19.32	2.83	8.5	5.91	0.38
3°	166.6	167.9	130.2	38.05	28.7	2.37	5.25	0.45
4°	166.4	167.5	141.4	26.53	5.34	13.09	5.98	0.41

	Horas no trabajadas por permisos remunerados	Horas no trabajadas por razones técnicas o económicas	Horas no trabajadas por compensación horas extra	Otras horas no trabajadas y remuneradas	Horas perdidas en el lugar de trabajo	Horas no trabajadas por conflictividad laboral	Horas no trabajadas por otras causas	Horas extras por trabajador
1° trimestre	0.49	0.09	0.07	0.44	0.1	0.08	0.14	1.29
2° trimestre	0.58	0.08	0.09	0.45	0.15	0.21	0.14	1.31
3° trimestre	0.46	0.1	0.09	0.33	0.14	0.03	0.12	1.45
4° trimestre	0.57	0.13	0.09	0.42	0.2	0.04	0.27	1.39
<b>TOTAL 2004</b>	<b>2.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0.34</b>	<b>1.64</b>	<b>0.59</b>	<b>0.36</b>	<b>0.67</b>	<b>5.44</b>

## **ANEXO D**

## ANEXO D. ESQUEMA DEL LAYOUT DE LA LÍNEA



# **ANEXO E**

## ANEXO E1. HISTÓRICO DE FALLOS

Tabla 20. Histórico de paradas en la línea.

MODOS DE FALLO	Sem 1		Sem 2		Sem 3		Sem 4		Sem 5		Sem 6		Sem 7		Sem 8	
	1 nov		8 nov		15 nov		22 nov		29 nov		5 dic		12 dic		19 dic	
	Downti me	Nº														
Ajuste agrupador			12.91	14												
Atranque bajo prensa			1.75	2												
Atranque bundle envolvedor	0.62	1	2.41	3	3.12	1	7.25	2			0.42	1				
Atranque bundle agrupador	0.72	1	0.53	1	35.19	13					8.67	6	2.90	2		
Atranque transfer			0.38	1												
Atranque film envolvedor															0.88	1
Atranque agrupador			2.82	1	1.30	2			0.35	1	2.28	1				
Atranque rechazo	0.87	1			7.25	4					2.93	1	2.07	2		
Atranque palet vacío	8.55	1			56.57	3					3.27	2	16.14	4		
Atranque rechazo llen.			0.83	2					0.33	1						
Atranque rechazo Rot.			1.00	1	2.33	1							5.82	4		
Atranque túnel											1.90	2				
Atranque entrada llen.											1.16	1	0.28	1		
Atranque Rotom. Llen													1.30	1		
Atranque transporte ULF					2.10	1					3.05	1				
Avería uñas ULF													17.77	1		
Etiquetadora de palets	7.82	1			7.91	2	14.55	2								

Botella caída en carriles	11.24	3	3.00	2	5.33	4			2.45	2	1.75	2	0.88	1		
Botella caída etiquetadora	3.89	2	1.57	1			4.35	1	1.57	1						
Botellas caídas Chw			2.57	1									0.93	1		
Botellas no cogidas	5.90	7	4.47	3	4.25	1	0.70	1	3.35	2	1.52	1	4.02	1	2.29	2
Bundle girada en diverter													1.40	1		
Cambio bobina enfard.			3.40	1							2.07	1			2.10	1
Cambio código/marca	270	27	270	27	318	32	90	9	270	27	255	26	259	26	94	9
Cambio filtro agrupador					1.67	1										
Cambio rollo tinta Etiq.			12.75	1							6.22	1				
Envolvedor lleno	10.71	10	8.95	10	41.57	36										
Etiqueta suelta envolvedor			1.25	2					4.33	3						
Fallo checkweigher											0.62	1	1.53	1		
Fallo formación bundle	1.18	1	4.42	2	5.90	5										
Fallo Llenado boquilla #	29.87	4			0.22	1	0.52	1	0.55	1	1.03	1			2.58	1
Fallo mecánico envolvedor			2.45	1							54.68	2				
Fallo Presión	1.75	1	11.12	2			1.65	1	2.55	1	0.47	1	6.30	2		
Fallo túnel	0.30	1											0.28	1		
Fallos elect. envolvedor					5.35	2					6.72	2				
Fallos electricos ULF	16.82	4	3.58	1												
Falta de plástico envolvedor			0.45	1												
Falta líquido / fallo presión											7.40	1	8.15	2		
Falta palets					2.72	1										
Falta tapones tolva													4.65	2		
Ajustes orientador			0.98	1												
Limpieza /ajuste boquilla	7.46	2					5.08	2	1.72	1	0.40	1			6.88	1
Ajustes filtros					9.50	2										
Ajustes codificador					32.08	8										
Ajustes etiquetadora	24.49	10	2.21	2	21.73	9	8.33	3	12.48	6	10.04	5			73.00	16

Ajustes taponador										1.18	1				
Paro Manual envolvedor	1.23	1	2.78	1			1.42	2							
ULF parado	27.99	11	12.93	9	36.47	16	4.35	2		56.78	12	16.42	4		
Pruebas /mantenimiento			0.77	2						8.72	2				
Puertas orient. taponos abi			2.53	2	1.75	1	2.65	1		2.30	1				
Racor roto agrupador					1.72	1									
Rampa taponos vacía	2.23	2	9.61	12						6.00	2			8.59	5
Rechazo lleno llenadora			7.33	5				0.33	1						
Rotura bobina enfardadora	6.42	1													
Rotura cadena túnel	7.78	1													
Rotura comp. Envolvedor			119.1	12						54.68	1				
Rotura film etiquetadora	6.58	1													
Rotura metacrilato llen.					48.23	1									
Rotura racor taponador										4.33	1				
Salta térmico guardamotor												3.47	1		
Sobrecarga estrella entrada	0.62	1	0.28	1				0.58	2						
Sobrecarga estrella Llen.	12.58	5	10.40	7	24.95	5		23.87	5	25.55	4	25.48	11	22.50	6
Sobrecarga estrella Tap.								1.15	1						
Sobrecarga orientador														4.00	1
Tapón al revés	7.51	7	3.18	4			0.52	1	4.83	5	6.50	4	3.11	5	
Transportador entrada vacío					104.13	92			0.23	1					

**ANEXO E.2.**

**Tabla 21. Clasificación de los modos de fallo**

<b>MODOS DE FALLO</b>	<b>Pérdida</b>	<b>Manifestación</b>	<b>Downtime</b>	<b>Nº paros</b>
Rotura comp. Envolvedor	1. Averías	1. 1 Averías	173.78	13
Fallo mecánico envolvedor	1. Averías	1. 1 Averías	57.13	3
Rotura metacrilato Llen.	1. Averías	1. 1 Averías	48.23	1
Fallos eléctricos ULF	1. Averías	1. 1 Averías	20.40	5
Averías uñas ULF	1. Averías	1. 1 Averías	17.77	1
Fallos electricos	1. Averías	1. 1 Averías	12.07	4
Rotura cadena túnel	1. Averías	1. 1 Averías	7.78	1
Rotura racor taponador	1. Averías	1. 1 Averías	4.33	1
Salta térmico guardamotor	1. Averías	1. 1 Averías	3.47	1
Fallo checkweigher	1. Averías	1. 1 Averías	2.15	2
Racor roto agrupador	1. Averías	1. 1 Averías	1.72	1
Cambio filtro agrupador	1. Averías	1. 1 Averías	1.67	1
Fallo túnel	1. Averías	1. 1 Averías	0.58	2
Transp. entrada vacío	1. Averías	1.2 Fallo externo	104.36	93
Etiquetadora de palets	1. Averías	1.2 Fallo externo	30.28	5
Envolvedor lleno	1. Averías	1.2 Fallo externo	61.23	56
Acumulación en N-35	1. Averías	1.2 Fallo externo	36.77	41
Cambio código/marca	2.Preparaciones y ajustes	2.2 Cambio marca	1825.50	183
ULF parado	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	250	89
Sobrecarga estrella Llen.	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	263	149
Atranque palet vacío	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	54.53	10
Atranque bundle agrupador	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	48.01	23
Fallo Llenado boquilla #	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	34.77	9
Botellas no cogidas	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	26.50	18
Rampa tapones vacía	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	26.43	21
Tapón al revés	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	63	77
Botella caída en carriles	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	24.65	14
Fallo Presión	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	23.84	8
Atranque bundle	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	13.82	8
Atranque en rechazo	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	13.12	8

Fallo formación bundle	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	11.50	8
Botella caída etiquetadora	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	11.38	5
Puertas orient. Abiertas	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	9.23	5
Atranque	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	9.15	6
Rechazo lleno Llen.	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	7.66	6
Atranque agrupador	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	6.75	5
Rotura film etiquetadora	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	6.58	1
Rotura bobina enfardadora	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	6.42	1
Etiqueta suelta envolvedor	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	5.58	5
Paro Manual envolvedor	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	5.43	4
Atranque transporte ULF	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	5.15	2
Falta taponos tolva	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	4.65	2
Sobrecarga orientador	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	4.00	1
Botellas caídas Chw.	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	3.50	2
Atranque túnel	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	1.90	2
Atranque bajo prensa	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	1.75	2
Sobrecarga estrella ent.	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	1.48	4
Atranque transp entrada	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	1.44	2
Bundle girada en diverter	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	1.40	1
Atranque transp.	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	1.30	1
Atranque rechazo Llen.	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	1.16	3
Sobrecarga estrella tap.	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	1.15	1
Atranque envolvedor	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	0.88	1
Atranque transfer	3. Paradas cortas	3.1 Parada menor	0.38	1
Ajustes etiquetadora	3. Paradas cortas	3.2 Ajustes	132.06	51
Ajustes codificador	3. Paradas cortas	3.2 Ajustes	32.08	8
Limpieza/ ajuste boquilla	3. Paradas cortas	3.2 Ajustes	21.54	7
Ajustes agrupador	3. Paradas cortas	3.2 Ajustes	12.91	14
Ajustes filtros	3. Paradas cortas	3.2 Ajustes	9.50	2
Ajustes taponador	3. Paradas cortas	3.2 Ajustes	1.18	1
Limpieza / ajuste	3. Paradas cortas	3.2 Ajustes	0.98	1
Fallo Presión	3. Paradas cortas	3.3 Falta alimentación	15.55	3
Falta palets	3. Paradas cortas	3.3 Falta alimentación	2.72	1
Falta de plástico	3. Paradas cortas	3.3 Falta alimentación	0.45	1
Cambio tinta etiquetadora	3. Paradas cortas	3.4 Operacional	18.97	2
Cambio bobina	3. Paradas cortas	3.4 Operacional	7.57	3

# **ANEXO F**

## ANEXO F. PROYECTO 1: ATRANQUES EN LLENADORA

### ANEXO F.1. Diagrama de Gantt

PLAN DE ACCIÓN		Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	DURACIÓN (días)
Paso 0	Preparación	● 15-dic							1
Paso 1	Observación del fenómeno	▨							2
Paso 2	Se restablecen condiciones básicas	▨							2
Paso 3	Análisis de la causa básica	▨							1
Paso 4	Propuesta de soluciones		▨						9
	Selección del equipo y proveedor		▨						10
	Curso de formación con proveedor		▨						2
	Entrega del equipo de Visión				● 7-marzo				-
	Estudio del software del equipo			▨					14
	Diseño de la configuración			▨					30
Paso 5	Implementación de la configuración				▨				26
	Adquisición nueva iluminación						● 13-mayo		-
	Mejora de la implementación						▨		18
Paso 6	Chequeo de los resultados					▨		▨	14
Paso 7	Creación de las OPL						▨		20
	Entrenamientos					▨	▨		49
	Validación del equipo							▨	15

## **ANEXO G**

## ANEXO G. PROYECTO 2: PARO DEL PALETIZADOR

### ANEXO G.1. Histórico de fallos en la secuencia del paletizador

**Tabla 22. Período considerado: Semana del 3 de enero al 5 de enero.**

Día	Instante	Elemento
03-01-05	6:20	DT 415
03-01-05	6:21	DT 416
03-01-05	6:35	DT 415
03-01-05	6:35	DT 415
03-01-05	6:36	DT 416
03-01-05	9:35	DT 615
03-01-05	9:35	DT 614
03-01-05	9:35	DT 615
03-01-05	13:52	MT 1003
04-01-05	11:21	DT 500
04-01-05	12:15	DT 500
04-01-05	15:32	DT 513
04-01-05	15:33	DT 513
04-01-05	18:26	DT 415
04-01-05	18:26	DT 416
05-01-05	3:00	FT 404
05-01-05	3:13	FT 404
05-01-05	8:02	DT 615
05-01-05	8:21	DT 614
05-01-05	9:05	DT 614
05-01-05	10:31	DT 513

## Anexo G.2 Hoja de identificación de anomalías

**Tabla 23. EQUIPO: PALETIZADOR**

#	Ubicación	Descripción de la anomalía	Fecha identificación	Tipo							CONTRAMEDIDA	Fecha ejecución
				1	2	3	4	5	6	7		
1	Transportadores	Fotocélula FT2 CURVA en mal estado	3 enero	X							Se reemplaza fotocélula	7- enero
2	Entrada paletizador	Banda Indexadora 1 rasgada	4 enero	X								
3	Enfardadora	Fotocélulas entrada FT 11S1 y FT 11S2 desencaradas	11 enero	X								14 enero
4	Paletizador	Fuga aceite Motor 1104	12 enero						X			14 enero
5	Paletizador											
6	Paletizador											

### Tipos de anomalías

- 1 Pequeños defectos (desgaste, corrosión, ruido, olores, etc.)
- 2 Condiciones básicas (suciedad, mal apriete, falta lubricación, etc.)
- 3 Anomalías de calidad
- 4 Anomalías de seguridad
- 5 Partes innecesarias
- 6 Fuentes de contaminación
- 7 Áreas de difícil acceso (cualquier elemento que dificulte la limpieza, inspección, operación, etc.)

**ANEXO G.3. CIL's de la zona de paletizado****ANEXO G.3.1. CIL de los Transportadores de bundles.*****MANTENIMIENTO AUTÓNOMO***

<b>COMPONENTE</b>	<b>Acción a realizar</b>
BANDA SUBIDA DESPUES RECHAZO	Estado banda / Centrado / Suciedad rodillos centradores
FOTO 1 CURVA	Limpieza foto + espejo / Verificar funcionamiento y orientación
MT 1107	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite
ZONA TRANSPORTADORES	ASPIRAR ZONA + LIMPIAR ESTRUCTURA
FT 10	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación
FT 11	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación
MOTOR DIVERTER MT 1110	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite
MOTOR CADENAS SUBE / BAJA	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite
E7 /10	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación
MT 517	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite
BANDA SUBIDA	Estado banda / Centrado
MOTOR BANDA SALIDA TRANSFER MT	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite
FT P2	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación
RODILLOS + RULINAS GRAVEDAD 1	Limpiar bandejas
PH I:02/14	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación
RODILLOS + RULINAS GRAVEDAD 2	Limpiar bandeja inferior
RODILLOS + RULINAS GRAVEDAD 2	Estado Cepillo

**ANEXO G.3.2. CIL del Paletizador (1)**

<b>Punto</b>	<b>Componente</b>	<b>Tareas a realizar</b>	<b>OPL</b>
<b>BANDAS INDEXADAS</b>	Banda 1	Estado/ Centrado bandas	OPL-1
	Banda 2	Estado/ Centrado bandas	
	MT 1000	Caja de conexiones / Fugas de aceite	
	FT 400 R	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	FT 400 E	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	FT 401 R	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	FT 401 E	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	EV1200	No fugas de aire	
	MT 1001	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
<b>GIRO 90°</b>	MT 1002	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
	EV1201	No fugas de aire	
	FC 402	Verificar estado / Poner antimida	
<b>U1: SALIDA GIRO 90°</b>	MT 1003	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
	Banda giro 90°	Estado/ Centrado bandas	
	FT 303E	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	FT 303R	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	FT 403R	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	FT 403E	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	EV1202 -	No fugas de aire	
<b>U2: PARRILLA</b>	FT 404R	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	FT 404E	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	FT 407R	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	FT 407 E	Limpieza foto / Verificar orientación y	
	MT 1600	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
<b>U3: UÑAS FILA</b>	DT 405	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 406	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	MT 1601	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
<b>U4: UÑAS CAPA</b>	DT 410	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 411	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	MT 1104	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	

**ANEXO G.3.2. CIL del Paletizador (2)**

<b>Punto</b>	<b>Componente</b>	<b>Tareas a realizar</b>	<b>OPL</b>
<b>U5/U6: PLATAFORMA/ BARRA DE RETENCIÓN</b>	DT 413	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	OPL -2
	DT 414	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 415	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 416	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 417	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 500	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 513	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	MT 1011	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
	MT 1006	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
<b>U7: COMPACTADO RES</b>	DT 501	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	OPL- 3
	DT 502	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 503	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	MT 1114	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
	MT 1112	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
	MT 1110	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
<b>U8: ASCENSOR</b>	FT 504 R	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y	OPL- 3
	FT 505 E	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y	
	FT 505 R	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y	
	FT 504 E	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y	
	FT 616	Limpieza foto+espejo / Verificar funcionamiento y	
	DT 510	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 513	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 506	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 507	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 511	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 512	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	DT 1500	Limpieza detector / Verificar funcionamiento y	
	MT 1014	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	

**ANEXO G.3.3. CIL del Dispensador**

**MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

Punto	COMPONENT	Tareas a realizar	OPL
<b>ASCENSOR DISPENSADOR</b>	FT 600	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y	<b>OPL-4</b>
	FC 601	Verificar estado	
	FC 602	Verificar estado	
	FC 603	Verificar estado	
	FC 604	Verificar estado	
	Elementos	Sin fugas de aire	
	MT 1100	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de	
<b>TRAMO 1 TRANSP.</b>	FT 605	Limpiar foto + espejo / Verificar	
	MT 1102	No fugas de aceite	
	PLANCHAS /	Limpiar / Barrer	

**ANEXO G.3.4. CIL de la Enfardadora**

Tramo	Componente	Tareas a realizar	OPL
<b>GRUPO PINZA-SOLDADURA</b>	PH 25S5	Limpieza foto + espejo / Verificar fun. y	<b>OPL-6</b>
<b>ROTACIÓN ANILLO</b>	PH 25S3	Limpieza foto + espejo / Verificar fun. y	
	PH 25S6	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y	
	MOTOR 32 M1 Y1	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
<b>ELEVACION ANILLO</b>	MOTOR 32Y2	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
<b>PRESOR</b>		Limpieza espejo presor	
<b>ELEVACIÓN LAMINA TECHO</b>	PH 22S3	Limpieza foto + espejo / Verificar fun. y orientación	

**ANEXO G.3.5. CIL de los Transportadores de palets (1)**

**MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

TRAMO		Componente	Tareas a realizar	OPL
TRAMO 2	RESERVA 1	FT 606	Limpiar/ Verificar funcionamiento y orientación	OPL-5
		MT 1103	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
TRAMO 3	BASE ASCENSOR	FT 1317	Limpiar/ Verificar funcionamiento y orientación	
		FT 611	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación	
		FT 215	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación	
		MT 1105	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
TRAMO 4	SALIDA 1	FT 607 -	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación	
		FT 610E	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación	
		FT 610R	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación	
		FT 612	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación	
		MT 1106	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
TRAMO 5	ENTRADA ENFARD.	FT 1613	Limpieza foto + espejo/ Verificar funcionamiento y	
		PH 11S1	Limpieza foto + espejo/ Verificar funcionamiento y	
		PH 11S2	Limpieza foto + espejo/ Verificar funcionamiento y	
		MT 1107	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
TRAMO 6	ENFARDADORA	PH 26S1	Limpieza foto + espejo/ Verificar funcionamiento y	
		PH 26S2	Limpieza foto + espejo/ Verificar funcionamiento y	
		PH 26S14	Limpieza foto + espejo/ Verificar funcionamiento y	
		PH 26S4	Limpieza foto + espejo/ Verificar funcionamiento y	
		PH 26S3-	Limpieza foto + espejo/ Verificar funcionamiento y	
		MOTOR	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	

**ANEXO G.3.5. CIL de los Transportadores de palets (2)**

TRAMO		Componente	Tareas a realizar	OPL
TRAMO 7	SALIDA ENFARD.	PH 12S1	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación	OPL-5
		PH 12S2	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación	
		PH 1310	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación	
		PH 304	Limpieza foto + espejo/ Verificar funcionamiento y	
		MOTOR 1404	No fugas aceite	
		MOTOR 603	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
TRAMO 8	ETIQ. DE PALETS	PH 1311	Limpieza foto / Verificar funcionamiento y orientación	
		PH 305	Limpieza foto + espejo/ Verificar funcionamiento y	
		MT 501	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
TRAMO 9	ENTREGA ALMACÉN	PH 216	Limpieza foto + espejo/ Verificar funcionamiento y	
		MOTOR 612	Caja de conexiones en buen estado / Fugas de aceite	
TODOS		SUELO	Barrer	
		PLANCHAS	Limpiar planchas	

## **ANEXO H**

## ANEXO H. PROYECTO 3. TAPONES AL REVÉS

### ANEXO H.1. Diagrama de Gantt

PLAN DE ACCIÓN		Mayo	Junio	Julio	Agosto	DURACIÓN (días)
Paso 0	Preparación del proyecto	○ 3 Mayo				1
Paso 1	Instalación de la cámara y observación del fenómeno	■				14
	Consulta a proveedor / manuales		■			4
Paso 2	Se restablecen condiciones básicas		■			7
Paso 3	Análisis de la causa básica (Porqué- porqué)		■			13
Paso 4	Propuesta de soluciones		■			10
	Diseño de la nueva pieza			■		2
	Estudio de variabilidad entre alvéolos			■		3
Paso 5	Fabricación y montaje de la nueva pieza			■		7
	Cambio de ubicación del soplo 3B				■	1
	Eliminación del alveolo 1 del 4º cuadrante				■	1
	Disminución de la variabilidad entre alveolos					■ Pendiente
Paso 6	Chequeo de los resultados				■	15
Paso 7	Creación de un Troubleshooting				■	1

## ANEXO H.2. Guía de resolución de problemas

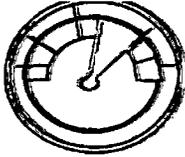
<b>TROUBLESHOOTING</b>	Equipo: Orientador de tapones
------------------------	-------------------------------

Problema: Llegan tapones al revés al Taponador

POSIBLES CAUSAS	SOLUCIONES
Algún tubo neumático roto	Cambiar tubo neumático
Regulador en mal estado	Cambiar regulador
Presión inadecuada	Verificar con centerlining presión 1, 2 y 3

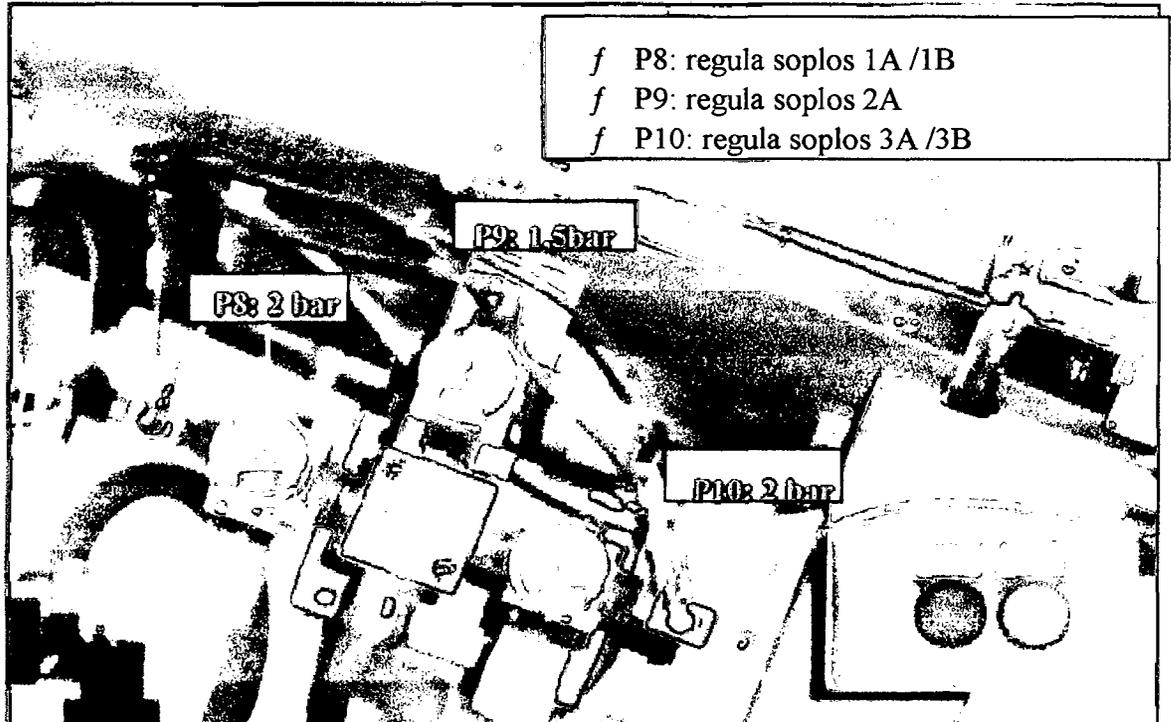
## ANEXO H.3. Hoja de centerlining del orientador

<b>CENTERLINING</b>	Equipo: Orientador de tapones
---------------------	-------------------------------




Rango normal de operación

Rango anormal de operación  
(Buscar causa y solucionar)



# **ANEXO I**

## ANEXO I. PROYECTO 4: AJUSTES EN LA ETIQUETADORA

### ANEXO I.1. Hoja de identificación de anomalías

**EQUIPO:** ETIQUETADORA / EQUIPO DE COLA

#	Ubicación	Descripción de la anomalía	Fecha identificación	Tipo de anomalía							CONTRAMEDIDA	Fecha planif	Fecha ejecución
				1	2	3	4	5	6	7			
1	Pistola espirolado	Exceso de adhesivo en espirolado	3/6/2005							X	Estudio centerlining presión	8/6/2005	En paso 2
2	Uñas laterales	Falta 1 uña lateral etiquetadora	6/6/2005			X					Recambio uña	Agosto-	
3	Labio laminación	Fuga en labio laminado etiquetadora	6/6/2005							X	Cambio inyectores	10/6/2005	10/6/2005
4	Pistola espirolado	Fuga en pistola espirolado	14/6/2005							X	Cambio inyectores superior e	17/6/2005	17/6/2005
5	Cepillo	Cepillo mal posicionado caído y	15/6/2005		X						Posicionar y fijar cepillo	17/6/2005	17/6/2005
6	Pistola espirolado	Patrón espirolado incorrecto debido a una presión de aire	4/7/2005			X					Ajuste de presión aire	5/7/2005	17/6/2005

#### Tipos de anomalías

- 1 Pequeños defectos (desgaste, corrosión, ruido, olores, etc.)
- 2 Condiciones básicas (suciedad, mal apriete, falta lubricación, etc.)
- 3 Anomalías de calidad
- 4 Anomalías de seguridad
- 5 Partes innecesarias
- 6 Fuentes de contaminación
- 7 Áreas de difícil acceso (cualquier elemento que dificulte la limpieza, inspección, operación, etc.)

## Anexo I2. Estándar tentativo de limpieza, inspección y lubricación (CIL)

Equipo: Etiquetadora

Componente	Tiempo estimado (min.)	Frecuencia	Marcha / Paro
Soplar etiquetadora y limpiar bandejas	15	Semanal	Paro
Limpiar chapa espirolado	5	Semanal	Paro
Limpiar bandeja del labio laminación	5	Semanal	Paro
Limpiar chapa lateral salida	5	Semanal	Paro
Limpiar guías de entrada y salida	10	Semanal	Paro
Limpiar carro y uñas	10	Semanal	Paro
Limpiar rulinas e inspección muelles	10	Semanal	Paro
Inspección correas	5	Semanal	Paro
Limpieza e inspección cabezales de espirolado y laminado	10	Semanal	Paro
Limpieza cristales	5	Semanal	Paro
Limpieza e inspección de la chapa base	10	Semanal	Paro
Limpieza grupo cepillos	10	Semanal	Paro
Limpieza fotocélula espirolado y laminado	2	Semanal	Paro
Lubricar muelles	5	Anual	Paro
Engrasar cojinete transportador de entrada	3	Mensual	Paro
Engrasar rodamientos inferiores transmisión (x5)	5	Mensual	Paro
Lubricar cadenas transmisión (x2)	5	Mensual	Paro
Engrasar carro etiquetas (x2)	5	Mensual	Paro
Lubricar transmisión correa lateral (x6)	10	Mensual	Paro
Barrer área etiquetadora	5	Diario	Marcha

**ANEXO H.I.3 Proceso de centerlining.**

**I.3.1. ETIQUETADORA (1)**

<b>Etapa 1</b>	<b>Etapa 2</b>		<b>Etapa 3</b>	<b>Etapa</b>
<b>Componentes</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Variable / Fijo</b>	<b>Fijación</b>	<b>Método control centerlining</b>
	Número de etiquetas	V		Ya existe Control Visual
Guía trans. entrada izq	Anchura	V		Control Visual
Guía trans. entrada der	Anchura	V		Control Visual
2 Guías ent (arriba/abajo)	Profundidad	F	Fijar con dolla	
	Altura inicio	F	Fijar con dolla	
	Altura fin	F	Fijar con dolla	
Guía metálica solidaria carro	Altura	F	Fijar con pasador	
Guía inferior (suelo)	Altura derecha	F	Fijar con pasador	
	Altura izquierda	F	Fijar con pasador	
	Desp. Lateral izq	F	Fijar con pasador	
	Desp. Lateral der	F	Fijar con pasador	
	Profundidad izq	F	Fijar con pasador	
	Profundidad der	F	Fijar con pasador	
Plancha salida	Profundidad	F	Fijar con pasador	
Correas	Anchura	V		Control Visual
	Velocidad	F	Fijar	
	Altura	F	Fijar	Eliminación manivela
	Dist. entre correas	F	Fijar	Eliminación manivela
17 Rulinas	Desp. Lateral	F	Fijar con pasador	
	Desp. Acercamiento	V		Control Visual
2 Tensores correas sup	Posición lateral	F	Fijar con pasador	
	Tensión correa	V		Control Visual

### I.3.1. ETIQUETADORA (2)

Etapa 1	Etapa 2		Etapa 3	Etapa 4
Componente	Parámetro	Variable / Fijo	Contra medida	Método control centerlining
Carro	Altura delantera	V	Crear Centerlining	Control Visual
	Altura trasera	F	Fijar con pasador	
	Rotación	F	Fijar con pasador	
Guía izquierda etiquetas	Anchura delantera	F	Fijar con pasador	
	Anchura trasera	F	Fijar con pasador	
Guía derecha etiquetas	Anchura delantera	F	Fijar con pasador	
	Anchura trasera	F	Fijar con pasador	
2 Guía inferior (izq/der)	Profundidad	F	Fijar con pasador	
	Anchura	F	Fijar con pasador	
2 Guía inferior (del/atrás)	Profundidad	F	Fijar con pasador	
	Anchura	F	Fijar con pasador	
6 Uñas superiores	Altura individual	V		Control Visual
	Profundidad individual	F	Fijar con pasador	
	Altura conjunto izq	V		Control Visual
	Altura conjunto der	V		Control Visual
Uñas inferiores	Profundidad conjunto	V		Control Visual
3 Uñas laterales	Profundidad individual	V		Control Visual
Pesas carro derecha	Peso	V		Control Visual
Pesas carro izquierda	Peso	V		Control Visual
Cepillo	Profundidad	F	Fijar con dolla	
	Altura	F	Fijar con pasador	
	Rotación	F	Fijar con pasador	
Vibrador carro	Presión	V		Regulador

### I.3.2. EQUIPO DE COLA

Etapa 1	Etapa 2		Etapa 3	Etapa 4
Componente	Parámetro	Variable/ Fijo	Fijación	Método control centerlining
Detector espiralado	Posición	F	Fijar con pasador	
	Acercamiento	V		Control Visual
	Tiempo disparo	V		Controlador
Conjunto estruct espiralado	Posición lateral	F	Fijar con pasador	
Conjunto espiralado	Posición lateral	F	Fijar con pasador	
	Altura	F	Fijar con pasador	
	Profundidad	F	Fijar con pasador	
Inyectores adhesivo espiralado	Presión iny superior	V		Manómetro
	Presión iny inferior	V		Manómetro
	Tiempo inyección	F		Controlador
	Temperatura	V		Termómetro infrarrojo
	Profundidad	F	Fijar con pasador	
Manguera adhesivo laminado	Temperatura	V		Termómetro infrarrojo
Aire espiralado	Presión	V		Manómetro
	Tiempo de disparo	V		Controlador
Detector laminado	Posición lateral	F	Fijar con pasador	
	Acercamiento	V		Control Visual
Conjunto estruct laminado	Acercamiento carro	F	Fijar con pasador	
	Altura	F	Fijar con pasador	
	Profundidad	F	Fijar con pasador	
	Presión sobre etiquetas	V		Manómetro
Inyectores adhesivo laminado	Presión	V		Manómetro
	Tiempo inyección	V		Controlador
	Temperatura	V		Termómetro infrarrojo
Manguera adhesivo laminado	Temperatura	V		Sensor temperatura
Tanque cola	Temperatura	V		Sensor temperatura
	Presión	V		Manómetro