Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEAS RÁPIDAS DE ALIMENTOS KERN'S, S.A.

Walmer Juventino Rodas Castellanos
Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, septiembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEAS RÁPIDAS DE ALIMENTOS KERN'S, S.A.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WALMER JUVENTINO RODAS CASTELLANOS
ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEAS RÁPIDAS DE ALIMENTOS KERN'S, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 31 de mayo de 2016.

Walmer Juventino Rodas Castellanos

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 21 de febrero de 2018.
REF.EPS.DOC.198.02.18.

Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Walmer Juventino Rodas Castellanos, Registro Académico No. 201114561** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEAS RÁPIDAS DE ALIMENTOS KERN´S, S.A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

Universidad de San Carlos de Guatemala
Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

SACdL/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 21 de febrero de 2018.
REF.EPS.D.66.02.18

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEAS RÁPIDAS DE ALIMENTOS KERN´S, S.A.,** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Walmer Juventino Rodas Castellanos** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

CCdP/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.023.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEAS RÁPIDAS DE ALIMENTOS KERN'S, S. A.,** presentado por el estudiante universitario **Walmer Juventino Rodas Castellanos,** apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2018.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.129.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEAS RÁPIDAS DE ALIMENTOS KERN'S, S.A.,** presentado por el estudiante universitario **Walmer Juventino Rodas Castellanos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DIRECCION
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, septiembre de 2018.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 353.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEAS RÁPIDAS DE ALIMENTOS KERN´S, S. A.,** presentado por el estudiante universitario: **Walmer Juventino Rodas Castellanos,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, septiembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la fuerza divina que guía mis pasos.
Mi padre	Arnoldo Rodas, su ejemplo, dedicación y amor son los principales autores de este logro.
Mi madre	Margarita Castellanos, el ángel que ha guiado mis pasos, su amor es la razón de este momento.
Mis hermanos	Su ejemplo de disciplina y constancia son motivación para llegar hasta este momento.
Mi hermana	La roca inamovible que tantas veces impidió que me derrumbara.
Carmen Pretzanzin	Porque tengo más de mil razones para agradecerte.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme ser parte de este histórico establecimiento y cumplir mis metas.
Facultad de Ingeniería	Por la bastedad de conocimiento que se imparte en esta Facultad.
Mis amigos	Por brindarme el enorme regalo de su amistad y saber que puedo contar con ellos en todo momento.
Mi asesora	Inga. Sigrid Calderón de León, por siempre ser una guía irrefutable del camino a seguir.
Mi asesor	Ing. Alberto Villatoro, por ser ejemplo de dedicación y esmero desinteresado.
Alimentos Kern's de Guatemala, S.A.	Por permitirme ser parte de una empresa con una trayectoria excepcional y abrirme las puertas en el mundo profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES VII
LISTA DE SÍMBOLOS XIII
GLOSARIO XV
RESUMEN XVII
OBJETIVOS XIX
INTRODUCCIÓN XXI

1. GENERALIDADES DE ALIMENTOS KERN'S S.A. 1
1.1. Descripción 1
1.2. Historia 1
1.3. Visión 2
1.4. Misión 3
1.5. Valores 3
1.6. Ubicación 3
1.7. Estructura organizacional 4
1.7.1. Organigrama 5

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEAS RÁPIDAS DE ALIMENTOS KERN'S S.A. 9
2.1. Diagnóstico de la situación actual 9
2.1.1. Proceso de producción 9
2.1.2. Maquinara y equipo utilizado 10
2.1.2.1. Despaletizadora de envase 10

2.1.2.2. Cable aéreo de transporte de envase vacío 13
2.1.2.3. Llenadora Solbern 16
2.1.2.4. Selladora Angelus 20
2.1.2.5. Transportadores de envases llenos 23
2.1.2.6. Pasteurizador Exhauster 23
2.1.2.7. Empacadora Standar Knapp 25
2.1.2.8. Emplasticadora Tecmi 28
2.1.2.9. Horno Tecmi 29
2.1.2.10. Transportadores de salida de cajas 30
2.1.3. Indicador de eficiencia del proceso 31
2.2. Análisis de pérdidas en la operación 37
2.2.1. Análisis de tiempos perdidos 37
2.2.2. Eficiencia actual de la línea 42
2.3. Situación actual 46
2.3.1. Análisis Pareto 46
2.3.2. Árbol de problemas 51
2.3.3. Árbol de objetivos 52
2.3.4. Procedimiento y protocolo en caso de avería 52
2.3.5. Método actual en planificación de mantenimiento ... 53
2.3.5.1. Tipo de mantenimiento aplicado 53
2.4. Proceso de fabricación 57
2.5. Análisis de los factores que afectan la línea de producción 61
2.5.1. Pérdidas en puntos críticos del proceso 62
2.5.2. Pérdidas esporádicas en puntos críticos 65
2.5.3. Perdidas por tiempos de preparación 66
2.5.4. Pérdidas por tiempos de cambios de formato 68
2.5.5. Pérdidas por producto no conforme 70
2.6. Maquinaria y equipo donde se implementará el programa 70

2.6.1. Condiciones del área de trabajo 70
2.6.2. Condiciones del equipo y maquinaria 71
2.6.3. Siete pasos necesarios para el nivel cero averías .. 72
2.6.4. Uso de la herramienta *hinshitsu hozen* para lograr cero defectos 74
2.6.5. Mantenimiento planificado 75
2.6.6. Mantenimiento progresivo 76
2.6.7. Estrategias para transformar el mantenimiento industrial 79
2.6.8. Fases para el éxito del mantenimiento productivo total 79
2.7. Preparación y capacitación al personal para implementación del sistema TPM 80
2.7.1. Formación y entrenamiento 82
2.7.2. Empoderamiento de los operadores con sus equipos de trabajo 85
2.7.3. Hojas de control para reuniones, capacitaciones y cursos 86
2.8. Sistema TPM para línea de producción 87
2.8.1. Rutinas de mantenimiento 87
2.8.1.1. Rutina de mantenimiento diario 87
2.8.1.2. Rutina de mantenimiento semanal 88
2.8.1.3. Rutina de mantenimiento mensual 91
2.8.1.4. Rutina de mantenimiento bimestral 93
2.8.1.5. Rutina de mantenimiento trimestral 95
2.8.1.6. Rutina de mantenimiento semestral 96
2.8.1.7. Rutina de mantenimiento anual 98
2.8.2. Cronograma de mantenimiento preventivo 98

2.9. Plan de implementación del mantenimiento productivo total (TPM) 99
2.10. Beneficios de la implementación del TPM en línea de producción 101
2.10.1. Mejora en el indicador OPI 101
2.10.2. Seguridad e higiene en línea de producción 105
2.10.3. Compromiso y responsabilidad de los operarios ... 106
2.10.4. Mejora de la calidad del producto 106
2.11. Costos de la propuesta e implementación 107

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO 109
3.1. Situación actual de la empresa 109
3.1.1. Consumo anual de la empresa en los últimos 5 años 110
3.1.2. Variación del precio de la energía en los últimos 5 años 111
3.1.3. Diagnóstico 112
3.2. Plan de ahorro energético propuesto 115
3.2.1. Alcance del Plan de ahorro energético 116
3.2.2. Desarrollo del plan de ahorro energético 117
3.2.2.1. Ahorro total estimado 118
3.2.3. Análisis de beneficio-costo de las luminarias que pueden cambiarse 119
3.2.4. Tabla de comparación de consumo eléctrico con luminarias actuales versus propuestas 119
3.2.4.1. Gráfica de comparación de consumo eléctrico con luminarias actuales versus propuestas 120
3.3. Costos de la propuesta 121

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN 123
4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación 123
4.1.1. Diagnóstico 129
4.2. Plan de capacitación 132
4.2.1. Programa de capacitación 133
4.2.1.1. Primera capacitación 134
4.2.1.2. Segunda capacitación 134
4.2.1.3. Tercera capacitación 135
4.2.1.4. Cuarta capacitación 135
4.2.1.5. Quinta capacitación 136
4.2.1.6. Sexta capacitación..... 137
4.3. Resultados de la capacitación 137
4.4. Costos de la propuesta..... 138

CONCLUSIONES 139
RECOMENDACIONES..... 141
BIBLIOGRAFÍA 143
APÉNDICE..... 146
ANEXOS 148

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Ubicación geográfica de la planta 4
2. Organigrama de la planta 6
3. Despaletizadora de envase 10
4. Envase caído en faja transportadora 11
5. Operador alineando pallet en carrilera 11
6. Operador trasladando manualmente el pallet de envase vacío 12
7. Envases golpeados 12
8. Envase caído en cable aéreo 13
9. Cable fuera de poleas 14
10. Cable sin revestimiento de caucho 14
11. Rotura y soldadura de cable 15
12. Polea con desgaste en rodamiento 15
13. Envase con peso bajo 16
14. Faja de tracción central 17
15. Cadena de embudos 17
16. Envase caído en entrada a llenadora 18
17. Envase no presurizado 18
18. Cadena de embudos 19
19. Variación de flujo y temperatura en pasteurizador 19
20. Rotura por atasco de faja de polea central 20
21. Arruga de primera operación 21
22. Arruga de segunda operación 21
23. Sello falso 22

24. Envases en salida de selladora 22
25. Bomba de recirculación de Exhauster 24
26. Faja acumuladora saturada de envases 25
27. Atasco de corrugado en cadena de estaciones ocasionado por pérdida de tiempo 26
28. Sistema de ventosas succionadoras 27
29. Envase caído en separador de envases 27
30. Cuchilla de corte 28
31. Bandeja sin tensión por termoencogible de menor calibre 29
32. Termoencogible con agujeros 30
33. Hoja de registros de paros no programados 36
34. Hoja de paro 39
35. Análisis de Pareto de línea 21 48
36. Análisis de Pareto de línea 21, paros mayores 49
37. Árbol de problemas de línea 21 51
38. Árbol de objetivos de línea 21 52
39. Diagrama de flujo del proceso de envasado de la línea 21 58
40. Lista de verificación de arranque para líneas rápidas 67
41. Consumo de energía eléctrica de línea 21 en los últimos 5 años 111
42. Diagrama causa-efecto 114
43. Plan de ahorro energético 116
44. Diagrama de líneas rápidas 117
45. Análisis costo-beneficio de cambio a led 121
46. ¿Cuál considera que es la causa principal de paros en la línea? 125
47. ¿Hace cuánto tiempo recibió la última capacitación en la empresa? .. 126
48. Respuestas a las preguntas cerradas de la entrevista 127
49. Diagrama causa-efecto 131

TABLAS

I. Resumen de tiempos perdidos, día 1 39
II. Resumen de tiempos perdidos, día 2 40
III. Resumen de tiempos perdidos, día 3 40
IV. Resumen de tiempos perdidos, día 4 40
V. Resumen de tiempos perdidos, día 5 40
VI. Resumen de tiempos perdidos, día 6 41
VII. Resumen de tiempos perdidos, día 7 41
VIII. Resumen de tiempos perdidos, día 8 41
IX. Resumen de tiempos perdidos, día 9 41
X. Resumen de tiempos perdidos, día 10 42
XI. Resumen, indicador OPI, día 1 42
XII. Resumen, indicador OPI, día 2 43
XIII. Resumen, Indicador OPI, día 3 43
XIV. Resumen, Indicador OPI, día 4 43
XV. Resumen, Indicador OPI, día 5 44
XVI. Resumen, Indicador OPI, día 6 44
XVII. Resumen, Indicador OPI, día 7 44
XVIII. Resumen, Indicador OPI, día 8 45
XIX. Resumen, Indicador OPI, día 9 45
XX. Resumen, Indicador OPI, día 10 45
XXI. Actividades y deficiencias de despaletizadora 54
XXII. Actividades y deficiencias de cable aéreo 54
XXIII. Actividades y deficiencias de llenadora 54
XXIV. Actividades y deficiencias de selladora 55
XXV. Actividades y deficiencias de transportadores 55
XXVI. Actividades y deficiencias de exhauster 56
XXVII. Actividades y deficiencias de empacadora 56

XXVIII. Actividades y deficiencias de emplasticadora 57
XXIX. Actividades y deficiencias de horno 57
XXX. Condición-acción..... 72
XXXI. Pasos sugeridos para la implementación del mantenimiento autónomo 73
XXXII. Registro de asistencia..... 86
XXXIII. Rutina de mantenimiento diario de selladora 88
XXXIV. Rutina de mantenimiento semanal de selladora 89
XXXV. Rutina de mantenimiento mensual de selladora 92
XXXVI. Rutina de mantenimiento bimestral de selladora 93
XXXVII. Rutina de mantenimiento trimestral de selladora 95
XXXVIII. Rutina de mantenimiento semestral de selladora 96
XXXIX. Rutina de mantenimiento anual de selladora 98
XL. Plan maestro de mantenimiento preventivo de selladora..... 99
XLI. Resumen, indicador, OPI día 1 101
XLII. Resumen, indicador OPI, día 2 102
XLIII. Resumen, indicador OPI, día 3 102
XLIV. Resumen, indicador OPI, día 4 102
XLV. Resumen, indicador OPI, día 5 103
XLVI. Resumen, indicador OPI, día 6 103
XLVII. Resumen, indicador OPI, día 7 103
XLVIII. Resumen, indicador OPI, día 8 104
XLIX. Resumen, indicador OPI, día 9 104
L. Resumen, indicador OPI, día 10 104
LI. Recursos humanos 107
LII. Recursos tecnológicos 108
LIII. Materiales utilizados..... 108
LIV. Inversión total por rubro 108

LV. Consumo de energía eléctrica de línea 21 durante los últimos 12 meses 109
LVI. Consumo de energía eléctrica de línea 21 durante los últimos 60 meses 110
LVII. Precio del kilowatt hora en los últimos 60 meses 112
LVIII. Ahorro estimado de los primeros cinco años 118
LIX. Comparación consumo 120
LX. Comparación gasto estimado de los primeros cinco años 120
LXI. Costo aproximado de recursos utilizados para capacitación 122
LXII. Modelo de entrevista 123
LXIII. Habilidades TPM 129
LXIV. Plan de capacitación 133
LXV. Costo aproximado de recursos utilizados para capacitación 138

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
°C	Grados centígrados
°F	Grados Farenheit
hp	*Horse power* (caballos de fuerza)
Kg	Kilogramos
KW	Kilowatt
m	metro
min	minutos
%	Porcentaje
“	Pulgadas
Q.	Quetzales

GLOSARIO

Autonomía	Facultad de una persona o entidad para obrar según considere, dicho de alguien o algo que no depende de otro.
Avería	Incapacidad de un objeto para realizar la función que se requiere, a causa de un estado distinto al habitual.
Calidad	Grado de cumplimiento de los requerimientos establecidos.
Check list	Lista de verificación.
Disponibilidad	Proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo está en condiciones de ser utilizado.
Eficacia	Grado de cumplimento de los objetivos, los estándares, las metas, entre otros.
Eficiencia	Forma en que se utilizan los recursos de la unidad de producción.
Falla	Deterioro o desperfecto que impide el normal funcionamiento de un equipo o maquinaria.
Hinshitsu hozen	Mantenimiento de calidad.

Indicador	Herramienta utilizada para cuantificar el desempeño de algún proyecto, equipo, maquinaria, entre otros.
Inspección	Evaluación periódica de los equipos para detectar posibles causas que repercutan en su correcto funcionamiento.
Kaizen	Filosofía basada en la mejora continua.
Lubricación	Disminución de la fricción entre dos superficies móviles y sólidas a través de un fluido.
Mantenimiento	Conjunto de acciones que tienen como fin conservar o restablecer un sistema en un estado óptimo que permita garantizar su funcionamiento a un costo mínimo.
Proceso	Conjunto de actividades interrelacionadas a través de las cuales se transforma un elemento de entrada en un resultado entregable.
Productividad	Lograr un objetivo con la mínima cantidad posible de recursos y la mayor calidad posible.
Rendimiento	Relación de la producción real entre la producción esperada en el tiempo productivo.

RESUMEN

La empresa se posiciona como un líder regional en el mercado, con marcas establecidas por más de 50 años; la demanda de productos es amplia ya que se ha logrado posicionar en la mente del consumidor como sinónimo de calidad y buen precio.

Sin embargo, existen múltiples oportunidades de mejora, que dan como resultado metas de cumplimiento por debajo de la capacidad instalada, una de las más importantes es el mantenimiento.

Actualmente, se tiene un departamento de mantenimiento encargado de reparar las posibles averías de los equipos, totalmente independiente del departamento de producción; esto ocasiona que se pierda tiempo en múltiples ocasiones, pues al detenerse la producción en una línea, el operador debe llamar al técnico para que este realice un diagnóstico previo y basado en este, proceder con el mantenimiento correctivo. Este procedimiento ocasiona que se tengan cumplimientos por debajo de la meta; es decir, eficacias menores a las programadas y eficiencias muy bajas por la merma ocasionada al realizar diversas pruebas.

La actual administración pretende implementar un sistema de mantenimiento productivo total (TPM, por sus siglas en inglés) a través de empoderar al operador con su línea y con ello evitar que el tiempo muerto de los equipos sea el mínimo, con el fin de aumentar la eficiencia de la línea, entre otros factores; pues tiene claro que el recurso más importante para la organización es el humano, si se desarrolla y capacita adquirirá mayores competencias que beneficiarán a toda la organización.

OBJETIVOS

General

Implementar un sistema de mantenimiento productivo total en líneas rápidas de alimentos Kern's de Guatemala, S.A.

Específicos

1. Crear un registro de mantenimiento preventivo para los equipos de la línea de producción que se pretenden migrar a un mantenimiento productivo total.

2. Capacitar al personal operativo sobre el sistema de mantenimiento productivo total.

3. Aumentar la eficiencia de la línea en promedio un 3 % al final del ejercicio profesional supervisado.

4. Analizar luminarias en el mercado que sean más eficientes y con la misma capacidad lumínica.

5. Proponer un plan de ahorro en el consumo eléctrico.

INTRODUCCIÓN

A continuación, se realiza un resumen con la información básica del proyecto realizado a través del programa de ejercicio profesional supervisado (EPS); este trabajo de investigación se ejecutó en tres fases: servicio técnico-profesional, investigación y docencia.

La presente investigación fue realizada en Alimentos Kern's, S.A., una industria procesadora de alimentos con más de 50 años en el mercado; en el primer capítulo se detalla la historia de la empresa, desde sus orígenes en el extranjero hasta los días contemporáneos; de igual forma, se presentan los valores que guían a esta organización, su misión y su visión, así como un esquema organizacional de la forma como se divide dicha industria; es válido resaltar que la planta procesadora ha permanecido en el mismo lugar desde su fundación hasta estos días.

Posteriormente, en el segundo capítulo, fase de servicio técnico-profesional, se plantea la situación actual de la empresa y la línea donde se implementará la investigación; a través de la investigación de campo y apoyado por métodos estadísticos y teoría relacionada al tema, se realiza un diagnóstico sobre la situación previa de la línea y los aspectos relacionados a la implementación del proyecto; finalmente, se desglosan las rutinas de mantenimiento establecidas en determinadas frecuencias así como un detalle de los costos que implica un programa de esta naturaleza.

Una propuesta de ahorro energético comprende la fase de investigación, el tercer capítulo; en este se detalla el plan de ahorro energético propuesto para

la organización, con el costo de continuar con el sistema actual, el ahorro que implicaría seguir la ruta propuesta y el alcance que se obtendría para dicho plan.

Finalmente, en la fase de enseñanza-aprendizaje se esboza un programa de capacitación para suplir las carencias de capacitación previamente diagnosticadas a través de un diagrama causa-efecto; en dicho programa se detallan los objetivos; el plan de acciones; se recomienda reuniones periódicas y se indica quienes deben participar en dichas reuniones con el fin de obtener una mayor participación del personal en el proyecto para reducir la resistencia al cambio. Cada fase finaliza con su respectiva propuesta de costos para estimar de forma cuantitativa su precio de implementación.

1. GENERALIDADES DE ALIMENTOS KERN'S S.A.

1.1. Descripción

Alimentos Kern's, Sociedad Anónima, es una de las de las procesadoras de alimentos más grandes y reconocidos de Centroamérica. Los productos elaborados en esta industria se han destacado por su alta calidad y sabor natural se especializa en la fabricación de jugos y néctares, frijoles refritos, productos de tomate (kétchup, pasta y salsas) y refrescos; ha logrado consolidar las siguientes marcas: Kern's, Kern's Light, Ducal y Fun-C. La planta manufacturera y las oficinas administrativas se encuentra en la ciudad de Guatemala; realiza operaciones en toda Centroamérica, los principales mercados hispanos, Estados Unidos y del Caribe.

1.2. Historia

La marca Kern's surge en la década de 1920 en el Valle Central de California, Estados Unidos, una de las regiones más ricas y exuberantes del mundo en el aspecto agrícola. Inició la producción y el envasado de jugo Kern's con el propósito de producir bebidas con sabor fresco para los hogares de la región. En los años treinta, la compañía introdujo los Néctares Kern's. Las nuevas bebidas fueron un éxito instantáneo en California.

A medida que el estado de California crecía, también lo hacía la marca Kern's. De ser localmente producido y comercializado, la empresa se expandió a otros estados de Estados Unidos. Posteriormente, a finales de la década de los cincuenta, la empresa inició una subsidiaria en Guatemala, que años más tarde se convertiría en Alimentos Kern's, S.A., que continúa ofreciendo productos naturales de alta calidad, a base de frutas, sin preservantes ni colorantes artificiales y que contribuyen a una mejor calidad de vida para sus consumidores.

El 27 de junio de 1959, se fundó Alimentos Kern's en Guatemala, como una empresa agroindustrial. Los socios fundadores fueron Kern's Foods Inc., de California quien aportó el conocimiento y el 50 % del capital, el otro 50 % fue capital guatemalteco. La empresa basó su portafolio inicial en el éxito obtenido con sus néctares en California, pero rápido diversificó a nuevos productos,

siempre enfocado en ofrecer a los consumidores centroamericanos bebidas y alimentos naturales a base de frutas.

En el año de 1963 se fundó en Guatemala la Compañía Alimentos y Conservas Ducal, esta empresa inició con un 100 % de capital guatemalteco como competencia directa de Alimentos Kern's. Para 1965 W. R. Grace Co., el consorcio dueño de Kern's, adquirió Ducal. Las dos empresas trabajaron independientes hasta el año de 1969, en el que W. R. Grace decidió fusionarlas en un cambio estratégico que perseguía reducir costos de producción y operación y potenciar su expansión centroamericana.

En 1970 W. R. Grace Co., vendió ambas compañías a Riviana Foods Inc., de Houston, Texas. Durante los próximos treinta años, Alimentos Kern's progresó significativamente, desarrollando y consolidando marcas exitosas, innovando y creando nuevos productos que cumplieran los requerimientos de calidad y expectativas de los consumidores centroamericanos, siempre apegado a su compromiso inicial de ofrecer productos naturales y saludables.

En septiembre de 2004 Riviana Foods Inc., fue comprada por Ebro Puleva, S. A., empresa líder mundial en la comercialización y producción de arroz, con sede en Madrid España. Ajenos al mercado de jugos, néctares y conservas, característico de Alimentos Kern's, Ebro Puleva, S.A., decidió vender la empresa Alimentos Kern's, junto con otras inversiones que Riviana Foods Inc., poseía, y que no encajaban con el portafolio de granos de la empresa española.

En agosto de 2006, Alimentos Kern's fue comprada por Florida Ice & Farm Co. (FIFCO)**,** por medio de su subsidiaria Florida Bebidas. Con Florida Bebidas, Alimentos Kern's, S.A., consolida su posición en el mercado de bebidas en Centroamérica y el Caribe, potencia su exitoso portafolio de alimentos, teniendo acceso a importantes fuentes de capital para modernizar su planta productiva en Guatemala. La exitosa visión de negocios de Florida Bebidas ha permitido a Alimentos Kern's, S.A., crecer significativamente su presencia en Norteamérica, principalmente su marca Frijoles Ducal. La adquisición de Alimentos Kern's, S.A., permite también a Florida Bebidas constituirse en una empresa regional, con operaciones en los principales mercados de Centroamérica.
.
Las principales marcas de Alimentos Kern's, S.A., siguen siendo Kern's, Ducal y Fun C,; trata de preservar su herencia e historia, en el presente ofrece en la región los mejores productos naturales, productos hechos a base de frutas, sin preservantes ni colorantes artificiales, saludables y nutritivos que pueden ofrecerse a toda la familia[1].

1.3. Visión

"Con el esfuerzo diario de todos, seremos la empresa líder fabricante y distribuidora de alimentos y productos de alta calidad, comprometida a

[1] Alimentos Kern's, S.A. *Historia de la empresa Kern's, Alikerns*. http://www.alikerns.com/ historia. Consulta: 20 de abril de 2017.

conquistar permanentemente la satisfacción del consumidor consolidando nuestras marcas como las mejores del mercado[2]"

1.4. Misión

"Promover el desarrollo integral de quienes laboramos para que, a través de un excelente servicio y de trabajo en equipo, logremos la producción y distribución rentable de productos de alta calidad que satisfagan las expectativas del consumidor, siendo vanguardistas y consolidándonos en el mercado centroamericano y norteamericano"[3].

1.5. Valores

Los valores que rigen las operaciones de Alimentos Kern's son los siguientes:

- Trabajo en equipo como la forma más efectiva de comunicarnos y usar nuestras fortalezas para el alcance de metas.
- Respeto a la dignidad de nuestros compañeros, colaboradores y a las leyes de los países donde trabajamos.
- Honestidad al trabajar; confiando en Dios como la guía de todas nuestras acciones.[4]

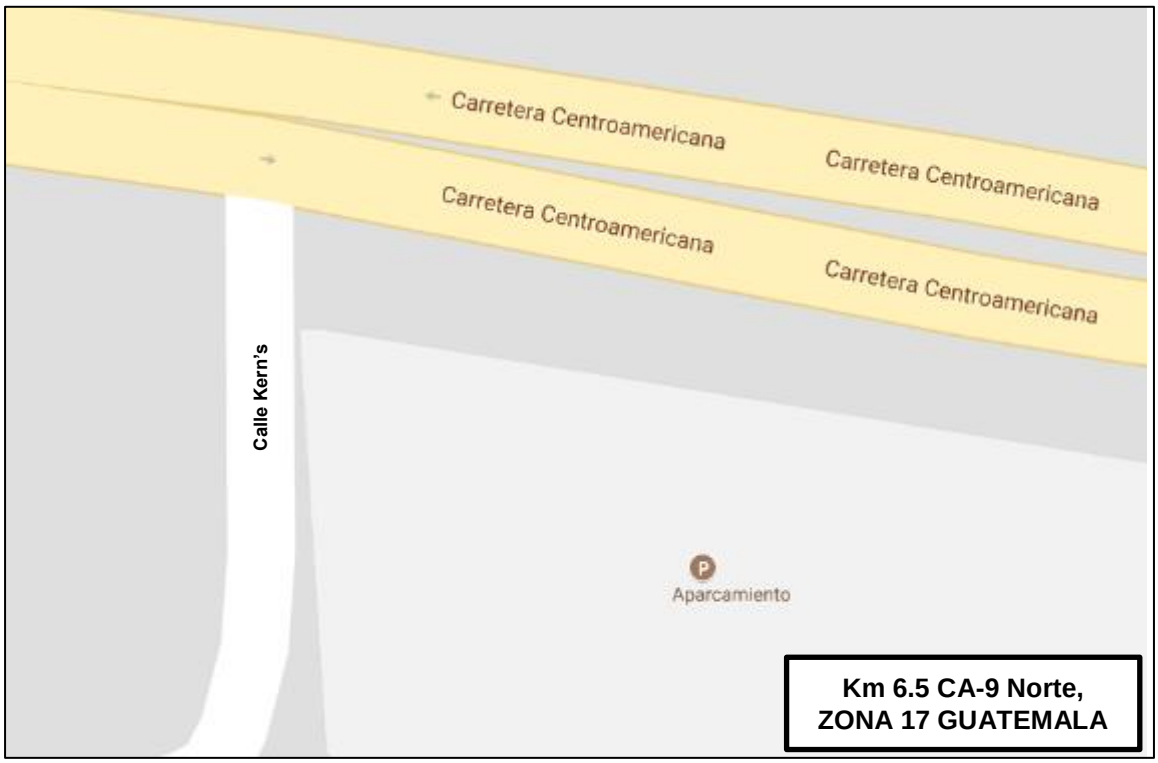
1.6. Ubicación

La fábrica procesadora de alimentos se encuentra en su ubicación inicial, está es en el kilómetro 6,5 CA-9 norte (carretera al Atlántico), zona 17 del municipio de Guatemala.

---

[2] Alimentos Kern's, S.A. *Misión y visión de la empresa. Kern's - Historia de Alikerns*. http://www.likerns.com/historia. Consulta: 20 de abril de 2017.
[3] Ibíd.
[4] Ibíd.

Figura 1. **Ubicación geográfica de la planta**



Fuente: Google Maps. *Industrias Alimenticias Kern´s & cia*. https://www.google.com.gt/maps/@14.65,-90.46,541m/data=!3m1!1e3. Consulta 20 de abril de 2017

1.7. Estructura organizacional

La empresa se ha organizado basándose en una estructura de departamentalización funcional, es decir, se divide según las necesidades de la organización en departamentos que desarrollan diferentes funciones pero que divergen y se alinean en actividades que permitan agregar valor a la operación.

La principal ventaja de este tipo de estructura consiste en que cada departamento tiene la suficiente autonomía para aglutinar personas altamente

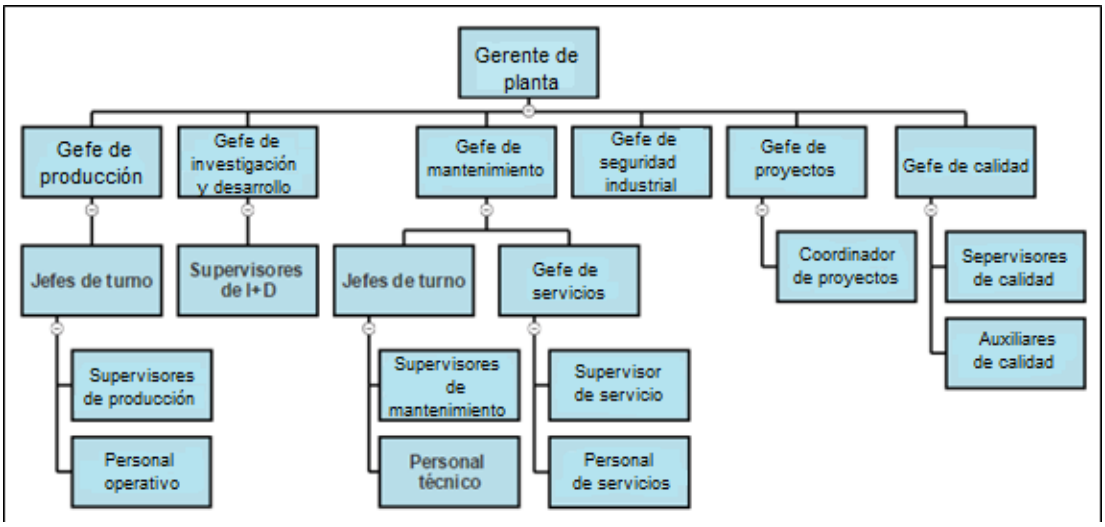
calificadas en el ámbito donde laborará; busca principalmente conocimiento específico que permita especializarse aún más al departamento; por ejemplo, se buscan personas con experiencia en manejo de alimentos e investigación para integrar el departamento de investigación y desarrollo.

La desventaja más considerable en una estructura semejante es el riesgo de que al momento de que una persona decida continuar su carrera fuera de la empresa, esta pierde todo el conocimiento y lo invertido en dicha persona; crea de esta forma un ambiente de codependencia entre la empresa y los empleados. Como medida paliativa para este detrimento, cada año se busca mejorar el ámbito laboral con medidas que permitan retener el talento dentro de la empresa.

1.7.1. Organigrama

A continuación, se muestra el organigrama de la planta de producción, el cual está diseñado para aglutinar en una sola gerencia a todos los participantes en la operación de producción.

Figura 2. **Organigrama de la planta**



Fuente: elaboración propia.

El anterior organigrama es de tipo administrativo, enfocado en un área específica de toda la organización. Debe leerse de forma vertical, pues a partir del titular, en este caso el gerente de planta, se desglosan los departamentos que desarrollan todas las funciones de la planta; después de ellos se conoce el lugar del personal de la planta hasta llegar al personal operativo, técnico, de servicios, entre otros.

Las principales funciones de cada puesto son las siguientes.

- Gerente de planta: coordinar las distintas jefaturas de la planta a fin de cumplir con las métricas establecidas.

- Jefe de producción: asegurar la producción semanal y dar visibilidad acerca del estado de la maquinaria.

- Jefes de turno: coordinar al personal operativo y participar en las reuniones diarias de seguimiento.

- Supervisores de producción: inspeccionar el desempeño del personal operativo y la maquinaria a nivel de piso.

- Personal operativo: operar los distintos equipos que componen la línea de producción.

- Jefe de investigación y desarrollo: liderar los distintos proyectos de innovación a nivel de laboratorio y luego llevarlos a escala industrial.

- Supervisores de I+D: ejecutar pruebas de proyectos de innovación y establecer parámetros de conformidad del producto.

- Jefe de mantenimiento: coordinar con proveedores acuerdos de mantenimiento, asegurar el abasto de repuestos y verificar que se cumpla con los distintos tipos de mantenimiento según lo requieran los equipos.

- Supervisores de mantenimiento: coordinar al personal técnico en la búsqueda de acciones correctivas si el caso lo amerita y dar seguimiento a las medidas preventivas.

- Personal técnico: realizar las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo en los equipos.

- Jefe de servicios: cumplir con los indicadores establecidos en los servicios que se prestan a la planta, tales como vapor, agua purificada, aire comprimido, entre otros.

- Personal de servicios: operar los equipos que prestan servicios a la planta, tales como calderas, compresores de aire, purificadores de agua, entre otros.

- Jefe de seguridad industrial: velar por el cumplimiento de que el personal utilice el equipo de protección personal que corresponde según su área de trabajo.

- Jefe de proyectos: diseñar proyectos que permitan dar más rentabilidad a la planta, de ser necesario, contratar a empresas externas para que presten servicios.

- Coordinador de proyectos: coordinar la parte operativa de la ejecución de proyectos, coordinar a los líderes de proyectos y brindar el apoyo necesario.

- Jefe de calidad: velar porque se cumplan los indicadores necesarios en todo el proceso productivo para evitar el producto fuera de estándares.

- Supervisores de calidad: velar por el cumplimiento de los estándares fisicoquímicos y organolépticos del producto terminado, la materia prima y el material de empaque.

- Auxiliares de calidad: revisar periódicamente que la materia prima y el producto terminado se encuentre en todo momento dentro de los parámetros establecidos.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEAS RÁPIDAS DE ALIMENTOS KERN'S S.A.

2.1. Diagnóstico de la situación actual

Para el proceso de envasado de néctares se utilizan tres tipos de envases dentro de la empresa: aluminio, hojalata y tetrabrik; esta investigación se enfoca en los dos primeros. La empresa cuenta con maquinaria especializada y personal capacitado en sus respectivas labores. Las líneas de envasado de aluminio y hojalata son exactamente iguales, con la única observación que ambas líneas se ajustan a las medidas de sus respectivos envases; para efectos de esta investigación se procede a detallar el proceso de producción, así como las principales causas de baja productividad en la línea de aluminio, según la observación llevada a cabo en la línea.

2.1.1. Proceso de producción

El proceso de producción es lineal y secuenciado, inicia en la fase de formulación que se toma como un área independiente del envasado; posteriormente, se utiliza la maquinaria de la línea de envasado y empacado de néctares, para obtener mayor conocimiento al respecto, se procede a detallar cada equipo involucrado.

2.1.2. Maquinara y equipo utilizado

A continuación, se define cada equipo de la línea de producción, sus principales características, así como una breve descripción; de igual forma, durante dos semanas se analiza a profundidad la línea de envasado, para determinar las principales causas de paro y pérdida de productividad. Los equipos son los siguientes.

2.1.2.1. Despaletizadora de envase

Equipo compuesto principalmente por un elevador de pallets de envases vacíos. Cada pallet ingresa a través de una carrilera compuesta por dos camas de rodillos que trasladan el pallet hacia una plancha que eleva el pallet 4 metros hasta las bandas transportadoras que lo ubican y ordenan en el cable aéreo. El elevador funciona por dos cadenas que elevan la plancha, impulsadas por un motor hidráulico de 4 caballos de fuerza.

Figura 3. **Despaletizadora de envase**

Fuente: elaboración propia.

- Principales fallos

  - Caída de envases en faja transportadora

Figura 4. **Envase caído en faja transportadora**

Fuente: elaboración propia.

  - Atasco y desalineación de pallet en carrilera

Figura 5. **Operador alineando pallet en carrilera**

Fuente: elaboración propia.

- Sobre esfuerzo en el ingreso de pallets de envase vacío

Figura 6. **Operador trasladando manualmente el pallet de envase vacío**

Fuente: elaboración propia.

- Envases vacíos golpeados

Figura 7. **Envases golpeados**

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.2. Cable aéreo de transporte de envase vacío

Mecanismo encargado de transportar envase vacío desde la bodega de materia prima hacia el punto necesario dentro de la planta (alimentación de envase a llenadora). Se compone de un cable de acero inoxidable de 250 m de longitud recubierto de un encauche para proteger el envase, a través de una canaleta de anchura variable dependiente del formato que se emplea. Se complementa de 36 poleas y un motor de 0,5 caballos de fuerza.

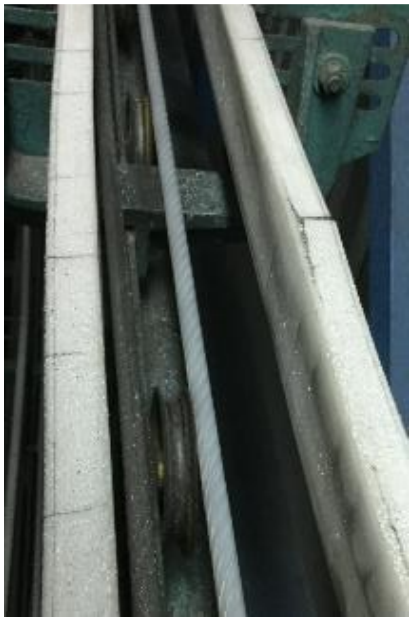
- Principales fallos
  - Caída de envase vacío en cable aéreo

Figura 8. **Envase caído en cable aéreo**

Fuente: elaboración propia.

- Cable fuera de poleas

Figura 9. **Cable fuera de poleas**



Fuente: elaboración propia.

- Rotura de revestimiento de caucho de cable

Figura 10. **Cable sin revestimiento de caucho**

Fuente: elaboración propia.

- Rotura de cable

Figura 11. **Rotura y soldadura de cable**

Fuente: elaboración propia.

- Desgaste en rodamientos de poleas

Figura 12. **Polea con desgaste en rodamiento**

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.3. Llenadora Solbern

Llenadora rotativa, construida enteramente en acero inoxidable, a través de una cascada de producto de 12 000 litros por hora; dividida en 52 embudos, se llenan 500 envases por minuto. La cascada es constante en la llenadora con flujo de retorno hacia tanque de balance, se interrumpe por la cadena de embudos que, en sincronía, con la cadena de dedos llena los envases mientras ambas dan vueltas a través de la cascada.

- Principales fallos
    - Pesos altos/pesos bajos

Figura 13. **Envase con peso bajo**

Fuente: elaboración propia.

- Rotura de faja de tracción central

Figura 14. **Faja de tracción central**

Fuente: elaboración propia.

- Caída de embudos

Figura 15. **Cadena de embudos**

Fuente: elaboración propia.

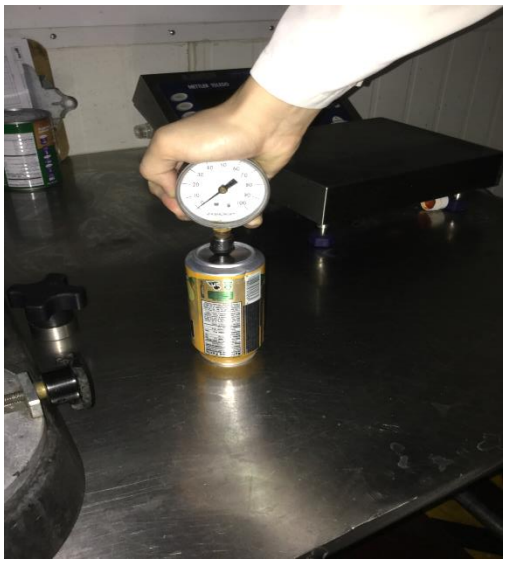
- Pérdida de tiempo de cadena de entrada a llenadora

Figura 16. **Envase caído en entrada a llenadora**

Fuente: elaboración propia.

- Envases no presurizados

Figura 17. **Envase no presurizado**



Fuente: elaboración propia.

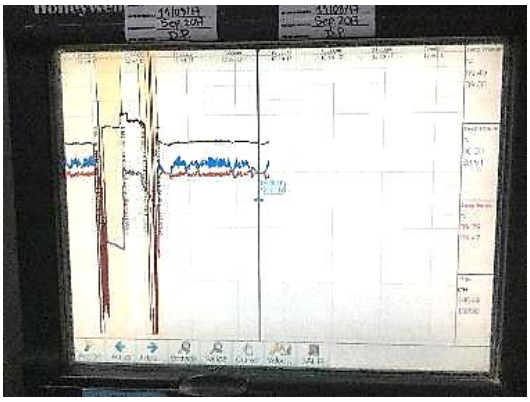
- Desgaste en cadena principal de embudos

Figura 18. **Cadena de embudos**

Fuente: elaboración propia.

- Variación en temperatura de pasteurizador
- Variación en flujo de pasteurizador

Figura 19. **Variación de flujo y temperatura en pasteurizador**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2.4. Selladora Angelus

Selladora construida en acero, con capacidad para sellar 500 envases por minuto; posterior al envasado del producto, se presuriza cada envase con una dosis de nitrógeno líquido; posteriormente entra a la selladora, donde un aplicador de tapa coloca cada una sobre un envase; posteriormente, se sujetan los extremos superiores e inferiores al mismo tiempo que un rodo de primera operación inicia el proceso de engargolado entre envase y tapa; seguidamente, un rodo de segunda operación concluye el proceso de engargolado.

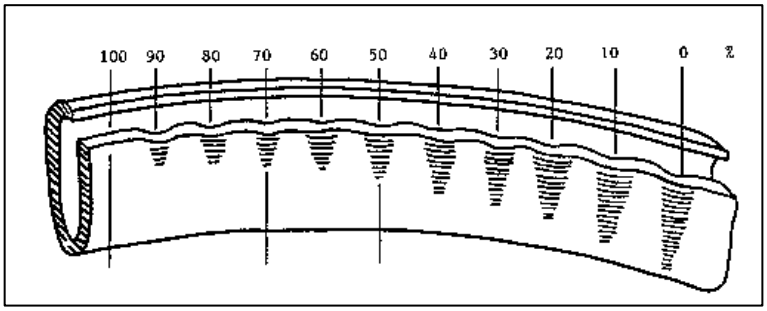
- Principales fallos
    - Atasco en faja de polea central
    - Rotura de faja de polea central

Figura 20. **Rotura por atasco de faja de polea central**

Fuente: elaboración propia.

- Arruga de primera operación

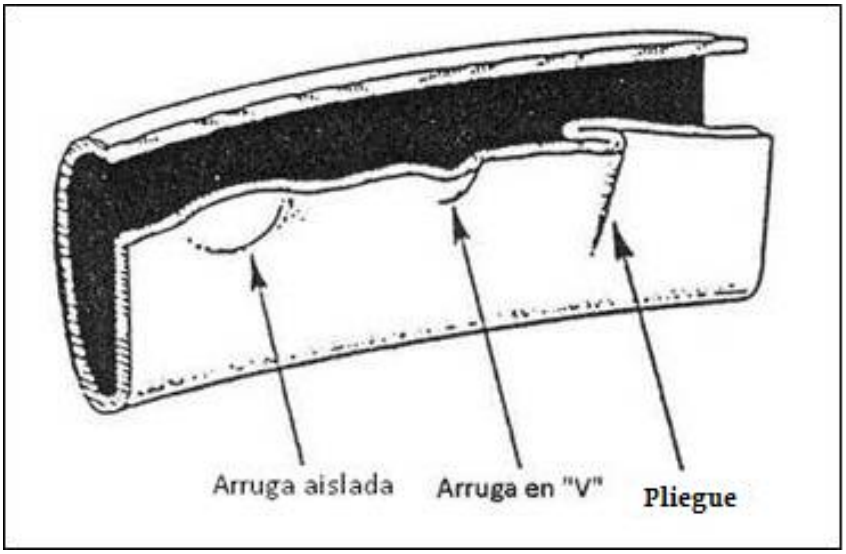
Figura 21. **Arruga de primera operación**



Fuente: elaboración propia.

- Arruga de segunda operación

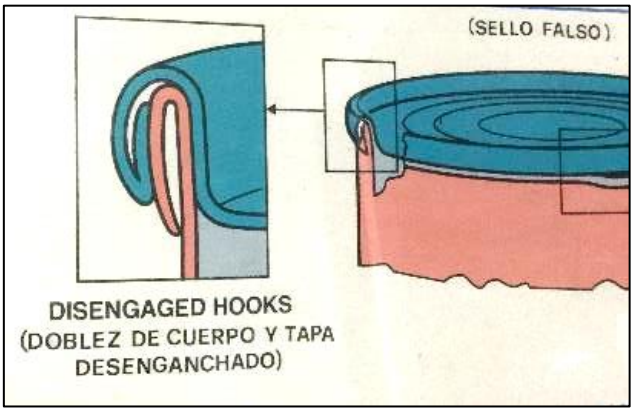
Figura 22. **Arruga de segunda operación**



Fuente: elaboración propia.

- Sello falso

Figura 23. **Sello falso**



Fuente: elaboración propia.

- Atasco de envase en salida de selladora

Figura 24. **Envases en salida de selladora**

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.5. Transportadores de envases llenos

Bandas transportadoras encargadas de transportar los envases llenos y sellados desde la selladora hacia el pasteurizador Exhauster.

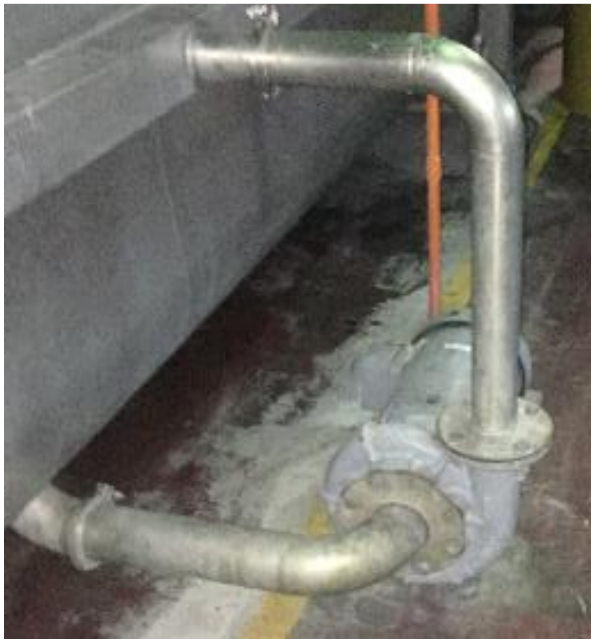
- Principales fallos
    - No se observan paros significativos, se describe como parte del proceso.

2.1.2.6. Pasteurizador Exhauster

Túnel de temperatura controlada que tiene como finalidad concluir el proceso térmico del producto, preservando la temperatura de pasteurización por el tiempo determinado en su primera fase; posteriormente, el producto se traslada hacia la etapa de rociado de agua fría para que, a través del choque térmico, se realice la pasteurización.

- Principales fallos
    - Pérdida de flujo en bombas de recirculación

Figura 25. **Bomba de recirculación de Exhauster**



Fuente: elaboración propia.

- Temperatura elevada en salida de exhauster
- Atasco de faja acumuladora

Figura 26. **Faja acumuladora saturada de envases**

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.7. Empacadora Standar Knapp

El producto pasteurizado es trasladado hacia la empacadora Standar Knapp que a través de un sistema de cadenas distribuye los envases en seis filas de cuatro envases cada una; posteriormente, un mecanismo de levas

coloca estos envases sobre una bandeja de cartón para su posterior emplasticado.

- Principales fallos

  - Pérdida de tiempo en cadena de estaciones
  - Atasco de corrugado en cadena de estaciones

Figura 27. **Atasco de corrugado en cadena de estaciones ocasionado por pérdida de tiempo**

Fuente: elaboración propia.

- Falta de presión en sistema de ventosas succionadoras

Figura 28. **Sistema de ventosas succionadoras**

Fuente: elaboración propia.

- Envases caídos en separador

Figura 29. **Envase caído en separador de envases**

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.8. Emplasticadora Tecmi

Banda transportadora dividida por dos reglas de acero con temperatura de 250 °F encargadas de envolver de termoencogible la bandeja con producto para realizar el sellado termoencogible.

- Principales fallos
  - Fallas en cuchilla de corte

Figura 30. **Cuchilla de corte**

Fuente: elaboración propia.

- Pérdida de tiempo entre transportadores
- Termoencogible de diferente calibre

Figura 31. **Bandeja sin tensión por termoencogible de menor calibre**

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.9. Horno Tecmi

Túnel de temperatura constante, donde una faja se encarga de transportar las bandejas envueltas en termoencogible para que por acción térmica esta se contraiga y aglutine las unidades a la bandeja de cartón.

- Principales fallos

  - Termoencogible con agujeros

Figura 32. **Termoencogible con agujeros**

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.10. Transportadores de salida de cajas

Cama de rodillos encargados de transportar las bandejas de cartón con el plástico termoencogible hacia el área de entarimado para su posterior estibado, cuenta con tres motores de 0,5 hp cada uno.

- Principales fallos
    - No se observan paros significativos, se describe como parte del proceso.

2.1.3. Indicador de eficiencia del proceso

El diagnóstico se apoya en los indicadores que la empresa utiliza actualmente, los cuales pueden observarse a partir de la página 40, esto para demostrar que existe oportunidad de mejora en la línea pues la eficiencia aún puede aumentar.

Como parte de la multinacional Heineken International, poseedora del 25 % de las acciones de Florida Ice & Farm Company, casa matriz de Alimentos Kern's de Guatemala, S.A., se utiliza el *operative performance indicator* (OPI) que traducido se conoce como indicador de desempeño operativo; este indicador permite conocer el tiempo en el cual el equipo se encuentra en marcha, a través de la resta del tiempo total disponible, menos el tiempo en el que no se tiene orden de trabajo para la línea; posteriormente, se resta el tiempo de paro provocado por los paros menores, averías en cualquiera de los equipos de la línea, paros externos, paros planificados, cambios de formato, envases fuera de estándares de calidad (rechazados y reprocesos).

Al finalizar esta operación, queda como resultado el indicador OPI-NONA. Este indicador permite conocer la disponibilidad del equipo, el desempeño de la línea y la calidad del producto terminado, pues se trabaja con el fin de producir el máximo de unidades posibles, aumentando el desempeño de la línea, pero sin sacrificar calidad en el producto terminado, pues el costo de reproceso tiende a aumentar exponencialmente a medida que avanza en la línea de producción.

Se ilustra la forma para determinar el NONA de la siguiente forma:

$$NONA = tiempo \sin personal\ en\ línea + tiempo \sin orden\ de\ trabajo$$

El OPI se obtiene de la siguiente forma:

$$OPI - NONA = paros\ menores + averías\ de\ equipo + paros\ programados + paros\ externos + pérdidas\ de\ velocidad + cambios\ de\ formato + unidades\ rechazadas$$

A continuación, el significado de cada actividad involucrada en el cálculo del indicador.

- Tiempo sin personal en línea

Tiempo en el cual una línea o equipo permanece detenida debido a que no cuenta con tripulación por causas ajenas y/o paros no programados. Por ejemplo: llegada de buses tarde a las instalaciones de la empresa.

- Tiempo sin orden de trabajo

Tiempo en el cual una línea permanece sin orden de producción por disposición del departamento de planificación.

- Paros menores

Tiempo de paro de la línea debido a que un equipo sufre una pérdida de velocidad, se debe cambiar algún consumible, limpieza no planificada, atascos en algún equipo, etcétera.

- Averías de equipo

Tiempo improductivo en el que, por causa de un desperfecto en algún equipo de la línea; esta se detiene por quiebre, desgaste, deterioro en cualquiera de sus componentes, hidráulicos, mecánico, eléctrico, neumático, etc.

- Paros programados

Tiempo en el que la línea se detiene para que el personal realice actividades previamente establecidas, tales como consumir sus alimentos o realizar limpiezas con soda y/o agua caliente dentro del sistema de envasado.

- Paros externos

Paros ocasionados en la línea por departamentos externos a producción encargados de prestar servicios tales como montacargas, traslado de producto terminado, traslados de materia prima, falta de vapor, agua suave, etcétera.

- Cambios de formato

Tiempo destinado para realizar cambios de presentación en los diversos equipos de la línea, la tripulación está presente; sin embargo, Mantenimiento efectúa el cambio de formato.

- Unidades rechazadas

Cantidad de envases expulsados por los inspectores durante la fase de llenado, los envases que no cumplen con parámetros de presión, peso,

temperatura de pasteurización, tiempo de sostenimiento de temperatura de pasteurización, entre otros.

- Pérdidas de velocidad

Microparos sucedidos durante la jornada de trabajo que no se reportan en la hoja de paros; sin embargo, suman una diferencia significativa entre la cantidad de envases entregados y la cantidad teórica entregada por el equipo.

El indicador OPI se ha diseñado e implementado en la línea de producción con el objetivo de obtener un mayor detalle de la causa de los paros de la máquina líder (selladora). A través de un listado clasificado de paros se realiza un control de cada minuto en el que la máquina líder se detiene, ya que una de las obligaciones del operador es llevar el control de dichos paros, así como contabilizar el total de envases que se han envasado al iniciar cada turno.

Se utiliza este indicador en lugar de una eficacia estándar ya que permite visualizar las principales causas de paro para la línea, pues al identificar la causa raíz del paro, puede saber dónde es preciso enfocar recursos para disminuir la frecuencia de estos paros. Uno de los objetivos de los programas TPM es explotar la eficiencia de cada equipo y mantenerla en ese estándar. Un requisito para lograr el éxito en el programa TPM es creer que es posible trabajar con cero averías y reprocesos.

Todo el tiempo de actividad del equipo debe ser documentado a través de las hojas de OPI; estas funcionan como bitácoras de operación, ya que el operador de la máquina líder de la línea lleva el control del tiempo de operación del equipo; si este se detiene por alguna situación debe anotar la hora de inicio

del paro y la hora de finalización, así como la razón del paro, de esta forma se puede medir el tiempo de paro del equipo y cuantificar su eficiencia.

Junto al operador se toman los tiempos de paro de dos semanas continuas como muestra para obtener información acerca de qué aspectos son los que más interfieren en el proceso. Por la naturaleza del proyecto se debe tomar un muestreo no probabilístico ya que se cuenta con el tiempo como un recurso finito.

Se determina que la muestra representativa debe ser de diez días con la siguiente fórmula.

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

Donde:

- n = muestra de días a analizar (variable a determinar)
- k = constante relacionada al nivel de confianza deseado (90 %, k = 1,65)
- p = porcentaje estimado de días con fallas (95 %)
- q = porcentaje estimado de días sin fallas (5 %)
- e = porcentaje de error muestral (admisible hasta un 8 %)
- N = universo de días (20 días laborales que componen un mes)

Con los anteriores datos se opera la fórmula dando como resultado lo siguiente:

$$n = \frac{(1{,}65)^2 * (0{,}95) * (0{,}05) * 20}{(0{,}08^2 * (20 - 1)) + (1{,}65)^2 * (0{,}95) * (0{,}05)} = 10{,}30 \ \cong 10 \ días$$

A continuación, se detalla una hoja de control de paros utilizada como método de observación en la línea de envasado de aluminio; los paros y sus causas a lo largo de los tres turnos de producción se cuantifican y analizan en el siguiente punto.

Figura 33. **Hoja de registros de paros no programados**

Línea:_____ **Núm. de orden:**_____ Fecha:_____

Operador turno: 1._____ 2._____ 3._____

Hora inicio:_____ Hora final:_____

Hora inicio	Hora final	Tiempo total	Causa de paro

Fuente: elaboración propia.

2.2. Análisis de pérdidas en la operación

Según autores consultados, las pérdidas de tiempo por defectos como polvo, suciedad, mugre y vibración representan aproximadamente del 1 % al 2 % de los paros por abrasión; sin embargo, estos factores que por mínimos no se les presta la importancia debida pueden desencadenar acciones que resulte más estrepitosas para la operación. La mayor parte de paros en el tiempo de llenado se dan ya que es indispensable ajustar el equipo pues se ha descalibrado y ya no se encuentra dentro de parámetros óptimos de llenado.

La mayoría de estos ajustes pueden realizarse a través de una rutina de revisión al inicio y mitad de cada uno de los tres turnos que operan la línea, para eliminar ajustes previos al arranque y puesta en marcha de la línea; se estudió el objetivo, las causas, los actuales métodos y la eficiencia. Las causas pueden clasificarse como: poca o nula sujeción de piezas al equipo, métodos de medición poco prácticos (precisos pero muy específicos), acumulación de errores y ajustes inevitables.

2.2.1. Análisis de tiempos perdidos

Durante dos semanas de producción continua se comparan los tiempos de paro de la máquina líder de la línea (selladora) para determinar el tiempo total perdido al acumularse dichos paros al final de la jornada.

Para este estudio se toman en cuenta un tiempo total de 1 440 minutos por día. El tiempo de paro consiste en la sumatoria del total de minutos que la máquina líder se encuentra detenida en las tres jornadas laborales. El porcentaje de paro es la relación del tiempo de paro respecto al total de tiempo disponible; mientras los envases no producidos son el resultado de multiplicar el

tiempo de paro por la velocidad del equipo, 400 envases por minuto durante el tiempo de observación.

Por ejemplo:

Tiempo de paro (minutos) para el día 1: 291 minutos. En la figura 33, se detalla el total de tiempo de paro.

Para obtener el total de minutos de un día, se realiza la siguiente ecuación.

$$60 \text{ minutos por hora x } 24 \text{ horas al día } = 1\,440 \text{ minutos por día}$$

El porcentaje de tiempo de paro se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\%Tiempo\ de\ paro = \frac{Tiempo\ de\ paro\ (\text{min})}{Tiempo\ total\ disponible\ (\text{min})}$$

De lo anterior se obtiene:

$$\%Tiempo\ de\ paro\ día\ 1 = \frac{291\ min}{1\,440\ min} = 0{,}20 = 20\ \%$$

El total de envases no producidos es el producto del tiempo de paro en minutos por la velocidad del equipo en envases por minuto; el resultado para el día 1es de:

$$Envases\ no\ producidos = 291 min * 400\ \ envases/min = 116\,400\ envases$$

Se realiza este ejercicio para los 10 días de observación con el fin de obtener una medida cuantitativa de las causas de paro.

Figura 34. **Hoja de paro**

Línea: Aluminio Núm. de orden: _10124731 Fecha: _04/04/16

Operador turno: 1. _Operador A_ 1. _Operador B_ 1. _Operador C_

Hora de inicio: _00:00 horas_ Hora final: _23:59 horas_

Hora Inicio	Hora final	Tiempo total	Causa de paro
1:00	2:10	70	Tiempo de comida
2:10	2:15	5	Calentamiento de producto
3:30	3:35	5	Muestras de laboratorio
3:55	4:15	20	Caída de embudo
4:30	5:05	35	Faja de motor de selladora se revienta
7:10	7:26	16	Ajustes en selladora
8:00	8:20	20	Tiempo de comida
8:20	8:25	5	Calentamiento de producto
10:30	10:35	5	Muestras de laboratorio
12:00	12:50	50	Tiempo de comida
12:50	12:55	5	Calentamiento de producto
13:20	13:30	10	Exceso de brea en boquillas aplicadoras
17:30	17:35	5	Muestras de laboratorio
19:00	19:20	20	Falta de personal
20:15	20:25	10	Ajustes en selladora
22:57	23:07	10	Variación en temperatura de pasteurizador

Fuente: elaboración propia.

Tabla I. **Resumen de tiempos perdidos, día 1**

Análisis de tiempos perdidos en línea de envasado de aluminio			
Tiempo total disponible (min)	Tiempo de paro (min)	% Tiempo de paro	Envases no producidos
1 440	291	20 %	116 400

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Resumen de tiempos perdidos, día 2**

Análisis de tiempos perdidos en línea de envasado de aluminio			
Tiempo total disponible (min)	Tiempo de paro (min)	% Tiempo de paro	Envases no producidos
1 440	286	20 %	114 400

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Resumen de tiempos perdidos, día 3**

Análisis de tiempos perdidos en línea de envasado de aluminio			
Tiempo total disponible (min)	Tiempo de paro (min)	% Tiempo de paro	Envases no producidos
1 440	398	28 %	159 200

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Resumen de tiempos perdidos, día 4**

Análisis de tiempos perdidos en línea de envasado de aluminio			
Tiempo total disponible (min)	Tiempo de paro (min)	% Tiempo de paro	Envases no producidos
1 440	302	21 %	120 800

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Resumen de tiempos perdidos, día 5**

Análisis de tiempos perdidos en línea de envasado de aluminio			
Tiempo total disponible (min)	Tiempo de paro (min)	% Tiempo de paro	Envases no producidos
1 440	198	14 %	79 200

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Resumen de tiempos perdidos, día 6**

Análisis de tiempos perdidos en línea de envasado de aluminio			
Tiempo total disponible (min)	Tiempo de paro (min)	% Tiempo de paro	Envases no producidos
1 440	697	48 %	278 800

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Resumen de tiempos perdidos, día 7**

Análisis de tiempos perdidos en línea de envasado de aluminio			
Tiempo total disponible (min)	Tiempo de paro (min)	% Tiempo de paro	Envases no producidos
1 440	608	42 %	576 000

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Resumen de tiempos perdidos, día 8**

Análisis de tiempos perdidos en línea de envasado de aluminio			
Tiempo total disponible (min)	Tiempo de paro (min)	% Tiempo de paro	Envases no producidos
1 440	241	17 %	96 400

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Resumen de tiempos perdidos, día 9**

Análisis de tiempos perdidos en línea de envasado de aluminio			
Tiempo total disponible (min)	Tiempo de paro (min)	% Tiempo de paro	Envases no producidos
1 440	575	40 %	576 000

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Resumen de tiempos perdidos, día 10**

Análisis de tiempos perdidos en línea de envasado de aluminio			
Tiempo total disponible (min)	Tiempo de paro (min)	% Tiempo de paro	Envases no producidos
1 440	200	14 %	80 000

Fuente: elaboración propia.

A través de las tablas anteriores es posible visualizar que existe una pérdida en la eficiencia de la línea, pues en algunos casos el porcentaje de tiempo de paro representa hasta el 40 % del tiempo total disponible; es decir, de las 24 horas del día, aproximadamente se pierden 9 horas en paros no programados.

2.2.2. Eficiencia actual de la línea

Durante dos semanas se toman los registros de paro de la línea de llenado de envases de aluminio con el objetivo de cuantificar el porcentaje de eficiencia de la línea a través del indicador OPI, como se observa en el anexo 7 donde se detalla el total de tiempo de paro.

Tabla XI. **Resumen, indicador OPI, día 1**

Día 1	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	140	9,72 %
Paros por averías	55	3,82 %
No orden-no actividad	5	0,35 %
Parada menor	56	3,89 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	20	1,39 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Resumen, indicador OPI, día 2**

Día 2	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	120	8,33 %
Paros por averías	97	6,74 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	54	3,75 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Resumen, Indicador OPI, día 3**

Día 3	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	240	16,67 %
Paros por averías	27	1,88 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	61	4,24 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	55	3,82 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Resumen, Indicador OPI, día 4**

Día 4	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	164	11,39 %
Paros por averías	15	1,04 %
No orden-no actividad	20	1,39 %
Parada menor	47	3,26 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	41	2,85 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Resumen, Indicador OPI, día 5**

Día 5	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	74	5,14 %
Paros por averías	65	4,51 %
No orden-no actividad	8	0,56 %
Parada menor	31	2,15 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	5	0,35 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Resumen, Indicador OPI, día 6**

Día 6	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	190	13,19 %
Paros por averías	278	19,31 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	209	14,51 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	5	0,35 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Resumen, Indicador OPI, día 7**

Día 7	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	185	12,85 %
Paros por averías	347	24,10 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	61	4,24 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Resumen, Indicador OPI, día 8**

Día 8	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	85	5,90 %
Paros por averías	98	6,81 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	31	2,15 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	12	0,83 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Resumen, Indicador OPI, día 9**

Día 9	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	266	18,47 %
Paros por averías	280	19,44 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	14	0,97 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Resumen, Indicador OPI, día 10**

Día 10	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	100	6,94 %
Paros por averías	45	3,13 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	40	2,78 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

2.3. Situación actual

Actualmente, se pierden 6 horas como promedio en la línea por diversas situaciones, como se observa de la tabla XI a la tabla XX. Se pierden 3 horas diariamente en tiempos de comida, las otras 3 horas perdidas día a día obedecen mayormente a paros mecánicos; a continuación, se desglosa un análisis de Pareto acerca de los paros observados en dos semanas en línea 21.

2.3.1. Análisis Pareto

Durante dos semanas se documentan eventos que ocasionan paros en la línea 21, llenado de néctar, en los tres turnos de lunes a viernes. Los paros se dividen en evitables e inevitables.

Los paros evitables son todos aquellos ocasionados por el poco mantenimiento o su inexistencia, así como los paros que pueden reducirse a través de una correcta gestión del recurso humano, por ejemplo:

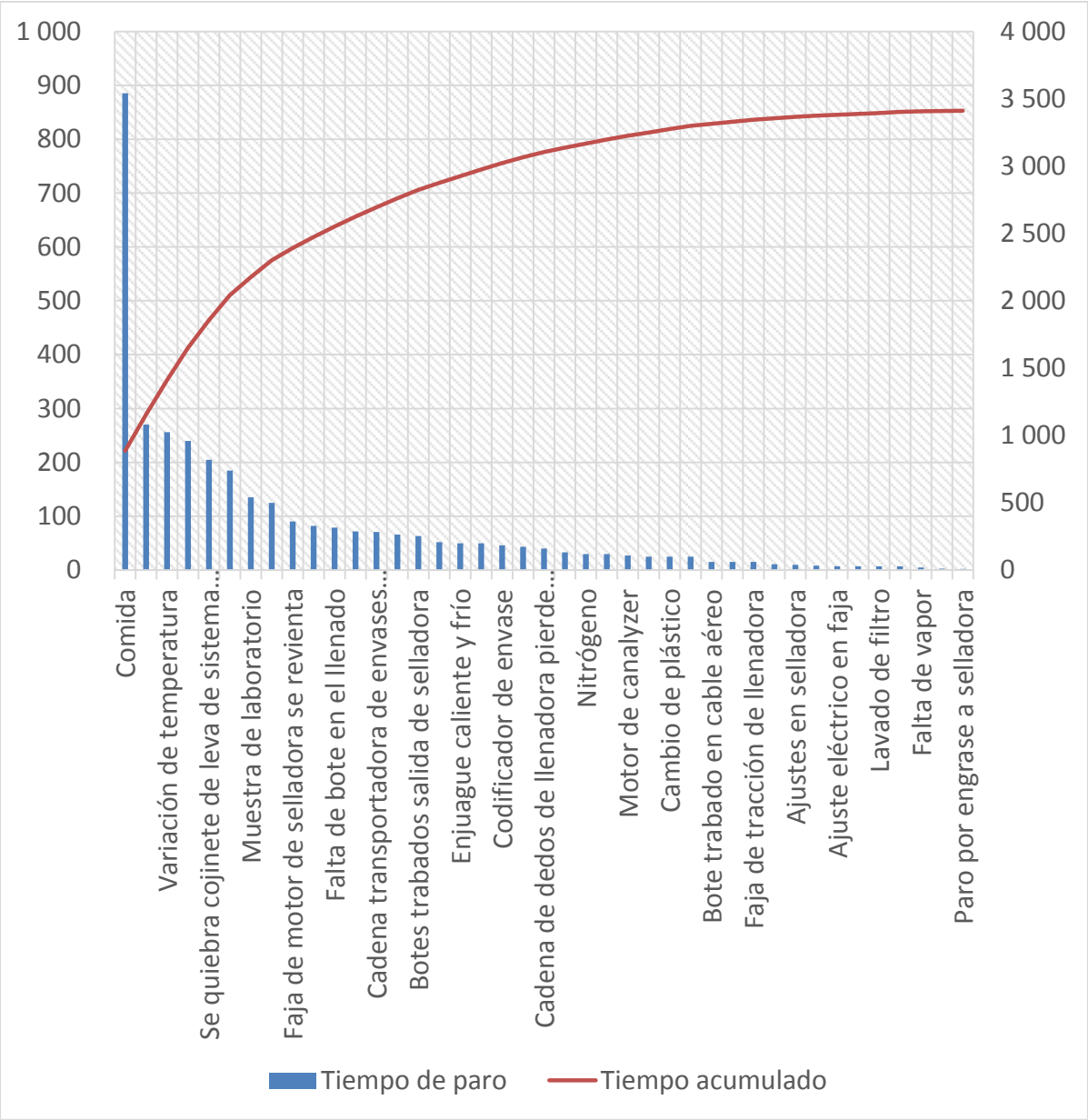
- Asignar dos operadores para realizar lavado con soda de media semana, pues los demás operadores que componen la línea quedan sin una tarea específica para realizar.

Los inevitables son los que representaría un gasto elevado tratar de solventarlos, por ejemplo:

- Los tiempos de comida: al regirse por un pacto colectivo entre el sindicato de trabajadores y la administración, la empresa está obligada a otorgar 65 minutos por turno diariamente, tiempo destinado para que los operadores ingieran sus alimentos y descansen; tratar de reducir este

tiempo ocasionaría un desgaste para ambas partes, ya que la cultura sindical está muy arraigada en los operadores y lo ven como un derecho que han ganado; de igual forma, para la empresa, tratar de reducir este tiempo a través de relevos en tiempo de comida significaría aumentar el *head count* de operadores con los que cuentan; es decir, deberá pagar más salarios y como consecuencia, aumenta el costo fijo.

Figura 35. **Análisis de Pareto de línea 21**



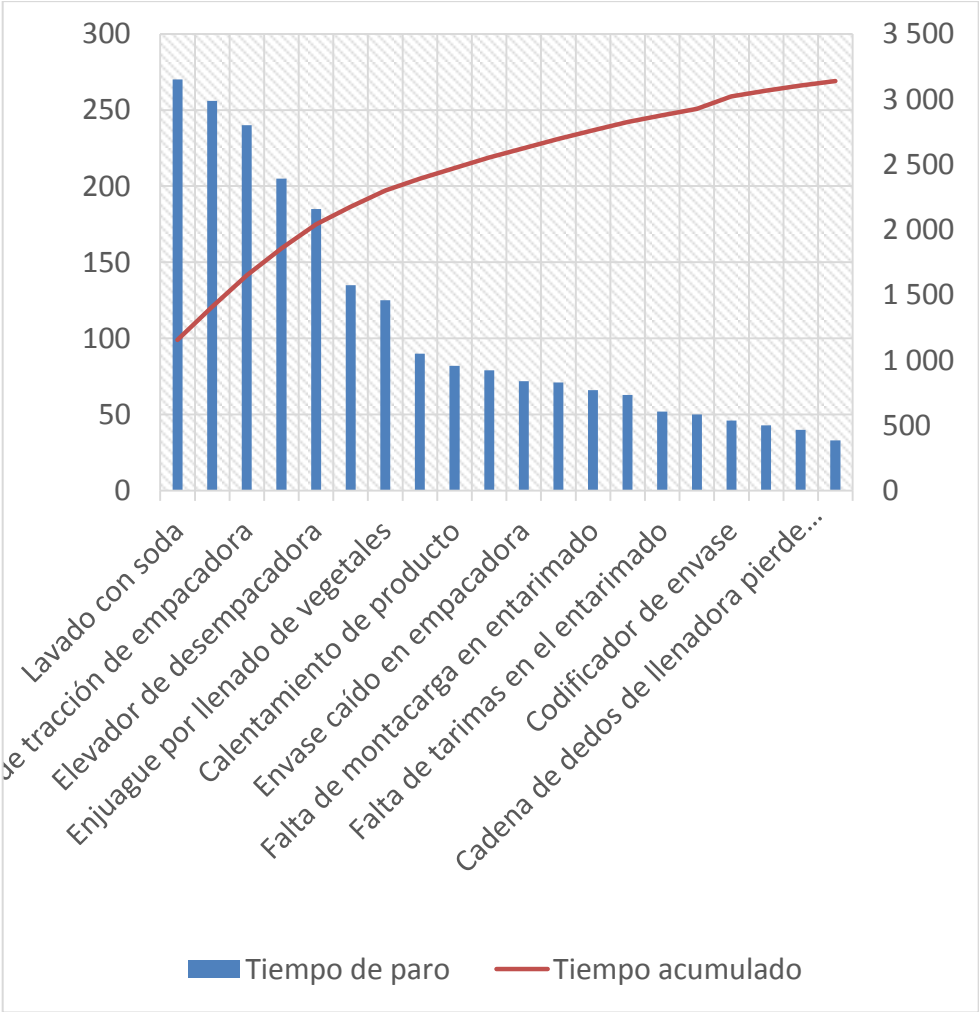
Fuente: elaboración propia.

El tiempo destinado a la alimentación del personal significa casi la mitad del tiempo de ocio diario, como promedio se tiene un paro de 6 horas y media

por día; es decir, dos horas con 10 minutos por turno; esto duplica el tiempo pactado para la alimentación de los operadores (65 minutos por turno).

El anterior gráfico no muestra las verdaderas áreas con oportunidad de mejora, por ello se realiza el siguiente análisis de Pareto con el objetivo de visualizar de mejor manera dichas áreas.

Figura 36. **Análisis de Pareto de línea 21, paros mayores**



Fuente: elaboración propia.

El evento que ocasiona más tiempo de ocio es el lavado con soda; este, por buenas prácticas de manufactura, debe efectuarse cada 72 horas de producción continua; tiene lugar en medio de dos circulaciones de agua caliente en todo el sistema con lo que se asegura la esterilización del sistema, para garantizar la posterior inocuidad del producto.

Los eventos de fallas mecánicas son los siguientes en reportar oportunidades de mejora, especialmente los relacionados con la empacadora, esto se debe a que las rutinas de mantenimiento no son las adecuadas a las necesidades de producción, así como el mantenimiento es casi netamente correctivo, entre ellas se puede mencionar: variación de temperatura, quiebre de eje de tracción de empacadora, quiebre de cojinete de leva, elevador de desempacadora, rotura de faja de motor, entre otros. Estos paros no son consecutivos, sin embargo, representan un inmenso tiempo de ocio, ya que en promedio se necesitan de dos a tres horas para corregirlos; podrían evitarse con rutinas de mantenimiento lo suficientemente robustas para detectar el cambio de un cojinete, su faja o una correcta lubricación en el tiempo adecuado.

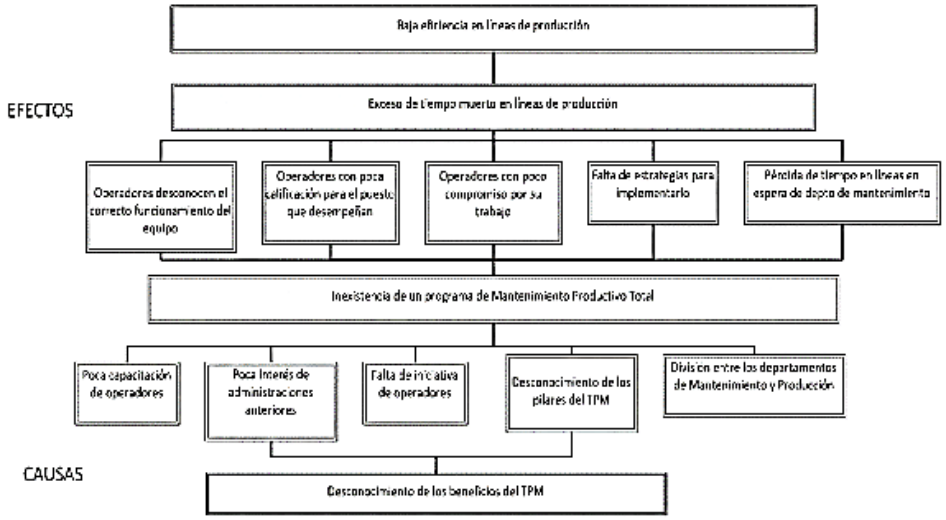
Finalmente, se tienen los paros ocasionados por la no adecuada administración del personal, por ejemplo, falta de personal en estibado, falta de montacargas para mover los pallets, etc. Estos paros pueden reducirse a través del empoderamiento de los operadores con sus equipos, es decir, darles a entender los beneficios para la empresa y ellos mismos de que la producción sea continua y no se detenga; pues al detenerse la línea por más de 30 minutos, el producto pierde sus propiedades organolépticas, lo que a la larga es percibido por el cliente como un producto de mala calidad y otorga mala publicidad a la marca.

De igual forma, se realiza un árbol de problemas con su respectivo árbol de objetivos, con el fin de determinar la causa raíz del exceso de tiempo de ocio de la línea.

2.3.2. Árbol de problemas

A continuación, se ilustra el árbol de problemas para la línea 21, este se elaboró a partir de la observación y el análisis de las hojas de paro de dicha línea. Se utiliza esta herramienta con el fin de obtener un panorama más global sobre los factores que afectan la línea.

Figura 37. **Árbol de problemas de línea 21**

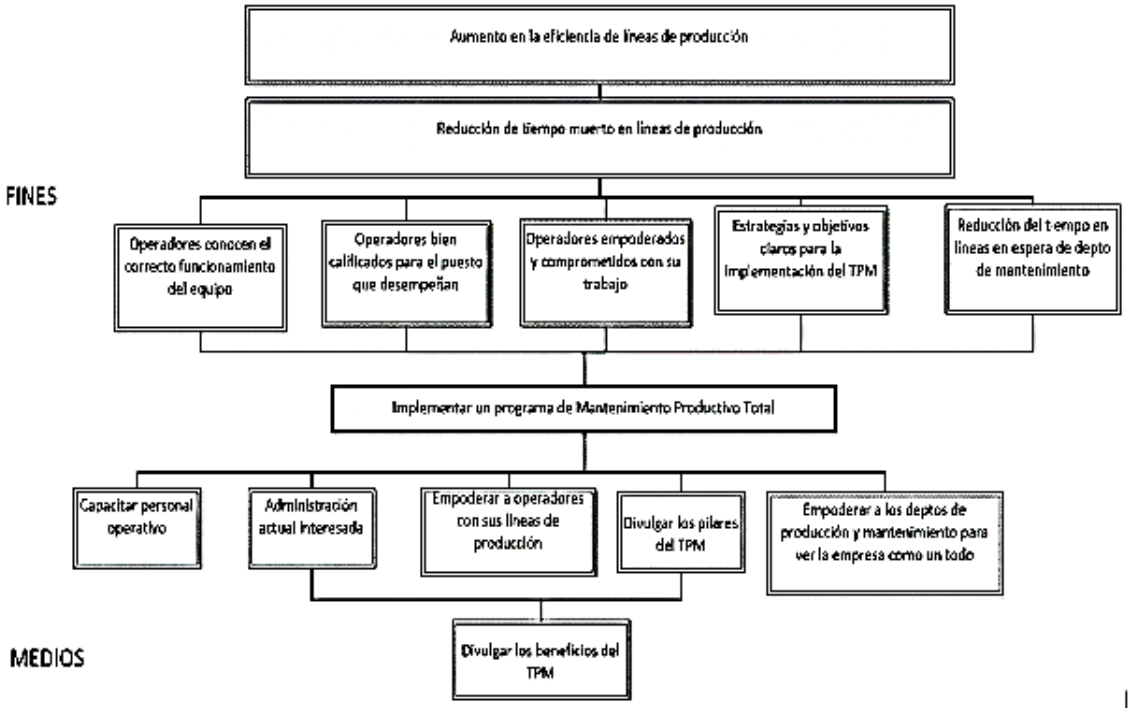


Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Árbol de objetivos

A partir del árbol de problemas encontrados en la línea 21, se plantea el árbol de objetivos para dicha línea; este se basa de igual forma en la observación y el acompañamiento de la jefatura de mantenimiento a través de la lluvia de ideas.

Figura 38. **Árbol de objetivos de línea 21**



Fuente: elaboración propia.

2.3.4. Procedimiento y protocolo en caso de avería

La producción de bebidas representa el 80 % de la producción total del mes, por lo que detener estas líneas es equivalente a dejar de dejar de percibir una gran cantidad de volumen mensual. Por esta razón, estas líneas de alta

velocidad son de vital importancia para el cumplimiento mensual de la planificación, por ello la limpieza, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento programado deben ser cuidadosamente planificados y llevado a cabo en el momento preciso. El departamento de producción considera prioritario cumplir con los planes de de producción y que los trabajos de mantenimiento se deben realizar en los tiempos de holgura de la línea, cuando los equipos necesiten reparación urgente o alguna parte sea inservible y sea necesario cambiarse.

2.3.5. Método actual en planificación de mantenimiento

Actualmente, las líneas de producción no cuentan con un programa de mantenimiento preventivo totalmente definido, más bien en uno enfocado en reparaciones correctivas; esto ha provocado que los tiempos de paro por fallas mecánicas sean altos en cantidad y frecuencia, como se detalló en la gráfica 2. A continuación, el detalle de las actividades realizadas por operadores en la maquinaria que compone la línea.

2.3.5.1. Tipo de mantenimiento aplicado

A continuación, se presentan algunas actividades que se realizan actualmente, algunas no se contemplan dentro de los planes de mantenimiento sino se realizan al momento de dejar el equipo sin utilización; de igual forma, se incluyen posibles efectos observados a causa de la no ejecución de dichas actividades.

- Despaletizadora

Tabla XXI. **Actividades y deficiencias de despaletizadora**

Actividad	Deficiencia
Limpieza general del equipo	Se encuentran objetos personales de los operadores en lugares no establecidos para dicho fin
Revisión de cojinetes y chumaceras	Cojinetes y chumaceras con demasiado desgaste
Lubricación de eje	Eje con grasa en estado sólido, necesita cambiarse periódicamente

Fuente: elaboración propia.

- Cable aéreo

Tabla XXII. **Actividades y deficiencias de cable aéreo**

Actividad	Deficiencia
Limpieza general del equipo	Se encuentran objetos personales de los operadores en lugares no establecidos para dicho fin
Revisión de cojinetes y chumaceras	Cojinetes y chumaceras con demasiado desgaste
Revisión de cable, vulcanización si es necesario	El cable ha perdido su envoltura de caucho en varios tramos

Fuente: elaboración propia.

- Llenadora

Tabla XXIII. **Actividades y deficiencias de llenadora**

Actividad	Deficiencia
Limpieza general de mangueras de aire	Mangueras de aire sin válvula de salida de aire
Limpieza general de mangueras de aceite	Mangueras cristalizadas, es necesario reemplazo
Limpieza de embudos de llenado	Embudos con sedimentos de producciones anteriores
Revisión y lubricación de engranes	Peligro de rotura de engranes por falta de lubricación
Revisión de nivel de aceite de motor	Mancha de aceite en la parte inferior de la caja reductora
Revisión de nivel de eje de tracción principal	Eje de tracción se atranca continuamente
Revisión y limpieza de dosificador de nitrógeno	Continuo congelamiento del dosificador de nitrógeno

Fuente: elaboración propia.

- Selladora

Tabla XXIV. **Actividades y deficiencias de selladora**

Actividad	Deficiencia
Limpieza de guías de entrada y salida de selladora	Restos de producciones anteriores en guías
Revisión de nivel de lubricación de masa central	Peligro de rotura de engranes de masa central por falta de lubricación
Revisión de nivel de lubricación de engrane central	Peligro de rotura de engranes por falta de lubricación
Revisión de cabezales en búsqueda de raspaduras	Continuas raspaduras en envases, pueden provocar oxidación en el futuro
Revisión de *chucks* por posibles cizalladuras	Continuas raspaduras en envases, pueden provocar oxidación en el futuro
Revisión de cierre de primera operación (dentro de parámetros)	Peligro de arrugas en pliegue de primera operación
g. Revisión de cierre de segunda operación (dentro de parámetros)	Peligro de arrugas en pliegue de segunda operación

Fuente: elaboración propia.

- Transportadores

Tabla XXV. **Actividades y deficiencias de transportadores**

Actividad	Deficiencia
Limpieza general del equipo	Restos de producciones anteriores en guías
Revisión de cojinetes y chumaceras	Cojinetes y chumaceras con demasiado desgaste
Revisión y reemplazo de partes averiadas	Se observan varias teclas rotas o averiadas

Fuente: elaboración propia.

- Exhauster

Tabla XXVI. **Actividades y deficiencias de exhauster**

Actividad	Deficiencia
Limpieza general del equipo	Agua de recirculación con color y olor no característico
Revisión de cojinetes y chumaceras	Cojinetes y chumaceras con demasiado desgaste

Fuente: elaboración propia.

- Empacadora

Tabla XXVII. **Actividades y deficiencias de empacadora**

Actividad	Deficiencia
Cambio de aceite en caja reductora	Aceite de caja reductora sin la viscosidad necesaria
Limpieza de sistema de succión de ventosas de inmovilización de cartón	Ventosas con restos de cartón no sujetan adecuadamente las planchas de cartón
Sincronización y puesta en tiempo de cadena de dedos	Cadena de dedos no sincronizada provoca caída de envases
Sincronización de Encoder de eje de sujeción de corrugado	Encoder fuera de tiempo, provoca caída de envases en empacadora
Sincronización y puesta en tiempo de cadena transportadora de bandejas	Encoder fuera de tiempo, provoca caída de envases en empacadora
Limpieza general de equipo Nordson de aplicación de brea con solvente	Fugas en equipo dosificador de brea
Limpieza general y purga de sistema de codificación de corrugado	Codificación ilegible continuamente
Desmontaje y limpieza de fajas transportadoras	Se observan varias teclas rotas o averiadas

Fuente: elaboración propia.

- Emplasticadora

Tabla XXVIII. **Actividades y deficiencias de emplasticadora**

Actividad	Deficiencia
Limpieza de faja transportadora	Restos de brea en faja transportadora
Calibración de resistencias de cuchillas de corte (cambiar de ser necesario)	En ocasiones no se realiza el corte a su totalidad, sino requiere intervención del operador
Ajuste de sensores de corte	Sensores descalibrados provocan cortes desalineados
Sincronización de rodillos de retención de termoencogible	Rodillos de retención no cumplen su función, provocan termoencogible demasiado holgado
Limpieza de guías de termoencogible	Restos de termoencogible en guías

Fuente: elaboración propia.

- Horno

Tabla XXIX. **Actividades y deficiencias de horno**

Actividad	Deficiencia
Limpieza de faja metálica con cepillo metálico	Restos de termoencogible en faja metálica
Desmontaje de resistencias de horno para revisión y cambio (si es necesario)	Termocontracción no se realiza a la temperatura esperada
Limpieza de interior con agente deshollinador	Exceso de hollín en empaque primario
Pulir exterior con solvente amigable con acero inoxidable	Restos de diversos materiales adheridos a las paredes externas del horno

Fuente: elaboración propia.

2.4. Proceso de fabricación

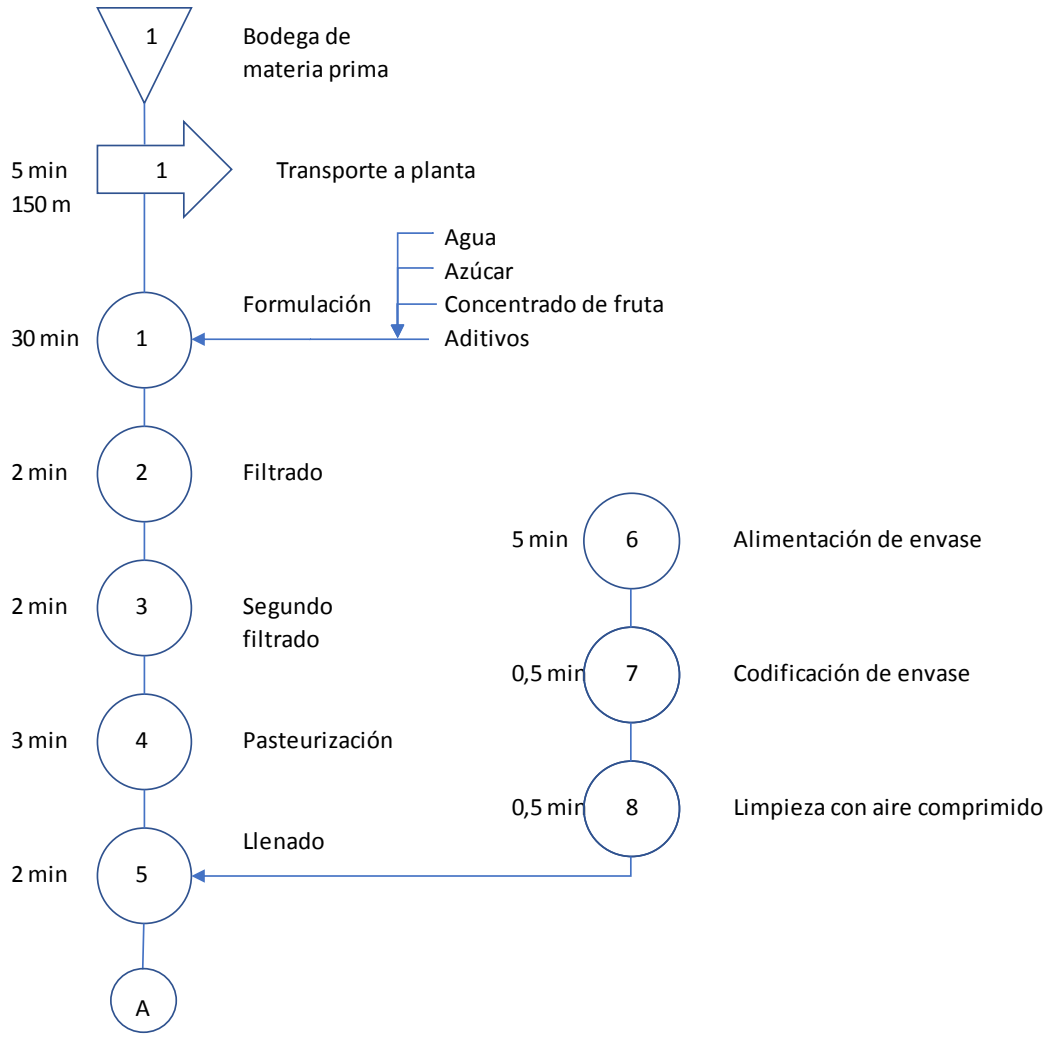
A través de un proceso de envasado en líneas semiautomáticas, se realiza el llenado, empacado y estibado de los productos elaborados en ambas líneas. Se elabora el siguiente diagrama de flujo con el apoyo de un cronómetro digital, aplicando el método de lectura continua, el cual consiste en realizar lecturas de tiempo de manera progresiva durante cada etapa del proceso y al llegar al punto final de la observación, se detiene el cronómetro, dando así la lectura del

total de tiempo tomado por el proceso. Tanto la línea de envasado de aluminio (línea 21) como la de hojalata (línea 22) cuentan con un proceso muy similar, el cual se detalla en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 39. **Diagrama de flujo del proceso de envasado de la línea 21**

Diagrama de flujo del proceso

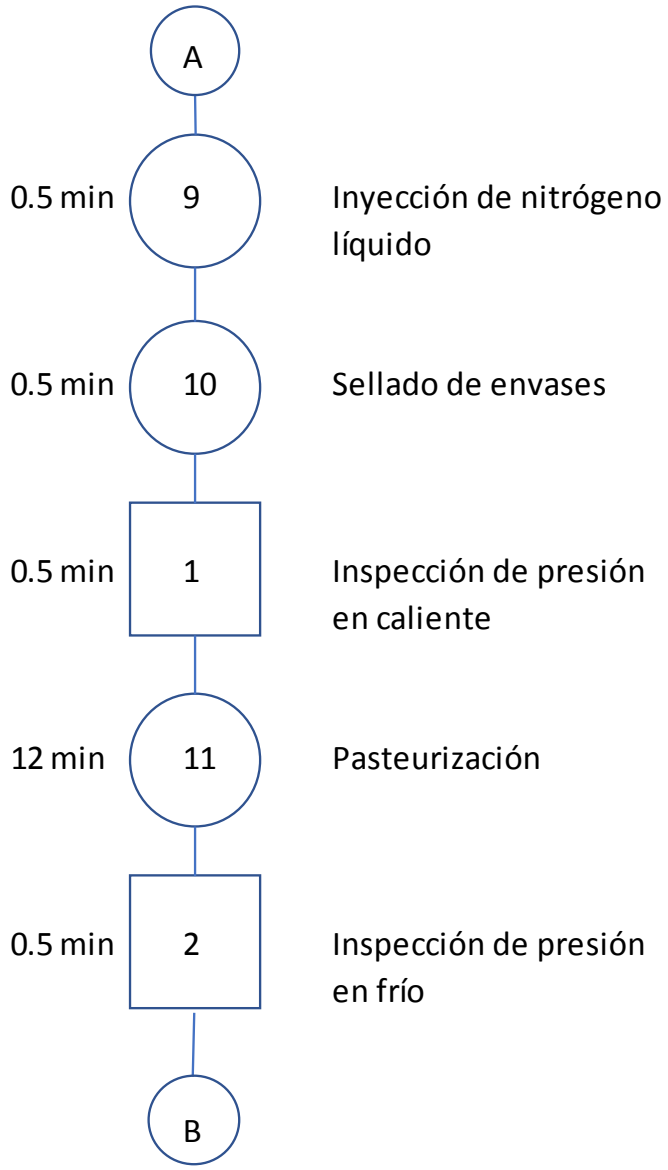
Empresa: Alimentos Kern's, S.A.	Diagrama núm. 1
Línea: aluminio	Método actual
Elaborado por: Walmer Rodas	Hoja 1/4



Continuación de la figura 39.

Diagrama de flujo del proceso

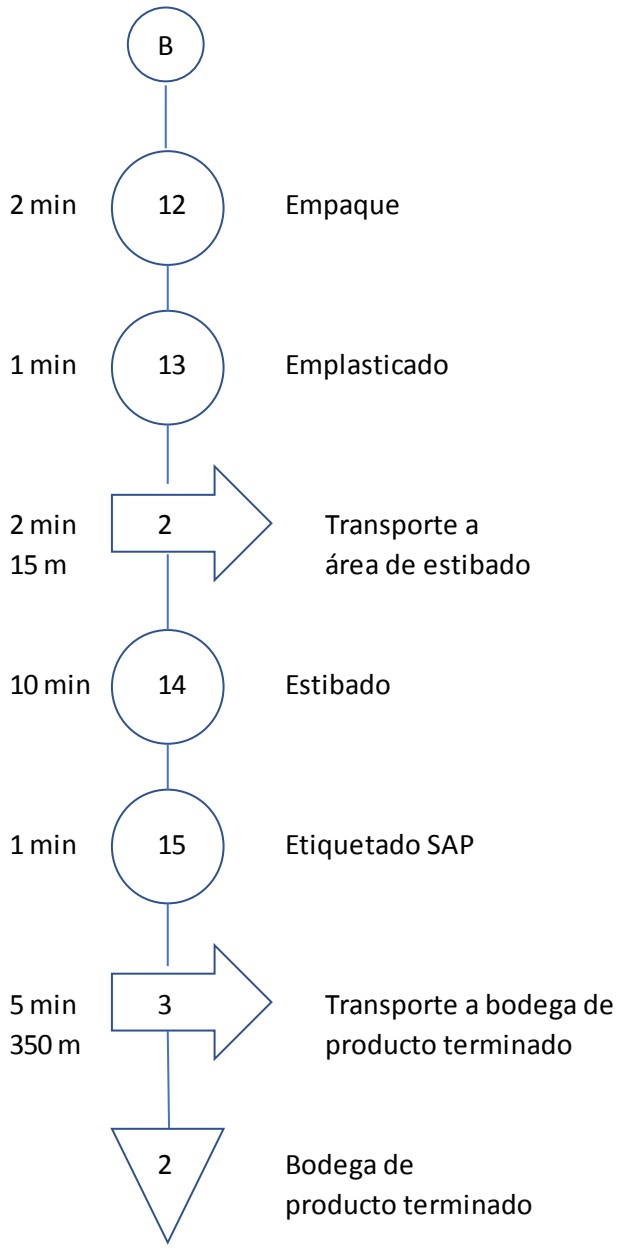
Empresa: Alimentos Kern's, S.A.	Diagrama núm. 1
Línea: aluminio	Método actual
Elaborado por: Walmer Rodas	Hoja 2/4



Continuación de la figura 39.

Diagrama de flujo del proceso

Empresa: Alimentos Kern's, S.A. Diagrama núm. 1
Línea: aluminio Método actual
Elaborado por: Walmer Rodas Hoja 3/4



Continuación de la figura 39.

Diagrama de flujo del proceso

Empresa: Alimentos Kern's, S.A. Diagrama No. 1
Línea: aluminio Método actual
Elaborado por: Walmer Rodas Hoja 4/4

Tabla resumen				
Símbolo	**Acción**	**Cantidad**	**Distancia**	**Tiempo**
	Inspección	2		1 min
	Operación	15		73 min
	Transporte	3	515 m	12 min
	Almacenamiento	2		
		Total	**515 m**	**86 min**

Fuente: elaboración propia.

El diagrama anterior se realiza para visualizar el proceso que se realiza en las líneas de envasado; se destaca que al ser un proceso lineal si se sufre una avería en alguno de los equipos repercutirá en el resto de la operación, pues no existe ningún método que permita afrontar una eventual emergencia.

2.5. Análisis de los factores que afectan la línea de producción

A través de una investigación de campo basándose en observación de la línea, así como el indicador OPI como método cuantitativo para determinar el impacto de las diferentes causas de paro en la cantidad global de producto envasado; se establecen los principales puntos de acción para implementar acciones correctivas y diseñar preventivas.

2.5.1. Pérdidas en puntos críticos del proceso

La confiabilidad en el equipo puede definirse como la probabilidad de que la línea de envasado desempeñe las funciones solicitadas satisfactoriamente, dentro de los parámetros especificados y el tiempo estipulado. Una baja confiabilidad en el equipo puede traducirse como la principal causa de pérdidas crónicas.

Con el objetivo de reducir condiciones que desencadenan paros en la operación de envasado, se deben enumerar y clasificar dichas circunstancias, a través de los siguientes pasos puede reducirse el número de estas situaciones:

- Incrementar la confiabilidad de la línea a través del mantenimiento preventivo.

- Incrementar la restauración del equipo mediante el mantenimiento correctivo.

- Establecer condiciones de óptimas de operación para cada equipo.

La confiabilidad del equipo se puede dividir en dos componentes:

- Confiabilidad Intrínseca

    - Confiabilidad del fabricante

Confiabilidad depositada en el fabricante del equipo, ensamble de componentes, precisión dimensional, clasificación de componentes, respaldo/garantía técnica del fabricante, facilidades para obtener repuestos.

- Confiabilidad de diseño

Difiere de la confiabilidad del fabricante pues obedece el diseño propio del equipo, vida útil de componentes, calidad de materiales de componentes, practicidad del diseño, entre otros.

- Confiabilidad de la instalación

Confiabilidad depositada en el equipo instalador del equipo y las condiciones que se presentan a causa de éste proceso: cimentación, instalación de aislantes para evitar instalación, equipo desnivelado, cableado eléctrico y/o de red dentro de conductos adecuados, instalaciones neumáticas y de diferentes tipos de agua debidamente instaladas e identificadas, entre otros.

- Confiabilidad en operación y manipulación

  - Confiabilidad en operación

La confiabilidad en la operación decrece a causa de la manipulación y/o interacción inadecuada con el equipo por parte del operador, decae en proporción a los errores de ajuste por fuera de parámetros, arranques del equipo con chequeos incorrectos, entre otros factores.

  - Confiabilidad en mantenimiento

La confiabilidad en el equipo se ve diezmada a causa de mal reemplazo de partes, ensamble incorrecto de piezas de repuesto, faltas al programa de mantenimiento preventivo, lubricación del equipo fuera de período, entre otros factores.

Por otro lado, todo equipo está sujeto a una serie de cambios durante el tiempo en el que se encuentra en uso, dicho cambio puede definirse como deterioro y se debe al desgaste por fricción, calor, dilatación, etc., en cada pieza que lo compone. La restauración del equipo trata precisamente de devolver el equipo a sus condiciones originales, cambiando partes y/o mecanismos cuando sea necesario. El deterioro puede clasificarse en dos categorías:

- Natural: directamente provocado por el uso, inevitable mas no, letal para el equipo.

- Acelerado: causado por la interacción con el operador, regularmente ocurre en un corto periodo de tiempo.

Un equipo debe ser inspeccionado constantemente para evitar en lo posible que el deterioro sea definitivo e irreparable, de lo contrario, se incurre en una serie de gastos en reproceso innecesarios, así como una menor vida útil para los componentes del equipo. Para tratar de reducir el tiempo en el que el equipo se encuentra en estas condiciones, es imprescindible contar con la siguiente información:

  - Condiciones originales del equipo
  - Metodología del fabricante para detectar el deterioro
  - Criterio técnico para medir el deterioro
  - Instrucción precisa para la correcta restauración

Una forma muy efectiva de reducir el deterioro es creando procedimientos tales como:

- Limpieza: establecer cómo debe preservarse el equipo y su entorno de trabajo, así como el almacenamiento de las herramientas útiles para la operación y el mantenimiento del equipo.

- Mantenimiento predictivo: a través de un diagnóstico técnico, puede cuantificarse el deterioro de un equipo en términos físicos y/o químicos, al estar fuera de parámetros se debe implementar un mantenimiento preventivo.

El principal objetivo de reducir el deterioro de un equipo es preservar las condiciones óptimas de operación, de tal forma que el equipo puede ser utilizado sin ningún impedimento durante un tiempo establecido. De igual forma, las condiciones necesarias son los mínimos requerimientos para la operación.

Las condiciones óptimas deben ser conocidas para comparar las condiciones de operación y con ello establecer las partes en las que es necesaria una mejora. Como orientación, puede tomarse las condiciones básicas, las cuales son documentadas en manuales de usuario, técnicos, fuentes técnicas, manuales de instalación, detalle de partes, instrucciones de lubricación, de ensamble, entre otros archivos proporcionados por el proveedor.

2.5.2. Pérdidas esporádicas en puntos críticos

En múltiples ocasiones a lo largo de la jornada laboral, la eficiencia del equipo es limitada por pérdidas ocasionales en algún punto de la línea de producción, estas se caracterizan por su poca duración y alta frecuencia. Para menguar dichas pérdidas se establecen las siguientes medidas:

- Reducir tiempos de ocio y retenciones menores: causadas por acumulación de mermas en algún punto del proceso, falta de limpieza constante, obstrucciones y ocio.

- Reducir pérdidas de velocidad: cualquier diferencia negativa entre la velocidad actual del equipo y la velocidad nominal del equipo.

2.5.3. Perdidas por tiempos de preparación

Al iniciar operaciones, posterior a un paro, ya sea programado o imprevisto, se presentan algunos inconvenientes que afectan el desempeño del equipo o la calidad del producto. Con el objetivo de reducir dichos inconvenientes se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Listas de verificación: realizar un listado de los puntos verificables previos al inicio de la operación, tales como: niveles de lubricante, tensión de cadenas y/o fajas, alarmas de sensores, entre otros, ver figura 39.

- Homologación en cambios de formato y/o sabor: acordar con el área de planificación las presentaciones a elaborar durante el mes, con el objetivo de reducir los cambios de formato, o bien programarlos para fines de semana, de igual forma con los sabores, realizar una matriz de cambios compatibles entre sí para reducir el tiempo de cambio entre sabores.

Figura 40. **Lista de verificación de arranque para líneas rápidas**

Lista de verificación arranque líneas rápidas				TPM-LV01-01
Objetivo				
Estandarizar el procedimiento de limpieza de la línea 21.				
Alcance				
Para ser usado por todo el personal de lavadores y producción.				
Equipo	**Verificar**	**Parámetro**	**¿Cumple? Sí/No**	**Notas**
Servicios	Vapor	>80 PSI		
	Aire comprimido	>90 PSI		
	Agua	>60 PSI		
Sanitación	Visual	LIMPIO		
	Luminometria	< 100 URL		
Selladora	Motores de línea			
	Selladora			
	Transportadores			
	Bombas			
	Controladores temperatura			
Nitrógeno	Panel control			
	Dosificación			
	Manómetro	60 -80 PSI		
	Presión interna envase	40 60 PSI		
Detector presión	Encendido			
Codificador envase	Instalación equipo			
	Código			
	Calidad impresión			
Exhauster	Vapor			
	Ventilador			
Enfriador	Limpieza			
	Nivel agua			
	Bombas			

Fuente: elaboración propia.

2.5.4. Pérdidas por tiempos de cambios de formato

Para reducir los errores provocados por la interacción del operador con el equipo, se debe estandarizar y reducir, en la mayor medida posible, los ajustes realizados en el equipo, así como los cambios directamente del área de planificación.

Los ajustes pueden ser provocados por las siguientes circunstancias:

- Ausencia de especificaciones: cuando no se tienen especificaciones técnicas previas, durante y posteriores al cambio de presentación

- Falta de herramienta: tienen lugar en el momento en que no se cuenta con la herramienta especialmente diseñada para realizar el ajuste.

- Ajustes inevitables: existen partes del equipo que, debido al desgaste sufrido, deben ser ajustadas inevitablemente por intervención humana para su apropiado funcionamiento.

- Falta de capacitación: algunos ajustes se llevan a cabo por operadores sin la capacitación técnica apropiada, sino basándose en experiencia empírica obtenida a lo largo del tiempo.

El exceso de ajustes repercute directamente en la eficiencia del equipo, haciendo que esta sea menor, por lo tanto, se debe reducir la frecuencia de los mismos y aumentar su eficiencia. Para reducir la frecuencia se deben seguir los siguientes pasos:

- Propósito del ajuste: debe responder las siguientes preguntas; ¿por qué es imprescindible realizar el ajuste?, ¿puede complementarse con otro posterior?

- Método del ajuste: analizar el método actual a través de los siguientes puntos: orden de los pasos a seguir para el ajuste, número de repeticiones, mediciones y calibraciones previas y posteriores al ajuste, Herramientas a utilizar.

- Causas del ajuste: se debe listar, enumerar y organizar las razones por las cuales se debe realizar el ajuste en el equipo, así como entender las cusas que provocan el desajuste del equipo.

- Alternativas al ajuste: considerar ajustes que puedan realizarse en una misma operación.

En el caso de los ajustes inevitables, puede seguirse una técnica diferente, la cual puede moldearse a través de los siguientes pasos:

- Estandarizar valores de ajuste: realizar un levantamiento de datos con los ajustes más frecuentes, así como definir los valores constantes en los cuales se lleva el equipo a las condiciones óptimas de producción.

- Estandarizar procedimientos: documentar y divulgar los estándares de valores de ajuste, así como los diagramas de proceso del ajuste, la lista de herramientas a utilizar.

- Capacitar a los encargados de realizar los ajustes: a través de la capacitación constante, es posible aumentar la destreza de los operadores y mecánicos del equipo.

2.5.5. Pérdidas por producto no conforme

Es la cantidad de producto terminado o producto no envasado que por diversas causas no supera las inspecciones de calidad, ya sea que no se encuentra dentro de parámetros fisicoquímicos, parámetros de pasteurización o de envasado. Este producto debe ser sujeto a cuantificación para determinar la merma del proceso, y en algunos casos se debe invertir horas de trabajo para reprocesar dichos productos defectuosos, lo que provoca el encarecimiento del producto final.

2.6. Maquinaria y equipo donde se implementará el programa

Para iniciar la implementación del programa, es imprescindible conocer las condiciones actuales del equipo, de esta forma se visualizan los equipos que necesitan mayor atención correctiva para otorgar la prioridad que ameritan.

2.6.1. Condiciones del área de trabajo

El ambiente del área de trabajo en las que implementará el programa, se encuentran como documentos controlado; en dicho documento se aprecia la organización, el orden, la limpieza, la seguridad, los potenciales riesgos y demás factores que se deben analizar mensualmente como parte de los registros de seguridad e higiene de la línea.

2.6.2. Condiciones del equipo y maquinaria

Al no contar con un medio que permita determinar un criterio objetivo sobre el estado del equipo y maquinaria que lo componen. A través de una escala cualitativa se determina, con el apoyo de los operadores, la confiabilidad del equipo, las condiciones generales en las que se encuentra; limpieza, facilidad para operación, seguridad y ambiente.

La escala a utilizar es la siguiente:

- Malo: debajo de las condiciones necesarias de producción, no se recomienda utilizar.
- Regular: debajo de las condiciones necesarias de producción, escasamente aceptado.
- Promedio: cumple a cabalidad con las condiciones necesarias de producción.
- Bueno: sobrepasa las condiciones necesarias de producción.
- Excelente: cumple o excede las condiciones óptimas de operación.

Se utiliza la tabla XXI para evaluar los equipos que componen la línea de producción.

Tabla XXX. **Condición-acción**

Calificación	Condición	Acción
1 (malo)	Muy difícil de operar No confiable No se ajusta a las tolerancias Inseguro de operar Muy alta tasa de desechos No hay mantenimiento preventivo	Requiere atención inmediata Desechos Reconstruir Comenzar con mantto preventivo Mejorar función y seguridad No se hace mantenimiento Limpieza y revisión a profundidad
2 (regular)	Casi aceptable Bajo las normas No es fácil de operar Capacidad limitada Sucio Alta tasa de desechos Muy poco mantenimiento preventivo	Requiere acción temprana Reconstruir Mejorar función y seguridad Mejorar mantenimiento preventivo Limpiar Mejorar inspección
3 (promedio)	Cumple con los requerimientos Relativamente confiable No está en buenas condiciones Capacidad algo limitada Apariencia decente Desechos promedio	Requiere acción Mejorar funciones necesarias Mejorar inspecciones Mejorar mantenimiento preventivo Limpiar No dejar que se deteriore
4 (bueno)	Máquina confiable Buena apariencia Muy poco desecho Todos los mantenimientos preventivos se han realizado Se ha realizado algo de mejoramiento Cumple con todas las normas	Posibles acciones Ajustar los mantenimientos preventivos Seguir inspeccionando los equipos Seguir limpiando/lubricando Mejorar donde sea posible No dejar que se deteriore
5 (excelente)	Perfecta condición Se ve nuevo No hay desechos Se ha mejorado el equipo No hay descomposiciones Se ha realizado mantto preventivo	Utilice como ejemplo Muestre a los clientes No dejar que se deteriore Mantener un registro de mantto preventivo Mantenerlo perfectamente limpio

Fuente: elaboración propia.

2.6.3. Siete pasos necesarios para el nivel cero averías

De acuerdo con el Instituto Internacional TPM, para que el programa de mantenimiento productivo total sea efectivo, debe basarse en el mantenimiento autónomo, el cual tiene como objetivos principales poseer la capacidad de

detectar anomalías antes de que deriven en fallas y con ello reducir el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento autónomo involucra principalmente a los operarios de los equipos, por lo que es indispensable capacitar a la parte operativa en el mantenimiento de las máquinas bajo su cargo, de forma activa y positiva.

A través de una serie de pasos se pretende que, progresivamente, se logre impregne una cultura de cuidado permanente al sitio de trabajo. Cambiar la actitud de las personas involucradas en el mantenimiento autónomo, es de vital importancia para el éxito del programa. La secuencia sugerida por el Instituto Internacional de TPM es la detallada a continuación.

Tabla XXXI. **Pasos sugeridos para la implementación del mantenimiento autónomo**

Paso	Nombre	Actividades a realizar
1	Limpieza e inspección	Eliminación de suciedad, mugre y polvo.
2	Acciones correctivas para eliminar causas que producen deterioro acumulado en los equipos.	Evitar que nuevamente se ensucie el equipo, facilitar su inspección al mejorar el acceso a los sitios que requieren limpieza y control, reducción del tiempo empleado para limpieza.
3	Preparación de estándares experimentales de inspección autónoma	Diseño y aplicación de estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y apriete. Una vez validados, se establecerán de forma definitiva.
4	Inspección general	Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento de equipo a través de la inspección.
5	Inspección autónoma	Formulación e implementación de procedimientos de control autónomo.
6	Estandarización	Estandarización de los elementos a ser controlados, elaboración de estándares de registros de datos, controles a herramientas, moldes, medidas de productos, patrones de calidad, etc. Aplicación de estándares.
7	Control autónomo pleno	Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa. Empleo de tableros de gestión visual, tablas MTBF y tablas Kaizen.

Fuente: elaboración propia.

2.6.4. Uso de la herramienta *hinshitsu hozen* para lograr cero defectos

La herramienta *hinshitsu hozen* (mantenimiento de calidad) es una mejora enfocada, cuyo objetico es crear las condiciones del equipo idóneas en un punto determinado en el que llegar a cero errores es perfectamente factible. A través del mantenimiento de calidad se pretende verificar y cuantificar las condiciones equivalentes a cero defectos regularmente, con el propósito de que la operación de los equipos sea de menor dificultad sin repercutir en defectos de calidad.

Para llevar a la práctica un mantenimiento de calidad se siguen los siguientes pasos para la selladora, pues es el equipo con la mayor oportunidad de mejora:

- Efectuar los mantenimientos necesarios con el fin de obtener un equipo que no genere defectos de calidad.

- Certificar que el equipo se encuentra dentro de los parámetros técnicos para conseguir cero defectos, de lo contrario, volver al paso anterior cuantas veces sea necesario.

- Documentar el proceso productivo del equipo, a través de una bitácora en el equipo seleccionado, cuantificar los defectos que se presenten para prevenir potenciales averías.

En las líneas de envasado en las que se implementó el programa, es posible controlar el producto que incumpla con los estándares de calidad, pues se cuenta con inspectores que verifican dichos parámetros a través de rayos x.

2.6.5. Mantenimiento planificado

El Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) sugiere apoyarse en el mantenimiento planificado para que el TPM sea de mayor eficacia y economía. Para hacerlo sugiere dos etapas, las cuales son las siguientes:

- Predecir el tiempo medio entre fallas:

Tiene como propósito reducir la variabilidad en los intervalos de fallo, tratar de predecir los tiempos en los que aumenta la presencia de fallas y reducir el deterioro acumulado hasta anularlo.

A través del mantenimiento autónomo, reducir errores de operación, negligencias y errores de los operadores, así como preservar las condiciones óptimas de operación.

Es de crucial importancia lograr disminuir el deterioro acumulado de la línea durante esta fase, ya que interviene directamente en el tiempo medio entre fallas, haciendo que este sea variable e impredecible, lo que se traduce como un equipo ineficiente y que presenta una elevación en los costos de operación.

El fin supremo de esta etapa es lograr minimizar la fluctuación en el tiempo medio entre fallas, y que se presente por causa del desgaste natural del equipo. Si se logra que el tiempo medio entre fallas sea predecible, la planificación en los mantenimientos obedecerá directamente al desgaste del equipo; se ahorra de esta forma tiempo de paro, se disminuye el stock de repuestos en bodegas, entre otras ventajas.

- Incrementar el tiempo medio entre fallas

Se debe incrementar el tiempo medio entre fallas a través de la disminución en la frecuencia y duración de los fallos en el equipo con el fin de erradicar las principales causas que aceleran el desgaste y el deterioro del equipo: mala operación, cronograma de conservación mal diseñado o desempeñado incompletamente, adaptaciones por parte de terceros y/o debilidades del diseño original.

2.6.6. Mantenimiento progresivo

Uno de los pilares sugeridos por el Japan Institute of Plant Maintenance es el del mantenimiento progresivo, el cual sugiere establecer en seis pasos:

- Paso 1: identificar el punto de partida del estado de los equipos

Consiste en recopilar la información disponible sobre el equipo, con el fin de crear una base de datos histórica sobre el estado del equipo para diagnosticar posibles problemas. Pueden utilizarse las siguientes preguntas:

  - ¿Se cuenta con la información necesaria del equipo?, manuales de operación, de mantenimiento, manual de piezas del equipo.

  - ¿Existen criterios objetivos para realizar cualificaciones del equipo?

  - ¿Existe una lista que priorice los componentes del equipo?

  - ¿Se han categorizado los distintos tipos de potenciales fallos?

- ¿Se cuenta con historial de averías e intervenciones al equipo?
- ¿Existe un sistema que permita cuantificar el costo del mantenimiento?
- ¿Cuáles son los principales retos del departamento de mantenimiento?

- Paso 2: eliminar el deterioro del equipamiento y mejorarlo

En este paso se pretenden erradicar las principales fallas del equipo, así como implementar acciones que eviten la presencia de averías posteriores; es posible apoyarse en la estrategia de mejora de equipos a través de una rutina, o bien, aplicando el llamado ciclo Deming de mejora continua.

- Paso 3: mejorar el sistema de información para la gestión

No es necesario implementar un software especializado en gestión del mantenimiento, pero sí es imprescindible tener una base de datos a la cual se pueda acceder fácilmente en búsqueda de información sobre los componentes específicos del equipo, así como su histórico en relación a averías, vida útil, lubricantes y/o consumibles recomendados, entre otros. En esta etapa se pretende crear modelos de sistema de información de fallos y averías a fin de buscar reducir dichos inconvenientes previo a la instalación de un sistema de gestión de mantenimiento para cada equipo.

- Como apoyo, se debe contestar la siguiente pregunta: ¿Existe una base de datos que cumpla con los requisitos mínimos de gestión de mantenimiento? histórico de fallas, vida útil de componentes,

tipo de lubricación, frecuencia de cambio de consumibles, entre otros.

- Paso 4: mejorar el sistema de mantenimiento periódico

Si se pretende el éxito en la implementación del programa, es imprescindible establecer un sistema de mantenimiento periódico, pues este es el mejor elemento para crear y fortalecer la disciplina y la cultura de la tripulación de la línea, a través del establecimiento y divulgación de estándares de mantenimiento, listas de chequeo previas a iniciar el turno y arranque de equipos, creación y rotulación de flujos de trabajo, identificación de equipos, piezas y herramientas del equipo, así como definición de estrategias de preservación de equipos para las acciones del equipo de mantenimiento.

- Paso 5: desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo

Se basa en la utilización de herramientas de mantenimiento no destructivas que permiten determinar la condición actual del equipo y con ello predecir el momento óptimo para realizar el mantenimiento de mayor conveniencia. Se crean y divulgan diagramas de flujo de trabajo, así como se recomienda un listado de equipo especializado para la aplicación de un mantenimiento predictivo.

- Paso 6: desarrollo superior del sistema de mantenimiento

Se apoya en procesos *kaizen*, mejora continua basada en mejoras simples pero eficientes y de poco costo, para la mejora del sistema de mantenimiento periódico establecido.

2.6.7. Estrategias para transformar el mantenimiento industrial

Existen diversas estrategias que tienen como fin consolidar el sistema de mantenimiento industrial, entre las más destacadas es posible mencionar las siguientes:

- Dirección de actividades de mantenimiento: acciones establecidas para que se efectúe el mantenimiento a nivel operativo, tanto por los operadores de los equipos como el personal técnico de mantenimiento, se recomienda consultar material brindado por la casa fabricante del equipo.

- Dirección de la tecnología de mantenimiento: acciones cuyo propósito es realizar el mantenimiento de los componentes del equipo en el momento en que sea idóneo hacerlo, pues parte de la planificación de los equipos y la especificación de las actividades a llevar a cabo, se recomienda consultar material brindado por la casa fabricante del equipo.

2.6.8. Fases para el éxito del mantenimiento productivo total

Las fases por las cuales de pasar el programa para que su implementación sea exitosa, son las siguientes:

- Premisas base: se refiere a los cimientos sobre los cuales se construye el sistema de mantenimiento productivo total; es fundamental que el apoyo proceda desde la gerencia y jefaturas interesadas; de esta forma la resistencia al cambio es menor, pues cuenta con el apoyo de una directriz.

- Gestión del conocimiento: se refiere a la secuencia de pasos necesarios a seguir para conseguir que los operadores posean y ejecuten las competencias adquiridas; de esta forma, el conocimiento será permanente y se conseguirá que sea el centro de la cultura de la organización y fuente de las competencias de la empresa.

- Pilares del TPM: son los procesos imprescindibles del TPM, es decir, una serie de actividades operativas que se deben ejecutar para obtener los resultados deseados. Estas actividades deben realizarse en forma consecuente, según la metodología que establece el JIPM, con el fin de asegurar los beneficios. Esta es la fase de mayor importancia, pues uno de los cambios más drásticos consiste en involucrar al personal operativo en labores de mantenimiento; se debe inculcar en los operadores el hábito de cuidar su equipo; respetar las áreas de operación; conservar el orden y limpieza en el espacio de trabajo, paralelamente, se debe capacitar técnicamente a dichos colaboradores para asegurar que es posible confiar tareas de mantenimiento autónomo en ellos.

- Políticas de dirección: está directamente relacionado con la primera fase y concluye el círculo. Se debe establecer un sistema que involucre a toda la organización y encause la cultura organizacional hacia el objetivo trazado por la alta dirección de la compañía.

2.7. Preparación y capacitación al personal para implementación del sistema TPM

Es clave para el éxito de la implementación del sistema, que previo a su implementación se inicie adecuadamente la capacitación y divulgación de los beneficios del TPM, tanto para la empresa, como para los operadores, ya que

con estas acciones se reduce en una medida la resistencia al cambio, manifestándose a través de diferentes objeciones a las soluciones del sistema. Con el objetivo de reducir la resistencia al cambio se recomiendan las siguientes medidas:

- Fomentar la participación: los operadores de los equipos serán los principales beneficiados y el elemento clave para el éxito del programa, dejar de lado su opinión y/o no involucrar a todo el equipo ocasionará resentimiento dentro de los grupos y aumentará la resistencia al cambio.

- Determinar la necesidad del programa: es necesario determinar las necesidades de la línea para que todos los involucrados tengan conocimiento de las deficiencias que es necesario disminuir. Posteriormente cuantificar dichas pérdidas en términos efectivos para que operadores y administradores dimensionen las pérdidas asociadas a la falta de un adecuado programa de mantenimiento.

- Reforzar el programa a través del liderazgo informal: en cada grupo surge un líder naturalmente, a pesar de que no cuente con un respaldo formal, sus decisiones y comentarios son tomados con mayor atención y ejecutados con menor resistencia, pues no se considera una imposición arbitraria de parte de un ente externo. Partiendo de este principio, se debe identificar a estos líderes informales y convencerlos de los beneficios del sistema, de esta forma se vence de forma significativamente la resistencia al cambio en un grupo numeroso.

- Dignificar a las personas: uno de los mayores motivadores es el trato igualitario; esto va de la mano con la dignificación del trato en las relaciones con los operadores; de esta forma, a pesar de contar con

recursos limitados para ejecutar sus labores, las personas incrementan su productividad.

- Manejar la resistencia de forma directa: a pesar de todas las estrategias anteriores, en ocasiones la resistencia se torna inmanejable, para estos casos se recomienda lo siguiente:

  - Diseñar un programa de disuasión.

  - Crear estímulos positivos si se cumple con los tiempos y pasos del programa (recompensas).

  - Adaptar el programa a las objeciones necesarias, sin perder de vista el objetivo final.

  - Con el apoyo de recursos humanos, planificar actividades que persuadan de forma positiva y sea más aceptable el cambio.

2.7.1. Formación y entrenamiento

Se pide que en la formación y entrenamiento de los operadores se aproveche el conocimiento empírico que poseen, siguiendo esta línea, se pueden enumerar las siguientes actividades como la forma más efectiva de asimilar el conocimiento.

- Conservar el conocimiento: documentar el conocimiento de los operadores de los equipos y personal de mantenimiento a través de bitácoras de fallas y su respectiva solución, así como elaborando un manual de correcta operación. Registro de parámetros establecidos para

determinados equipos, así como, materiales recomendados por el fabricante con su respectiva ficha técnica.

- Adquirir nuevo conocimiento: involucrar al personal de mantenimiento y operativo en seminarios y capacitaciones; los proveedores de maquinaria pueden ofrecerla como parte de la adquisición del equipo; si no es posible la participación en seminarios, puede realizarse un entrenamiento *in situ* con la participación de los operadores y el personal de mantenimiento a manera de homologar el conocimiento operacional y que este sea aprovechado por los operadores con menos experiencia. Es aconsejable involucrar a más departamentos como control de calidad y almacenes para que con su punto de vista enriquezcan la experiencia, pues pueden brindar comentarios que involucren directamente sus departamentos.

- Crear nuevo conocimiento: fomentar la experimentación en el área de trabajo, continuando con la práctica de documentar en bitácoras las fallas nuevas con su respectiva solución; de esta forma, se estimula el autodesarrollo, tratando de involucrar nuevas tecnologías, basado en diálogos creativos y desde diferentes puntos de vista aportando objetivos para la innovación.

- Transferir el conocimiento: documentar los parámetros óptimos de operación del equipo y publicarlos en lugares cercanos a los equipos para que sean la primera contingencia en caso de falla, a través de herramientas de nuevas tecnologías, divulgar el conocimiento. Se realizan talleres de entrenamiento a personal que desee adquirir dicho conocimiento.

- Utilizar el conocimiento adquirido: consultar las bitácoras de fallas soluciones en caso de una falla similar. A través de reconocimientos públicos, estimular la utilización de las herramientas implementadas, así como evaluando periódicamente las competencias necesarias para la ejecución del puesto.

Después de ejecutar las actividades anteriormente descritas para consolidar el conocimiento, se deben seguir los siguientes pasos con el propósito de establecer una buena formación y un conocimiento homogéneo en todos los operadores.

- Paso 1: fijar un punto de partida: no se puede avanzar si no se conoce desde dónde se parte, es necesario evaluar el conocimiento actual para determinar las áreas de mayor oportunidad y en las que es más preciso actuar.

- Paso 2: determinar la ruta óptima a seguir: basándose en la condición actual, determinar cuál es el mejor sistema de entrenamiento para la mejora de las habilidades de mantenimiento y operación de los equipos en el tiempo más óptimo.

- Paso 3: puesta en marcha del plan de entrenamiento: iniciar con el desarrollo práctico del programa determinado en el paso dos.

- Paso 4: planificar un programa a largo plazo: desarrollar un programa de entrenamiento a largo plazo, en el que puede incluirse nueva tecnología de forma gradual con el objetivo de automatizar las actividades que sean posibles.

- Paso 5: consolidación de una cultura de desarrollo voluntario: a través de la facilitación de material didáctico, recursos de auto formación, patrocinio a actividades de formación. Partiendo del paso uno, establecer metas individuales de auto formación.

- Paso 6: medir periódicamente el avance: realizar evaluaciones periódicamente (trimestral o semestralmente), a fin de cuantificar el avance obtenido por el personal. Reconocer públicamente a los operadores que obtengan mayores avances.

2.7.2. Empoderamiento de los operadores con sus equipos de trabajo

Al lograr la implementación de un programa de mantenimiento autónomo, se obtiene, entre otros beneficios, un ambiente más inocuo y seguro para los operadores, ya que al eliminar elementos que no se necesitan se libera espacio y se reducen riesgos. Al asignar una ubicación idónea para cada herramienta o material de trabajo, se reducen los esfuerzos innecesarios realizados por el operador; de la misma forma como los trayectos para obtenerlos se reducen y con esto disminuye el riesgo de accidentes.

Otro de los beneficios de la implementación del mantenimiento autónomo es la creación de un mayor compromiso con la calidad del producto; comparando los equipos y el producto en intervalos de tiempo establecidos, se consigue una evaluación permanente tanto de los parámetros del equipo (tales como nivel de lubricación, temperatura, ruido, entre otros), como de los parámetros del producto en esa estación (integridad del cierre, temperatura de pasteurización, codificación correcta, entre otros). Estas prácticas de trabajo establecen en el personal operático una cultura de apego hacia los

procedimientos, ya que se utilizan para comprender su necesidad, así como no contar con ellos implicaría un mayor coste en posteriores reprocesos.

2.7.3. Hojas de control para reuniones, capacitaciones y cursos

Es necesario contar con el control de los asistentes a las capacitaciones, reuniones y cursos realizados en el marco del proyecto; de esta forma puede saberse el personal que será referente para el desempeño del proyecto, así como los principales puntos de mejora del grupo de colaboradores. A continuación, la hoja de registro de asistencia a la capacitación.

Tabla XXXII. **Registro de asistencia**

Departamento de producción	Código:
Registro de programas de capacitación	Versión: 01
	Fecha:
	Lugar:

Instructor (es):	Coordinador de actividad:
Nombre y objetivo de la capacitación:	
Evaluación:	Fecha:

Cod	Nombre del colaborador	Departamento	Firma

Fuente: elaboración propia.

2.8. Sistema TPM para línea de producción

Con el objetivo de mitigar las fallas anteriormente mencionadas y afrontarlas desde la perspectiva del mantenimiento preventivo, se procede a elaborar las siguientes rutinas de mantenimiento, que en conjunto con el plan maestro de mantenimiento, componen el sistema TPM para la línea 21. Es importante recalcar que por motivos de confidencialidad únicamente se publican las rutinas para la selladora, las rutinas para el resto de los equipos se trabajan como copias controladas dentro del departamento de mantenimiento. Se priorizan las rutinas de la selladora dado que es la máquina líder de la línea y la que más oportunidades de mejora presenta.

2.8.1. Rutinas de mantenimiento

A continuación; se describen las rutinas de mantenimiento en las frecuencias diaria, semanal, mensual, bimensual, trimestral, semestral y anual, así como los responsables de su ejecución.

2.8.1.1. Rutina de mantenimiento diario

A continuación, se presentan las actividades diarias del sistema TPM.

Tabla XXXIII. **Rutina de mantenimiento diario de selladora**

Departamento de mantenimiento **Manual de mantenimiento productivo total** **Líneas rápidas**	**Rutina de mantenimiento diario, selladoras 60L**			
Título	Área	Código		
Mantenimiento preventivo mecánico	Llenadora	TPM-MP003-1		
Check list de mantenimiento diario			Se realizó	
Núm.	**Descripción de la actividad**	**Responsable**	**Sí**	**No**
1	Revisar mesa de chuck	Mecánico y operador de serlladora		
	a. Revisar que la mesa del chuck gire libremente			
2	Revisar chucks			
	a. Revisar que chucks no presenten juego ni haya tornillos sueltos			
	b. Revisar por desgaste irregular en superficie de campana de chuck			
	c. Revisar pared de chuck para prevenir posibles raspaduras en engargolado			
3	Revisar depósitos de nivel de aceite de engranaje	Lubricador		
	a. Eje principal			
	b. Cadena de alimentación de envase			
4	Revisar nivel de lubricación en transferencias			
	a. Verificar que acoples no se encuentren flojos y/o desajustados			
	b. Verificar que no existan roturas en transferencias de lubricante			
5	Revisar frecuentemente una muestra de envases para inspeccionar engargolado; de primera y segunda operación, con el fin de que características estén dentro de parámetros.	Control de calidad		
	a. Revisar el grosor del engargolado, altura, pliegue del cuerpo del envase, pliegue de la tapa, traslape entre envase y tapa y la presurización del envase			
	b. Registrar los datos obtenidos tomando como referencia el estandar dado por el proveedor, esto proveerá información al momento de hacer ajustes por mantenimiento y/o retomar después de una corrección rápida			
	c. El Personal de control de calidad debe de revisar el cierre completo de un juego de latas continuamente basado varias veces al día y mantener un historial con estos datos.			
Nota	Estos ajustes pueden realizarse en unos pocos minutos al inicio de producción y puede prevenir cualquier inconveniente que desemboque en un problema mayor a lo largo del día			
	El punto 8 debe realizarse por parte del departamento de control de calidad, se recomienda una frecuencia de una vez cada hora.			
Código	Fecha	Nombre		

Fuente: elaboración propia.

2.8.1.2. Rutina de mantenimiento semanal

A continuación, se presentan las actividades a realizar semanalmente como parte del sistema TPM; esta es la rutina más completa y una de las que mayor importancia debe otorgarse ya que prolongará el tiempo de vida del equipo.

Tabla XXXIV. **Rutina de mantenimiento semanal de selladora**

Departamento de mantenimiento Mantenimiento preventivo	Rutina de mantenimiento semanal, selladora 60L			
Mantenimiento semanal			Se realizó	
Núm.	**Descripción de la actividad**	Responsable	Sí	NO
1	**Revisar alineación de guías de alimentación de envase hacia estrella**	Mecánico y operador de selladora		
	Revisar uniones de transferencia de envase en los siguientes puntos:			
	a. Transferencia de envases de llenadora hacia cadena de entrada			
	1. Altura de cada envase en relación a la mesa de entrada a la selladora			
	2. Sincronización de cadena de transferencia de envase			
	3. Ajuste de guías de transferencia de envase			
	b. Revisar que los envases pasen por los sensores sin interrupción			
	c. Revisar que la transferencia de envases sea sin interrupción de la cadena de alimentación hacia la torreta de alimentación			
	d. Revisar que envases entren al engargolado sin interrupciones; verificar que no existan interferencias en la caída de tapa, entre latas y cubiertas, entre torreta de alimentación y cadena de dedos o mesa giratoria			
	e. Revisar que no exista interrupción entre envases engargolados y transportador de salida de selladora			
2	**Chequear guías de estrella de entrada de envase**			
	a. Juego vertical (podría ser causado por desajuste de los soportes o desgaste)			
	b. Exceso de presión en primera o segunda operación (podría ser causado por desajuste de los soportes o desgaste)			
	c. Chequeo de rodillos de primera operación de engargolado en punto alto. Asegurarse que los rodillos de engargolado no tengan contacto con Chuck. Los rodillos deben girar libremente sin arrastre y sin tener contacto con el Chuck de engargolado			
	d. Chequeo de rodillos de segunda operación de engargolado en punto alto. Asegurarse que los rodillos de engargolado no tengan contacto con Chuck. Los rodillos deben girar libremente sin arrastre y sin tener contacto con el Chuck de engargolado			
3	**Revisar que tapa y mecanismo de knockout estén centrados**			
	a. Posición de la mesa y que haya suficiente espacio en la entrada de envase			
	b. Varilla de Knockout no tenga ninguna interferencia para rotar			
	c. Verificar que el tornillo de la campana de knockout no se encuentren flojo			
	d. Sincronización con la mesa del Chuck, base de la campana de la varilla de knockout debe aplicar suficiente presión en la cubierta mientas que el envase y la tapa son llevados hacia el engargolado			
	e. Cepillar con aceite en varilla de Knockout, asegurarse de conseguir una			
4	**Magazín de tapa**			
	Revisar que juego vertical en punto de presión de engargolado se mantenga en rango de 0.003 y 0.005 pulgadas (0.076 y 0.13 mm)			
	b. Asegurarse que todos los tornillos, tuercas, tornillos de ajuste y/o pasadores se encuentren con la presión correcta			
	Revisar en qué estado se encuentra la faja dentada, reemplace si necesario.			
	Revisar el estado del desgaste de los engranajes donde corre la faja dentada, reportarlo.			
	Revisar condición del disco alimentador, revise los empujadores de tapa de imanes.			
	Desarmar magazín para limpieza, revisión y lubricación cambiar cojinetes si es necesario	Mecánico y lubricador		
5	**Revisar que el magazín esté asegurado al alimentador de tapa**	Mecánico y operador de selladora		
6	**Mecanismo del centrador de tapa y el botador de tapa**			
	3a) Posición del controlador de tapa y claridad.			
	3b) El tornillo del controlador de tapa debe de estar ajustado.			
	3c) La flecha del controlador debe de moverse libremente.			
	3d) La Sincronización con la leva de los elevadores el controlador de tapa debe de aplicar un poco de presión en la tapa cuando la lata Y la tapa se encuentran con el Chuck de cierre A 90°			
	3e) Verifique si está lubricando la brocha de la flecha.			
7	**Acarreador de tapas**			
	a) Revise el acarreador de tapas por desgaste o tornillos quebrados, doblados o flojos			
8	**Marcador rotativo**			

Continuación de la tabla XXXIV.

	a) Revisar el retenedor del dado marcador que este bien asegurado y el dado marcador	Mecánico y operador de selladora		
9	**Revisar el recorrido del mecanismo de presión**			
	a. Posición del mecanismo de presión			
	b. Revisar posición y espacio de la campana			
	c. Revisar recorrido del alimentador de tapa, 4L630, y plunger, 4L682, deben moverse libremente en los agujeros correspondientes en el platillo de alimentación			
10	**Alineación y tiempo al contacto con la lata**			
	Revisar el tiempo en todas las torres al contacto con las latas y tapas:			
	a) Torre de tapas y la torre de cierre.			
	b) Torre de cierre y torre de descarga.			
	c) Cadena de dedos y la torre de alimentación.			
	Revisar la posición de las campanas de guías de tapas al Chuck de cierre.			
	a) Revisar todas las estaciones por tensión o forzamiento de tapas al encuentro con la lata a 90°			
	b) Revisar el alineamiento de la lata con la guía interna de entrada y la guía de entrada y salida.			
	c) Revisar la cadena de dedos por desgaste o dedos doblados			
11	**Revisar la sincronización de todos los cabezales**			
	a. Revisar la alimentación de tapa hacia la estrella de entrada			
	b. Revisar que la caída de tapa de la estrella de entrada no tenga ninguna interferencia			
	c. Cadena de dedos de alimentación de envase y estrella de entrada			
12	**Revisar la posición de las guías de las campanas de los chucks**			
	a. Revisar presión de cada cabezal			
13	**Mesa del Chuck**			
	a. Remover parte trasera de la parte baja de la guarda, 3L654			
	b. Revisar los rodillos del cabezal, 3P229A, sin abolladuras ni grietas y que gire libremente			
	d. Con el espaciador revisar presionando hacia abajo en la mesa del Chuck L627, moviéndolo varias veces para asegurarse que no exista atasco en o bloqueo			
	e. Revisar por desgaste y tornillos flojos.			
	f. Los baleros deben de girar libremente si no están usando elevadores engranados.			
	g. Revisar la leva, pernos y los Rodos por desgaste			
14	**Rodos de Cierre**			
	a. Asegurarse que los rodos de cierre no tengan contacto con la pestaña del Chuck y que tenga el espacio adecuado por abajo de la pestaña del Chuck 1ra operación 0.003, 2nd operación 0.006.			
	a) Juego vertical (Puede ser causado por baleros, desajustes o desgastes)			
	b) Juego Excesivo (causado por desajustes, baleros o pernos desgastados)			
	c) Revisar el rodo de cierre de la 1ra op en la parte alta de la leva de 1ra operación, asegurarse que el rodo no contacte la pestaña del Chuck. y los rodos deben girar libremente sin rosar o tener contacto con el Chuck			
	d) Revise el rodo de cierre de la 2nd op en la parte alta de la leva de cierre de la 2nd op. Asegurarse que los rodos no contacten o rosen la pestaña del Chuck y que tenga la claridad adecuada entre la pestaña del Chuck y el rodo			
	e) Revise las pestañas de los Chuck por quebraduras, raspones, rayones adherencia de metal esmalte o aluminio			
	f) Revise por apariencias inusuales de desgaste en la pestaña del Chuck de cierre			
	g) Examine la circunferencia del borde interno de un set de latas después del cierre por apariencias inusuales			
15	**Ajustes de Botones de seguridad**			
	a) Revise los siguientes controles de seguridad en una orden de trabajo para una acción adecuada.			
	Transmisión de cerradora y llenadora			
	Embrague de seguridad embragado			
	Botón de paro de emergencia (la cerradora debe de parar una lata por cada 100 LPM)			
	Botón de paro normal (La cerradora Debe de parar lentamente)			
	Sensor de embrague de la cadena de alimentación de latas			
	Sensor del riel de salida			
	Sensor del apilador de tapas			
	Sensor de todas las puertas			
	Sensor de la manivela (handwheel)			

Continuación de la tabla XXXIV.

16	**Mecanismo para activar la palanca y polea**	Mecánico y operador de selladora		
	a) Posición para activar la palanca			
	b) Claridad en el pasador para activar la palanca.			
	c) Inspeccione el Collarín del Clutch 4L60 por Desgaste Y los Pernos del Collarín 12L628 & 13L628 y los Bloques Del Collarín 5L630 deben de tener un movimiento libre			
17	**Chequear la correcta operación y ajuste de todos los controles automáticos y de seguridad**			
	a. Verificar clutch de seguridad de manejo de llenadora			
	b. Verificar clutch de seguridad de cadena de alimentación de envase			
	c. Verificar switch de sensor de descarga de caída de tapa			
	d. Verificar sensor de alimentación de tapa			
18	**Lubricar manualmente la polea del motor cada dos semanas. La polea debe correr toda la faja al menos una vez a la semana**	Lubricador		

Código	Fecha	Nombre

Fuente: elaboración propia.

2.8.1.3. Rutina de mantenimiento mensual

A continuación, se presentan las actividades mensuales del sistema TPM.

Tabla XXXV. **Rutina de mantenimiento mensual de selladora**

Departamento de mantenimiento Mantenimiento preventivo	Rutina de mantenimiento mensual, selladora 60L			
Mantenimiento mensual			Se realizó	
Núm.	Descripción de la actividad	Responsable	SÍ	NO
1	**Extensión de la mesa de alimentación de envase**	Mecánico y operador de selladora		
	a. Remueva la guarda que cubre la cadena de alimentación, revisar en búsqueda de signos de desgaste			
	b. Revise los sprockets por ralladuras y/o desgaste en la superficie			
	c. Revise la cadena de alimentación en búsqueda de dedos doblados y/o desgaste. Centrar la cadena a 6 pulgadas (152.4 mm)			
2	**Ensamble de la cubierta de alimentación**			
	a. Revisar separadores por ralladuras y/o filo			
	b. Revise por posibles endiduras en el magazín de tapa			
	c. Revisar y sincronizar tiempos			
3	**Transmisión con embrague de seguridad:**			
	a) Revisar los resortes del embrague 14L640.			
	b) Revisar el collarín del embrague 9L697.			
	c) Revisar los engranes de la transmisión.			
	d) Revisar el collar de la flecha de la transmisión 18L653			
4	**Mesa de la cadena de alimentación y descarga:**			
	Revisar por donde corren las latas en las siguientes partes por apretura, Interferencias o partes uniformes:			
	a) Transferencia de latas de la llenadora a la cadena de alimentación altura de cada elevador de la llenadora con relación a la mesa de alimentación de la cerradora.			
	El tiempo en la trasferencia de latas.			
	El ajuste en los rieles de transferencia de lata.			
	b) Ajuste apropiado del sensor de latas			
	c) Las latas cuando son transferidas de la cadena de alimentación a la torre de alimentación.			
	d) Latas entrando a la torre de cierre. Tener cuidado con interferencias con la pestaña de la lata y las guías de tapas entremedio de las latas y las tapas y la torra de alimentación con la cadena de dedos o con la estrella de la torre de alimentación de tapas			
	e) Revisar las Latas al salir de la cerradora			
	f) Inspeccione las sufrideras de la cadena de alimentación.			
	g) Revisar el plato de la mesa de alimentación por ondulaciones y desgaste.			
	h) Revisar la cadena de alimentación por desgaste o dedos doblados la cadena de centro a centro es de 6”.			
5	**Marcador**			
	a) Revisar el desgaste en el dado y los retenedores y que los tornillos estén bien apretados			
	b) Revisar todos los engranes y conexiones.			
	c) Revisar los baleros y las flechas por desgaste.			
	d) Revisar el tiempo.			
6	**Alimentador de tapas:**			
	a) Revisar el disco separador y la navaja por partes quebradas O gastadas.			
	b) Revisar el Magazine por desgaste			
	c) Revisar el tiempo			
7	**Engranajes de tracción parte inferior de selladora**			
	Revise el estado de los engranajes # 6H623, #1H623, # 3H623, #4H623 y reporte sobre			
	a) desgaste o quebradura de los dientes.			
	b) Revise que no existan juegos excesivos en los engranajes.			
	c) Limpie todo el sistema de tracción.			

Continuación de la tabla XXXV.

	e) Revise que los conductos de lubricación de todos los engranajes funcionen correctamente.	Mecánico y operador de selladora		
8	**Estrella de salida de selladora**			
	a) Revise el estado de la estrella y repare o ajuste si es necesario.			
	b) Revise que o existan juegos excesivos en eje y bushing.			
	c) Revise el sincronismo de la estrella si es necesario ajuste.			
	d) Revise el conducto de lubricación de la estrella.			
	e) Realice apriete de tornillos y medias lunas de la estrella.			
	f) Revise el estado del engranaje de la tracción de la estrella, reemplace si es necesario.			
	g) Revise el estado del eje y su cuñas, reemplace si es necesario.			

Código	Fecha	Nombre

Fuente: elaboración propia.

2.8.1.4. Rutina de mantenimiento bimestral

A continuación, se presentan las actividades bimestrales del sistema TPM.

Tabla XXXVI. **Rutina de mantenimiento bimestral de selladora**

Departamento de mantenimiento Mantenimiento preventivo		Rutina de mantenimiento bimensual, selladora 60L		
Mantenimiento bimensual			Se realizó	
Núm.	**Descripción de la actividad**	Responsable	SÍ	NO
1	**Magazin de tapa**	Mecánico de línea y operador de selladora		
	Desmonte y revise estrella alimentadora de tapa.			
	Revise el estado de los imanes empujadores de tapa, reemplace si es necesario.			
	Revise el estado y el ajuste de las guías de tapa, reemplace si es necesario.			
	Revise el estado de los engranajes, reemplace si es necesario.			
	Revisar el estado de la cuchilla del disco separador tapa, reemplace si es necesario.			
	Revise el estado de los cojinetes de la parte de la tracción del magazin de tapa, reemplace si es necesario.			
	Revise el estado de la cuchilla separadora de tapa.			
	Revise que la tapa al caer a la estrella quede a 1/8" del empujador, si es necesario			
	Sincronice por medio de la banda dentada.			
	Revise que la estrella alimentadora de tapas esté sincronizada con respecto a la estrella central.			
	Revise el estado de la banda dentada, reemplace si es necesario.			
	Revise el estado de los engranajes y poleas dentadas, repare o reemplace si es necesario.			
	Revise que no exista desgaste en guías laterales en el magazin de tapa.			
	Revise que funcione correctamente la electrovalvula del disparador de tapa, que no existan fugas de aire.			
2	**Clutch cadena alimentadora**			
	Revisar estado de eje #128L644, #12L644 y los engranajes #20L623, #5L623, # 6L623 ajustar o cambiarlos si es necesario.			
	Revisar estado de sprockets de tracción de bronce #3L624.			
	Cambiar cojinete #154L616, si es necesario.			
	Reemplace o-ring #12L615 y # 40L615 si es necesario.			
	Reemplace las 4 cuñas si es necesario.			
	Revise estado de cadena de dedos, si presenta algún desgaste repórtelo y sincronice la misma.			
	Revise el estado de las partes del clutch # 3L697, #2L697, #48L616, #1L697 Y #8L640.			

Código	Fecha	Nombre

Fuente: elaboración propia.

2.8.1.5. Rutina de mantenimiento trimestral

A continuación, se presentan las actividades trimestrales del sistema TPM.

Tabla XXXVII. **Rutina de mantenimiento trimestral de selladora**

Departamento de mantenimiento Mantenimiento preventivo		Rutina de mantenimiento trimestrasl, selladora 60L		
Mantenimiento trimestral			Se realizó	
Núm.	Descripción de la actividad	Responsable	SÍ	NO
1	**Clutch principal**	Mecánico de línea y operador de selladora		
	Revise el estado de la faja de tracción, reemplace si es necesario.			
	Revisar la polea ajustable del motor, limpiar y verificar el estado de la polea conducida.			
	cambiar las cuñas que le da tracción a la polea si es necesario.			
	Verificar el funcionamiento del volante, ajuste si es necesario.			
	Desarme el clutch completo y revise que no existan desgastes en las diferentes partes principalmente en : collar # 4L630, block collar # 5L630, resortes # 5L640, arandelas # 52L616, # 53L616, # 51L616, balines # 47L616, resortes # 5L640.			
	Revisar la fricción del disco del clutch, reemplace si es necesario.			
	Revise es estado del eje y cuñas, reemplace si es necesario.			
2	**Torre superior**			
	Medir el juego de los cojinetes de los spindles y dejar registro de las mediciones.			
	Si el juego de los spindles es mayor a las 0.012", reemplace los cojinetes.			
	Revise el estado de los retenedores de los spindles, reemplace si es necesario.			
	Revise el estado de los 6 cojinetes, reemplace si es necesario.			
	Revise que no exista desgaste en guías laterales en el magazin de tapa.			
	Revise que funcione correctamente la electrovalvula del disparador de tapa, que no existan fugas de aire.			
3	**Clutch cadena alimentadora**			
	Revisar estado de eje #128L644, #12L644 y los engranajes #20L623, #5L623, # 6L623 ajustar o cambiarlos si es necesario.			
	Revisar estado de sprockets de tracción de bronce #3L624.			
	Cambiar cojinete #154L616, si es necesario.			
	Reemplace o-ring #12L615 y # 40L615 si es necesario.			
	Reemplace las 4 cuñas si es necesario.			
	Revise estado de cadena de dedos, si presenta algún desgaste			
	Revise el estado de las partes del clutch # 3L697, #2L697, #48L616, #1L697 Y #8L640.			

Código	Fecha	Nombre

Fuente: elaboración propia.

2.8.1.6. Rutina de mantenimiento semestral

A continuación, se presentan las actividades semestrales del sistema TPM.

Tabla XXXVIII. **Rutina de mantenimiento semestral de selladora**

Departamento de mantenimiento				
Mantenimiento preventivo	Rutina de mantenimiento semestral, selladora 60L			
Mantenimiento semestral			Se realizó	
Núm.	Descripción de la actividad	Responsable	SÍ	NO
1	**Mesa de chucks**	Mecánico de línea y operador de selladora		
	a. Remueva el plato de la mesa del chuck, L627, revisar que no existan cargadores gastados, L616,			
	b. Revise los ajustes de la corrida de la parte de baja del chuck hasta ajustar a las especificaciones del proveedor			
	c. Revise la alimentación de envase hasta que entra en contacto por la mesa de chuck, debe ubicarse en un rango de entre 0,002 y 0,010 pulgadas (0,254 y 0,05 mm)			
	d. Revise la distancia entre los rodos de engargolado y la campana del chuck, ajustarlo a las especificaciones del fabricante			
2	**Cambio de partes**			
	a. Magazín de tapa por endiduras			
	b. Guías de caída de tapa por endiduras			
	c. Sistema magnético de colocación de tapas			
3	**Torreta de alimentación de latas**			
	a. Remueva la torreta de alimentación de tapa y límpiela completamente			
4	**Cabezales**			
	a. Revisar la superficie de los cabezales, primera y segunda operación			
	b. Revisar los ejes de los rodos			
	c. Revisar el eje de los cabezales y los cojinetes,129L616			
5	**Cambiar lubricación en los siguientes lugares**	Lubricador		
	a. Cuerpo de selladora			
	b. Mecanismo de alimentación de envase			
	c. Regulador de tiempo			
6	**Revisar el clutch de seguridad de la llenadora**	Mecánico de línea y operador de selladora		
	a. Desarmar y reparar			
	b. Revisar y cambiar los siguientes cojinetes			
	(1) 1-7/16 X 1-3/4 X 3 LG #1 endiduras/desgaste			
	(1) 1-7/16 X 1-3/4 X 4 LG #1 endiduras/desgaste			
	(1) 1-7/16 X 1-3/4 X 3/4 LG #1 endiduras/desgaste			
	(1) 1-7/16 X 1-3/4 X 1-1/4 LG #1 endiduras/desgaste			
	c. Revise la cadena y sprocket por desgaste, reemplace los eslabones necesarios			
7	**Spindle de cabezales**			
	a. Revisar por juego vertical los spindle de cabezal, realizarlo después de una corrida de la máquina y antes de agregar lubricación al spindle. Máximo juego permitido 0,003 pulgadas (0,076 mm)	Mecánico/lubricador		

Continuación de la figura XXXVIII.

8	**Revisar eje de cada cabezal**	Mecánico de línea y operador de selladora		
	a. Juego lateral máximo permitido 0,005 pulgadas (0,13 mm)			
9	**Revisar nivel de maquinado. Debe estar dentro de 0,005 pulgadas (0,13 mm)**			
10	**Caja de engranes principales:**			
	a) Revisar el nivel de la Caja Principal con la base máximo 0,005 milésimas			
	b) Revisar el revestimiento del embrague.			
	c) Revisar el alineamiento del embrague.			
	d) Revisar el collarín del embrague por desgaste			
	e) Revisar la arandela cónica y los balines			
	f) Revisar las cuñas por desgaste			
	g) Revisar los bloques del embrague 5L630.			
11	**Leva de cierre:**			
	a) Revisar Las condiciones de la leva de cierre de la 1ra y 2nd operación			
	b) Revisar las condiciones de los rodos y los pernos.			
	c) Revisar las condiciones del perno excéntrico y el buje 129L616 de la leva de cierre de la 2nd op.			
12	**Lubricación de cajas de engranes:**			
	Cambiar el aceite en las cajas de engranes			
	a) Caja de engranes principales.			
	b) Caja de engranes de la cadena de alimentación			
	c) Caja de engranes de la transmisión			
13	**Cabezal de cierre/flechas o ejes de las levas de cierre:**			
	a) Revisar el juego vertical en el cabezal de cierre. Esto debe de hacerse después de un día de trabajo y antes de engrasar los baleros. Juego vertical máximo .003" (.076 mm).			
	b) Revisar las flechas de las levas de cierre por juego lateral, máximo .005.			
	c) Revisar y asegurarse que todos los tornillos tuercas y tornillos de ajuste estén debidamente apretados.			

Código	Fecha	Nombre

Fuente: elaboración propia.

2.8.1.7. Rutina de mantenimiento anual

A continuación, se presentan las actividades a realizar anuales del sistema TPM.

Tabla XXXIX. **Rutina de mantenimiento anual de selladora**

Departamento de mantenimiento Mantenimiento preventivo		Rutina de mantenimiento anual, selladora 60L		
Mantenimiento anual			Se realizó	
Núm.	Descripción de la calidad	Responsable	SÍ	NO
	Desmontar el eje central # 8L644, revise su estado, reemplace si es necesario.	Mecánico de línea y operador de selladora		
	Cambie los cojinetes centrales de la selladora # 26P216, # 15L616, # 16L616, # 14L616, retenedores # 3L615, cuñas # 1L647, # 3L647, # 4L647, # 7L647, # 9L647, # 8L647.			
	Cambie los cojinetes del eje central de estrella alimentadora de tapas # 17L616, # 12L616, retenedor # 6L615, cuñas # 13L647, # 19L647, # 20L647.			
1	**Revise el estado de los engranajes centrales.**			
	Revise el estado de los CAM de 1era y 2da operación y las de las varillas Knock out, reemplace si es necesario.			
2	**Revise el estado de las partes que sirven para bajar y subir la selladora:**			
	Cojinete # 3L616, # 236L616, arandela # 75L616, seguros # 13L617, # 3L617, # 2L617.			
	Engranajes # 9L623, # 7L623, tornillos elevadores # 12L626, # 8L623, ejes # 18L644, # 19L644, cuñas # 21L647.			

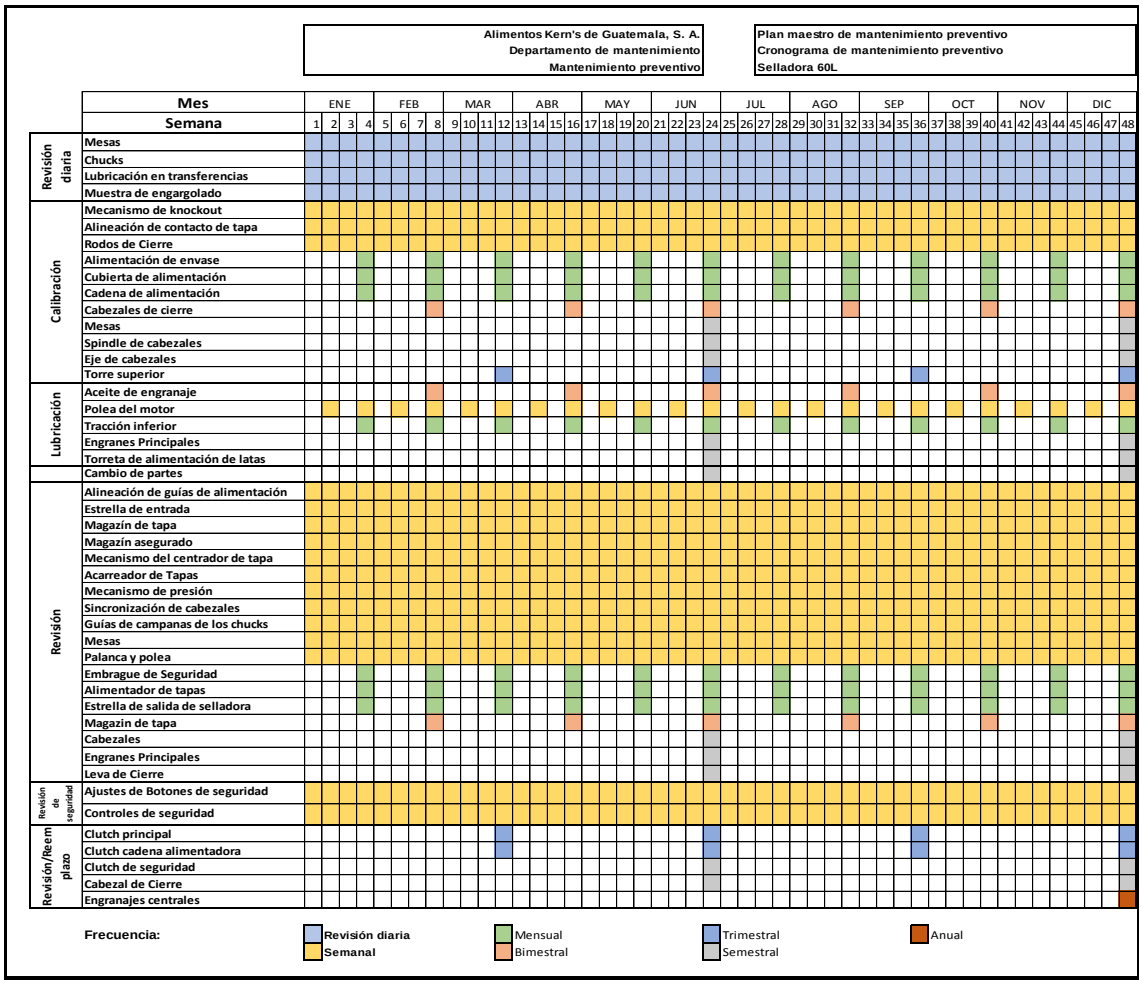
Código	Fecha	Nombre

Fuente: elaboración propia.

2.8.2. Cronograma de mantenimiento preventivo

A continuación, se ilustra el plan maestro sugerido de mantenimiento preventivo de la selladora, para ejecutar cada año, el cual busca sistematizar el registro de los trabajos de mantenimiento y crear una infraestructura de información adecuada para el mantenimiento preventivo.

Tabla XL. **Plan maestro de mantenimiento preventivo de selladora**



Fuente: elaboración propia.

2.9. Plan de implementación del mantenimiento productivo total (TPM)

Para que la aplicación del programa sea efectiva y reducir la resistencia al cambio de parte de los colaboradores, la gerencia tomó la iniciativa de informar las ventajas de una línea que cuenta con un programa de esta categoría y las desventajas de no implementarlo: control de mermas, optimización de tiempos de producción, reducción de tiempos improductivos ocasionados por fallas o

cambios de presentación, aumento de la eficiencia de la línea que se traduce como aumento en el bono por producción para los operadores, aumento en la seguridad e higiene de los puestos de trabajo, mayor inocuidad en los productos terminados, entre otros beneficios de un programa de clase mundial.

Se toma como prueba piloto las dos líneas de mayor constancia de producción, las cuales son las de llenado de néctares en envases de aluminio y hojalata, ya que en estas líneas es posible obtener resultados confiables de la posterior implementación en el resto de la planta, pues se componen de máquinas robustas y pasadas, así como únicamente son sometidas a mantenimiento correctivo. Por otro lado, se toma como objetivo del programa la selladora, pues es en este equipo en el que se presenta la mayor frecuencia de paros, así como los de mayor duración; también, la máquina líder de la línea, es decir, la que marca la eficiencia y la velocidad a la que debe desenvolverse el resto de los equipos.

Como parte del programa, se capacita a los operadores de la selladora y empacadora, pues estos a su vez servirán para capacitar al resto de sus compañeros. Adicionalmente, se envían a un seminario sobre los beneficios del programa, que es impartido por proveedores afines a la compañía quienes acceden a capacitar a los operadores sin costo adicional; en dicho seminario se conoce la metodología seguida por organizaciones en México y Costa Rica para implementar el programa y los resultados que ha otorgado, así como los principales retos a los que se han enfrentado y la forma en la que los han superado.

Al finalizar la fase técnica de este ejercicio profesional supervisado, es posible comenzar a vislumbrar la estabilización y una leve tendencia al alza en

el indicador OPI, se afirma de esta forma que el programa comienza a retornar el esfuerzo invertido.

2.10. Beneficios de la implementación del TPM en línea de producción

Los beneficios se pueden observar en varios aspectos; el más significativo fue el aumento en la eficiencia de la línea, como consecuencia de la reducción de las mermas y reprocesos. Para el operador los beneficios pueden ser palpables en su entorno, pues su área de trabajo se encuentra siempre ordenada y con las herramientas de trabajo en su debido lugar. A continuación, se detalla la mejora observada en algunos rubros al momento de implementar el programa.

2.10.1. Mejora en el indicador OPI

Posterior a la implementación del proyecto, se evalúa la línea de producción por 10 días consecutivos, para que se utilice como comparación con los resultados obtenidos previamente. Los resultados son los siguientes.

Tabla XLI. **Resumen, indicador, OPI día 1**

Día 1	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	185	12,85 %
Paros por averías	25	1,74 %
No orden-no actividad	5	0,35 %
Parada menor	62	4,31 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	12	0,83 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Resumen, indicador OPI, día 2**

Día 2	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	185	12,85 %
Paros por averías	68	4,72 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	34	2,36 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Resumen, indicador OPI, día 3**

Día 3	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	240	16,67 %
Paros por averías	32	2,22 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	37	2,57 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Resumen, indicador OPI, día 4**

Día 4	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	185	12,85 %
Paros por averías	0	0,00 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	85	5,90 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Resumen, indicador OPI, día 5**

Día 5	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	185	12,8 %
Paros por averías	43	2,99 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	48	3,33 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Resumen, indicador OPI, día 6**

Día 6	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	185	12,85 %
Paros por averías	48	3,33 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	39	2,71 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Resumen, indicador OPI, día 7**

Día 7	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	185	12,85 %
Paros por averías	85	5,90 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	34	2,36 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Resumen, indicador OPI, día 8**

Día 8	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	185	12,85 %
Paros por averías	97	6,74 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	21	1,46 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Resumen, indicador OPI, día 9**

Día 9	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	185	12,85 %
Paros por averías	48	3,33 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	43	2,99 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Resumen, indicador OPI, día 10**

Día 10	Minutos perdidos	Impacto OPI
Paros programados	266	18,47 %
Paros por averías	93	6,46 %
No orden-no actividad	0	0,00 %
Parada menor	83	5,76 %
Paro de calidad	15	1,04 %
Paros externos	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

El promedio de OPI posterior a la implementación del proyecto es de 77,9 %, creciendo un 4,2 % respecto a la medición anterior.

2.10.2. Seguridad e higiene en línea de producción

Dentro de las líneas de producción seleccionadas para el proyecto, se observa que cuentan con espacio asignado para utensilios de limpieza, delimitados y enumerados, así como los equipos se ubican rotulados con su respectiva información.

Los consumibles se encuentran debidamente ordenados en los espacios asignados para su almacenamiento, el personal utiliza su uniforme completo y acorde al puesto que desempeñan. Ya no se cuenta con evidencia de comida y/o medicina que se podían encontrar previo al proyecto, las áreas de trabajo se encuentran ordenadas, así como las mangueras y cables se mantienen debidamente enrolladas. Las máquinas se encuentran libres de polvo y grasa, así como las paredes están pintadas y sin grietas visibles, de igual forma; el piso se encuentra limpio pues es el operador de cada equipo el encargado de limpiar cada sección de piso que corresponda a su equipo.

En el rubro de la seguridad industrial, se cuenta con el equipo contra incendios debidamente identificado, así como una camilla de fácil acceso a los operadores; de igual forma, un maletín con equipo de primero auxilios se encuentra en la oficia de supervisores para ser utilizado en caso de ser necesario. Se han suprimido las fugas de vapor y agua de las cuales se tenía conocimiento, así como todos los paneles eléctricos se encuentran bloqueados y cerrados. Al momento de iniciar algún mantenimiento a un equipo, este inmediatamente es acordonado con cintas de precaución para evitar accidentes.

2.10.3. Compromiso y responsabilidad de los operarios

Dentro de los compromisos alcanzados por los operadores, puede enumerarse los siguientes:

- Mayor registro de operaciones
- Ambiente laboral más agradable
- Empoderamiento de los operadores con sus equipos de trabajo
- Mayor sentido de pertenencia hacia la empresa
- Adopción de una cultura de responsabilidad y disciplina
- Mayor apego a las normas y procedimientos
- Aumento en la frecuencia de capacitaciones

2.10.4. Mejora de la calidad del producto

En el aspecto referente a la mejora de la calidad del producto, los principales beneficios alcanzados por el proyecto son los siguientes:

- Establecimiento y divulgación de parámetros ideales para la operación de cada equipo.

- Calibración y divulgación de los parámetros de los equipos.

- Creación de hojas de chequeo rutinarias para los operadores.

- Disminución en el reproceso de producto a través de la temprana detección de producto no conforme.

- Establecimiento de los equipos que causan paros con mayor frecuencia, así como tiempos de paros menos prolongados.

2.11. Costos de la propuesta e implementación

Los costos de la propuesta e implementación se detallan en las tablas siguientes, tanto recursos físicos como humanos. Es importante recalcar el costo implícito que conlleva la no ejecución de este proyecto, el cual puede desglosarse en cantidad de producto no conforme, aumento de mermas, riesgo de accidentes laborales, entre otros.

A continuación, se desglosan los costos por rubro, así como un estimado de la inversión total a realizar.

Tabla LI. **Recursos humanos**

Cantidad	Unidades	Descripción	Precio unitario	Precio total
6	meses	Estudiante investigador	Q 1 500,00	Q 9 000,00
12	horas	Docente asesor	Q 500,00	Q 6 000,00
6	meses	Profesional asesor	Q 4 000,00	Q 24 000,00
			Subtotal	Q 39 000,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla LII. **Recursos tecnológicos**

Cantidad	Unidades	Descripción	Precio unitario	Precio total
6	meses	Depreciación de equipo de cómputo utilizado para el proyecto (computadora tipo laptop, marca Dell, modelo Latitude)	Q 100,00	Q 600,00
6	meses	Depreciación de automóvil utilizado para transporte hacia el lugar de ejecución del proyecto (automóvil tipo Sedán, marca Toyota, Línea Tercel, año 1993)	Q 250.00	Q 1 500,00
6	meses	Depreciación de equipo utilizado para impresión de informes parciales e informe final (impresora por láser, marca Samsung, Modelo SM-400)	Q 150,00	Q 900,00
			Subtotal	Q 3 000,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **Materiales utilizados**

Cantidad	Unidades	Descripción	Precio unitario	Precio total
2	Resmas	Papel bond, tamaño carta, 80 g/m^2	Q 100,00	Q 200,00
10	Unidades	Lapiceros, lápices, borradores y similares	Q 2,50	Q 25,00
6	Meses	Estimado de consumo eléctrico durante el desarrollo del proyecto	Q 50,00	Q 300,00
6	Meses	Estimado de consumo de gasolina por el traslado al lugar del proyecto	Q 150,00	Q 900,00
6	Meses	Viáticos personales	Q 200,00	Q 1 200,00
			Subtotal	Q 2 625,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Inversión total por rubro**

	Descripción	Monto
Sub total	Recurso humano	Q 39 000,00
Sub total	Recurso tecnológico	Q 3 000,00
Sub total	Materiales utilizados	Q 2 625,00
	Inversión total	Q 44 625,00

Fuente: elaboración propia.

NOTA: tipo de cambio 1 USD = 7.35 GTQ

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO

3.1. Situación actual de la empresa

La energía eléctrica se presenta y manipula como corriente eléctrica, es decir, el movimiento de cargas subatómicas negativas (electrones) a través de un medio conductor, regularmente un cable metálico, como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador aplica en uno de sus extremos.

El consumo de energía eléctrica dentro de la planta tiene como función abastecer a los equipos que funcionan con energía eléctrica, así como iluminar los sectores donde se han instalado luminarias con este fin, es en esta segunda función en la que se centra la fase de investigación; proponiendo el cambio de las luminarias actuales (vapor de mercurio) por tubos luminiscentes de diodos emisores de luz (led).

Tabla LV. **Consumo de energía eléctrica de línea 21 durante los últimos 12 meses**

Mes	kWh
oct-15	25 477,61
nov-15	21 823,63
dic-15	3 789,94
ene-16	18 335,18
feb-16	20 963,51
mar-16	18 539,49
abr-16	22 445,84
may-16	23 197,28
jun-16	20 984,45
jul-16	23 133,52
ago-16	24 295,82
sep-16	24 972,96
Promedio anual	**20 663,27**

Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Consumo anual de la empresa en los últimos 5 años

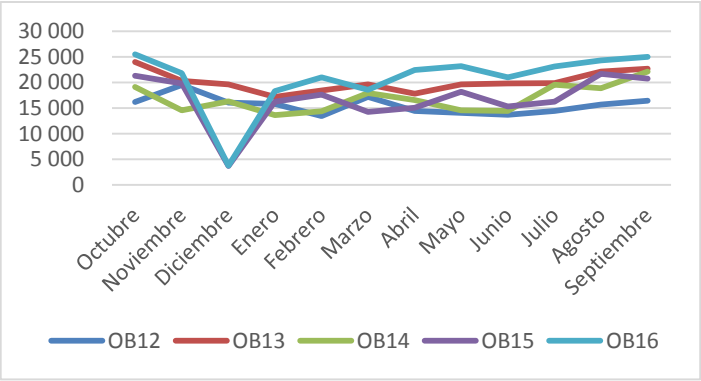
Durante los últimos cinco años se ha detenido la producción parcialmente en los meses de diciembre de cada año, con el fin de que los empleados puedan tomar sus vacaciones en dicho mes. Esto representa una tendencia a la baja en la cantidad de energía eléctrica consumida por la línea 21 en su historial de funcionamiento.

Tabla LVI. **Consumo de energía eléctrica de línea 21 durante los últimos 60 meses**

	OB12	**OB13**	**OB14**	**OB15**	**OB16**
Mes	**kW**	**kW**	**kW**	**kW**	**kW**
Octubre	16163,59	23 992,06	19145,66	21293,20	25 477,61
Noviembre	19465,20	20 325,21	14593,50	19777,79	21 823,63
Diciembre	16070,91	19 616,82	16321,19	3716,63	3 789,94
Enero	15825,94	17 180,70	13641,48	16243,47	18 335,18
Febrero	13416,24	18 440,17	14395,63	17635,67	20 963,51
Marzo	17200,52	19 600,06	17927,52	14267,92	18 539,49
Abril	14460,15	17 804,92	16534,84	15057,13	22 445,84
Mayo	14036,66	19 616,82	14581,84	18178,05	23 197,28
Junio	13691,84	19 821,71	14443,42	15318,58	20 984,45
Julio	14459,98	19 861,62	19543,83	16226,41	23 133,52
Agosto	15678,25	22 119,21	18860,31	21663,67	24 295,82
Septiembre	16421,87	22 657,82	22144,24	20759,20	24 972,96
Promedio anual	**15 574,26**	**20 086,43**	**16 844,46**	**16 678,14**	**20 663,27**

Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Consumo de energía eléctrica de línea 21 en los últimos 5 años**



Fuente: elaboración propia

3.1.2. Variación del precio de la energía en los últimos 5 años

La organización cuenta con un convenio con el proveedor de energía eléctrica a través del cual el precio de kilowatt hora es inversamente proporcional a la cantidad de potencia eléctrica requerida; esto provoca fluctuaciones en los meses de menor demanda; por ejemplo, diciembre donde se suele detener la producción parcialmente por el receso de las fiestas decembrinas. Adicionalmente, se puede observar una tendencia al alza en el precio del kilowatt/hora.

Tabla LVII. **Precio del kilowatt hora en los últimos 60 meses**

	OB12	OB13	OB14	OB15	OB16
mes	$/kWh	$/kWh	$/kWh	$/kWh	$/kWh
oct-11	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13
nov-11	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
dic-11	0,12	0,17	0,18	0,28	0,28
ene-12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12
feb-12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,12
mar-12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
abr-12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
may-12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12
jun-12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13
jul-12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
ago-12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
sep-12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Promedio anual	**0,12**	**0,13**	**0,13**	**0,13**	**0,14**

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Diagnóstico

A través de un diagrama causa-efecto se identifica las principales deficiencias que contribuyen al alto consumo energético. El diagrama causa-efecto se elabora a partir de una lluvia de ideas, respecto a las causas que provocan el efecto a contrarrestar.

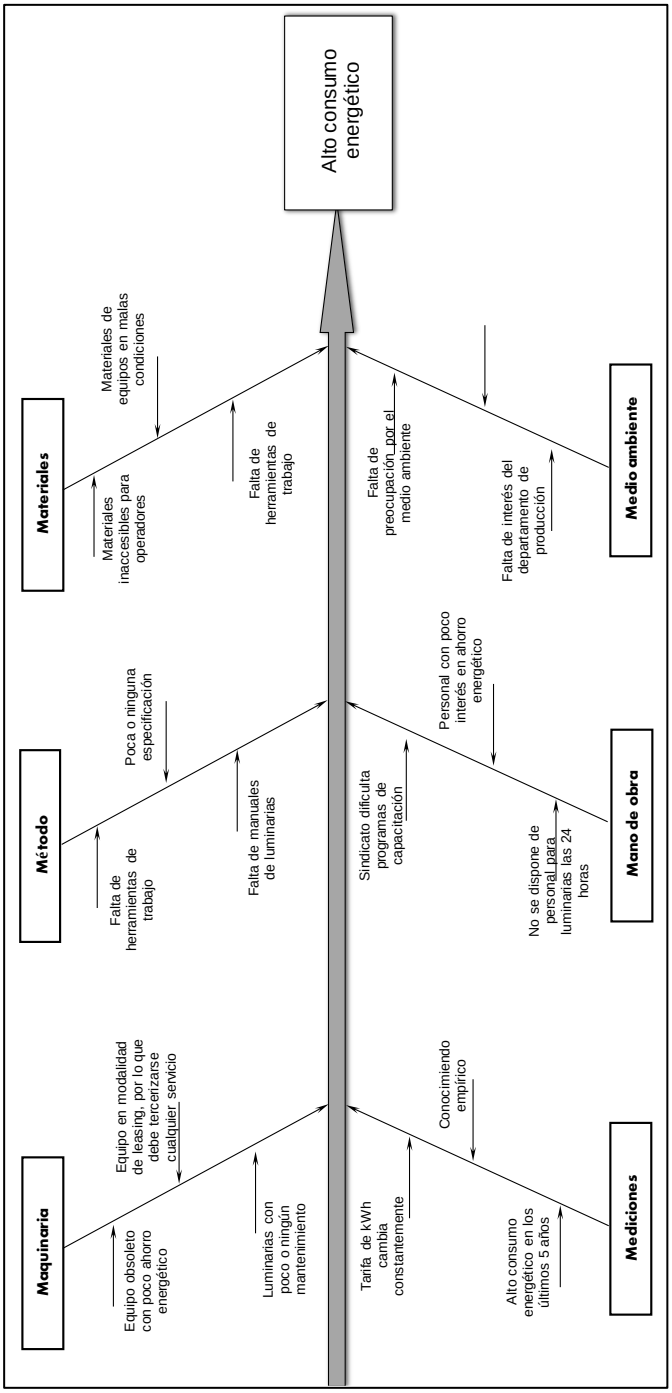
Para realizar este diagrama se utiliza el método de las 6M, el cual consiste en enfocar las causas del problema a resolver desde seis aspectos que interfieren en la producción:

- Mano de obra
- Medición
- Materiales
- Maquinaria

- Medio ambiente
- Método

A continuación, se presenta el diagrama causa-efecto a través del cual se realiza el diagnóstico.

Figura 42. **Diagrama causa-efecto**



Fuente: elaboración propia.

3.2. Plan de ahorro energético propuesto

El plan de ahorro propuesto se basa principalmente en el cambio de las luminarias instaladas actualmente en las líneas de envasado de aluminio y hojalata, por unas de consumo más eficiente, sin disminuir la capacidad lumínica instalada y así evitar repercutir negativamente en el desempeño de los operadores.

De igual forma, se fomenta el uso racional del suministro eléctrico al personal a través de charlas informativas sobre cuál es el valor monetario de mantener conectado a la corriente durante todo el día un aparato que no sea de uso muy frecuente; este conocimiento puede ser útil de igual forma en los hogares del personal.

Así mismo, mediante fichas informativas en los interruptores se les recuerda a los operadores la importancia de mantener las luces apagadas si no están siendo utilizadas; esto es de utilidad como recordatorio y para que cada persona que lo lea tome conciencia acerca de la importancia del ahorro energético.

Figura 43. **Plan de ahorro energético**

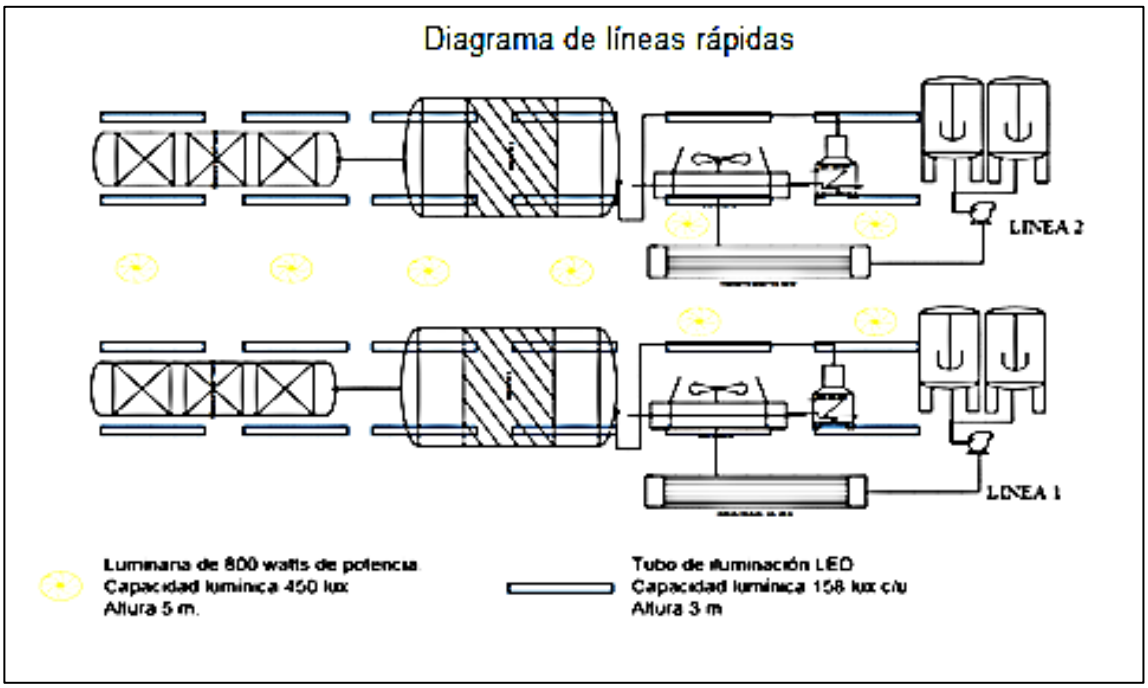
Departamento de mantenimiento	Plan de ahorro energético
Sistema de mantenimiento productivo total	Página 1/1
Actividad de la empresa	
Alimentos Kern's, S.A., es una envasadora de productos alimenticios, específicamente orientada a los derivados de tomate, frijoles procesados y bebidas no carbonatadas.	
Introducción	
Con la información recabada anteriormente, se diseña el siguiente plan de ahorro energético a fin de fortalecer las destrezas del personal operativo y técnico, así como lograr una reducción en el consumo energético de la línea.	
Alcance	
El presenta plan de capacitación es para uso y ampliación del personal operativo y técnico de las líneas rápidas de Alimentos Kern's, S.A., así como sus respectivos supervisores.	
Objetivos	
Objetivo general	
• Reducir el consumo energético a través del cambio de las luminarias actuales por otras de consumo más eficiente.	
Objetivos específicos	
• Analizar luminarias en el mercado que sean más eficientes y con la misma capacidad lumínica. • Comparar el ahorro en el consumo eléctrico que representa el cambio de luminarias con el actual y determinar el porcentaje de ahorro. • Capacitar al personal del área acerca del uso correcto del suministro eléctrico.	

Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Alcance del Plan de ahorro energético

El plan se basa en el área de llenado, envasado, pasteurizado y empacado de bebidas de aluminio y hojalata; puntualmente, se pretende cambiar las ocho luminarias incandescentes de 400 watts de potencia, por diez lámparas tipo led de 175 watts de consumo cada una. A continuación, se presenta el diagrama de instalación en ambas líneas.

Figura 44. **Diagrama de líneas rápidas**



Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Desarrollo del plan de ahorro energético

Al tratarse de un servicio tercerizado, el manejo de la energía eléctrica dentro de la organización ha sido administrado sin la búsqueda de mayor oportunidad de mejora; sin embargo, al ser una empresa que busca certificarse como carbono neutral en el año 2020; la energía eléctrica es uno de los rubros más importantes a tomar en cuenta para acercarse a este objetivo. Por lo anterior, se ve de buena manera que a través de un cambio de luminarias en la planta y alrededores se logre percibir un ahorro en el mediano plazo. Se plantea esta medida pues ya se cuenta con la última tecnología en otros rubros de la planta: planta de tratamientos de aguas residuales y compresores de última generación en modalidad *leasing*.

Si se aprueba el proyecto de ahorro energético, se debe acompañar de capacitación al personal involucrado, para hacer conciencia de la procedencia de la energía de la empresa y su impacto negativo de no utilizarla adecuadamente; además del derroche económico que representa el no hacerlo a tiempo.

3.2.2.1. Ahorro total estimado

Se estima que el ahorro se percibirá a mediano plazo, pues los gastos de instalación no permitirán que se realice un ahorro el primer año; sin embargo, a partir del segundo año el ahorro estimado es de Q 17 416,80, para el tercer año, se estima un ahorro de Q 18 461,81, para el cuarto año se dejarán de gastar Q 19 596,52, mientras que en el quinto año se espera un ahorro de Q 20 743,69. En total, se espera que, al cabo de los primeros cinco años, el ahorro sea de Q. 108,831.81. A continuación, se presenta el desglose del ahorro por año.

Tabla LVIII. **Ahorro estimado de los primeros cinco años**

Factores de desnivel	Año 1	Año 2º	Año 3º	Año 4º	Año 5º	Total
Cambio a led	48 360,00	17 181,60	18 212,50	19 305,25	20 463,56	75 162,90
Continuar con luminarias actuales	32 640,00	34 598,40	36 674,30	38 874,76	41 207,25	183 994,71
Ahorro anual	0,00	17 416,80	18 461,81	19 569,52	20 743,69	108 831,81

Fuente: elaboración propia.

Nota: tipo de cambio 1 USD = 7,35 GTQ

3.2.3. Análisis de beneficio-costo de las luminarias que pueden cambiarse

El análisis costo-beneficio de un posible cambio hacia luminarias led para sustituir las ocho luminarias de 400 watts que prestan servicio en las líneas, en total las ocho luminarias se deben sustituir por 10 luminarias led, con una potencia de 175 watts cada una. La capacidad lumínica en el área es de 450 lux, actualmente hay ocho luminarias entre las dos líneas.

Se obtiene la cotización por treinta y cuatro mil ochenta quetzales exactos (Q 34 080,00). Esta cotización se obtiene con el proveedor actual que presta servicio de mantenimiento a las luminarias, se debe agregar impuesto al valor agregado y gastos de instalación. El precio real de cambiar las luminarias sería de treinta y ocho mil ciento sesenta y nueve quetzales con 69/100 (Q 38 169,60) y el precio actual que se paga por las luminarias incandescentes es de seis mil ochocientos cuarenta quetzales con 56/100 (Q 6 840,56). Según el análisis costo-beneficio, se integraría en los primeros 3 años después del cambio.

3.2.4. Tabla de comparación de consumo eléctrico con luminarias actuales versus propuestas

A partir de los datos recolectados, se realiza la siguiente tabla de datos para elaborar la proyección de consumo.

Tabla LIX. **Comparación consumo**

TIPO	Cantidad	Potencia (KW)	Horas de uso	Consumo/mes KW	Precio KW	Precio	Ahorro (%)
Incandescente	8	400	16	192 000	Q 0,17	Q 32 640,00	0 %
Led	10	175	16	84 000	Q 0,17	Q 14 280,00	56 %

Fuente: elaboración propia.

Nota: tipo de cambio 1 USD = 7,35 GTQ.

Se realiza la siguiente proyección asumiendo una tasa constante de inflación de 6 %.

Tabla LX. **Comparación gasto estimado de los primeros cinco años**

Factores de desnivel	Año 1	Año 2º	Año 3º	Año 4º	Año 5º
Cambio a led	Q 48 360,00	Q 17 181,60	Q 18 212,50	Q 19 305,25	Q 20 463,56
Continuar con luminarias actuales	Q 32 640,00	Q 34 598,40	Q 36 674,30	Q 38 874,76	Q 41 207,25

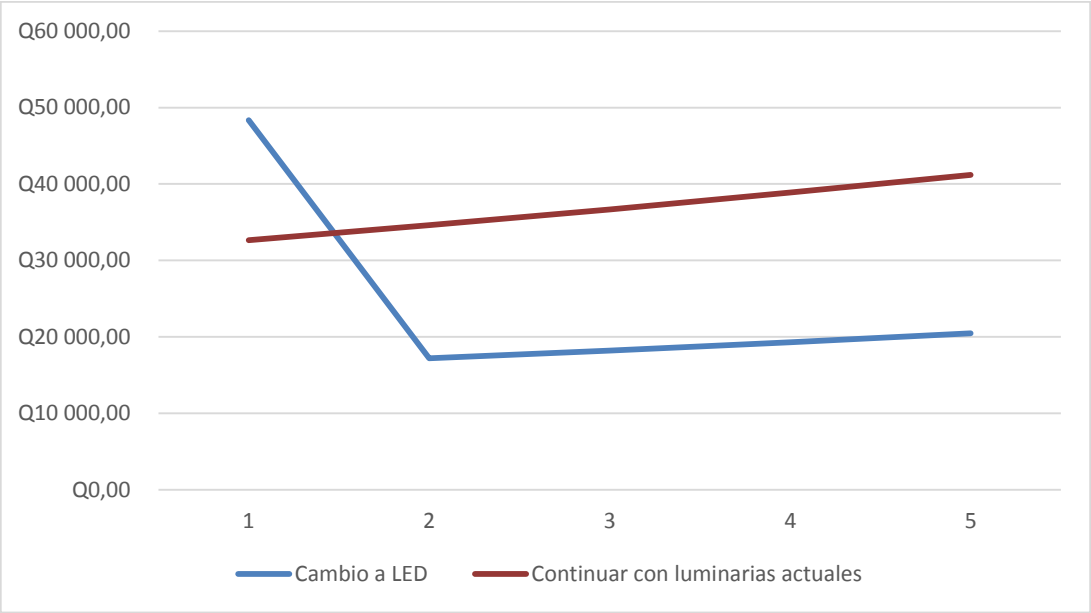
Fuente: elaboración propia.

Nota: tipo de cambio 1 USD = 7,35 GTQ.

3.2.4.1. Gráfica de comparación de consumo eléctrico con luminarias actuales versus propuestas

A continuación, se presenta el diagrama del análisis en una proyección de 5 años.

Figura 45. **Análisis costo-beneficio de cambio a led**



Fuente: elaboración propia.

3.3. Costos de la propuesta

Se realiza una cotización con la empresa “Servicios Industriales Estrada” (ver anexo I) pues es la principal proveedora de todo lo relacionado con el servicio eléctrico. Dicha cotización arroja como presupuesto para el cambio de las luminarias actuales a las más eficientes un total de treinta y cuatro mil ochenta quetzales exactos (Q. 34 080,00).

En esta cotización se incluye el costo de las luminarias ahorradoras, así como los materiales auxiliares necesarios para su instalación y la mano de obra que se utilizaría para implementarla.

En la siguiente tabla se detalla el costo total del plan.

Tabla LXI. **Costo aproximado de recursos utilizados para capacitación**

Cantidad	Unidades	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	Unidad	Instalación de luminarias ahorradoras, materiales auxiliares y mano de obra.	Q 34 080,00	Q 34 080,00
10	Unidades	Lapiceros, lápices, borradores y similares	Q 2,50	Q 25,00
6	Meses	Estimado de consumo eléctrico durante el desarrollo del proyecto	Q 50,00	Q 300,00
			Subtotal	Q 34 405,00

Fuente: elaboración propia.

Nota: tipo de cambio: 1 USD = 7,35 GTQ.

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN

4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación

Uno de los pilares fundamentales del programa de mantenimiento productivo total es la educación y entrenamiento; este enunciado argumenta que es indispensable contar con personal capacitado y adiestrado en la detección y clasificación de potenciales averías, así como su resolución en caso de ser necesario; de igual forma, el personal debe comprender completamente el funcionamiento de los equipos que opera.

Se realiza una serie de entrevistas a 6 de los 18 operadores de la línea para determinar la profundidad de las capacitaciones y conocer el estado actual del conocimiento de los operadores. El formato de la entrevista es el siguiente.

Tabla LXII. **Modelo de entrevista**

Preguntas orales:
1. ¿Cuál considera que es la causa principal de paros en la línea?
a. Falta de suministros externos
b. Falta de mantenimiento preventivo
c. Otra
2. ¿Conoce los tipos de mantenimiento aplicados en la línea de trabajo?
a. Sí
b. No
3. ¿Hace cuánto tiempo recibió la última capacitación en la empresa?
a. Menos de un año
b. Menos de dos años
c. Menos de cinco años
d. No ha recibido ninguna capacitación.

Continuación de la tabla LXII.

4.	¿Ha leído algún manual del equipo que opera?
	a. Sí
	b. No
5.	¿Conoce el procedimiento correcto de lubricación y limpieza del equipo que opera?
	a. Sí
	b. No
6.	¿Ha escuchado acerca del programa TPM?
	a. Sí
	b. No
7.	¿Conoce los pilares del TPM?
	a. Sí
	b. No
8.	¿Cuenta con equipo de protección personal?
	a. Sí
	b. No
9.	¿Sabe cómo utilizar el equipo de protección personal?
	a. Sí
	b. No
10.	¿Cuál considera que es la mayor oportunidad de mejora en su puesto de trabajo?

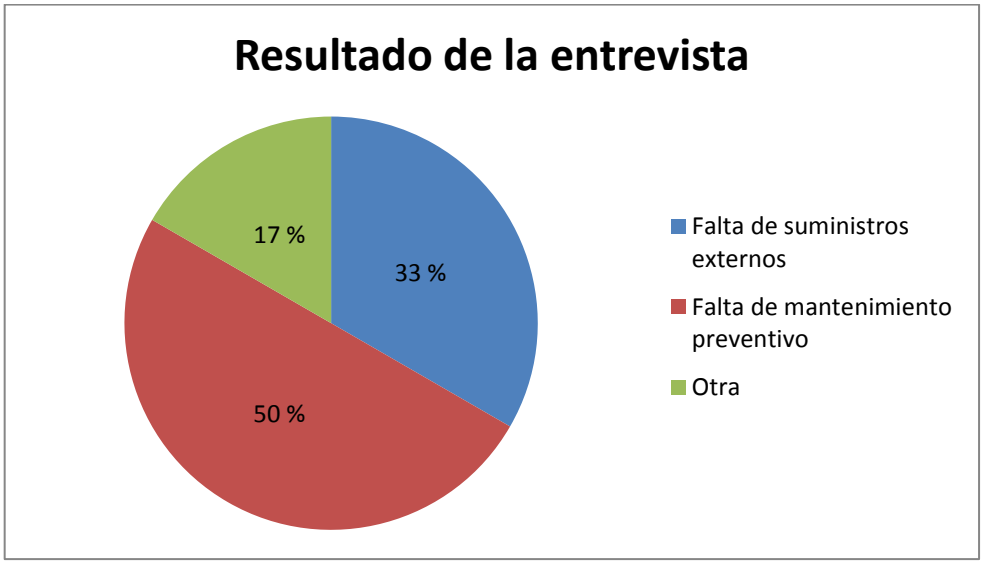
Fuente: elaboración propia.

Actualmente, el personal que opera los equipos carece de las habilidades necesarias para desempeñar las actividades anteriormente mencionadas; por lo tanto, el plan de capacitación que conlleva implícito el proyecto busca la forma en que el personal seleccionado para los grupos de trabajo adquiera y desarrolle estas competencias y con ello garantizar un mayor desempeño desde sus puestos de trabajo.

A la pregunta ¿cuál considera que es la causa principal de paros en la línea? la mitad de los entrevistados argumenta que se debe a la falta de mantenimiento preventivo en los equipos; un tercio indica que se debe a la falta

de suministros externos: materias primas, material de empaque, aditivos, entre otros. Se ilustra en la siguiente figura.

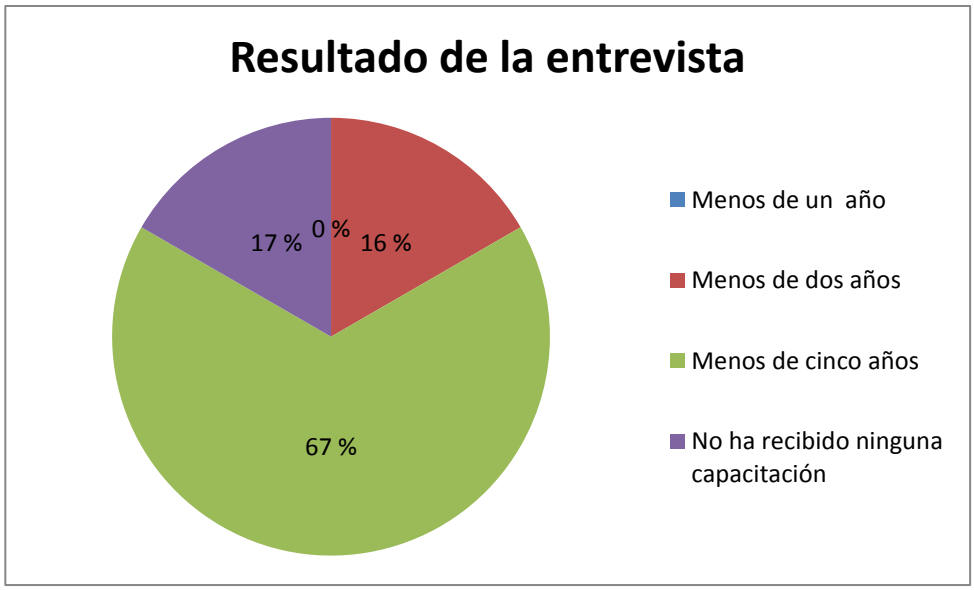
Figura 46. **¿Cuál considera que es la causa principal de paros en la línea?**



Fuente: elaboración propia.

A la tercera pregunta, ¿hace cuánto tiempo recibió la última capacitación en la empresa?, dos tercios de los entrevistados han recibido capacitaciones en los últimos cinco años; mientras una persona recibió una en los últimos dos años y otra no ha recibido ninguna capacitación desde su ingreso laboral.

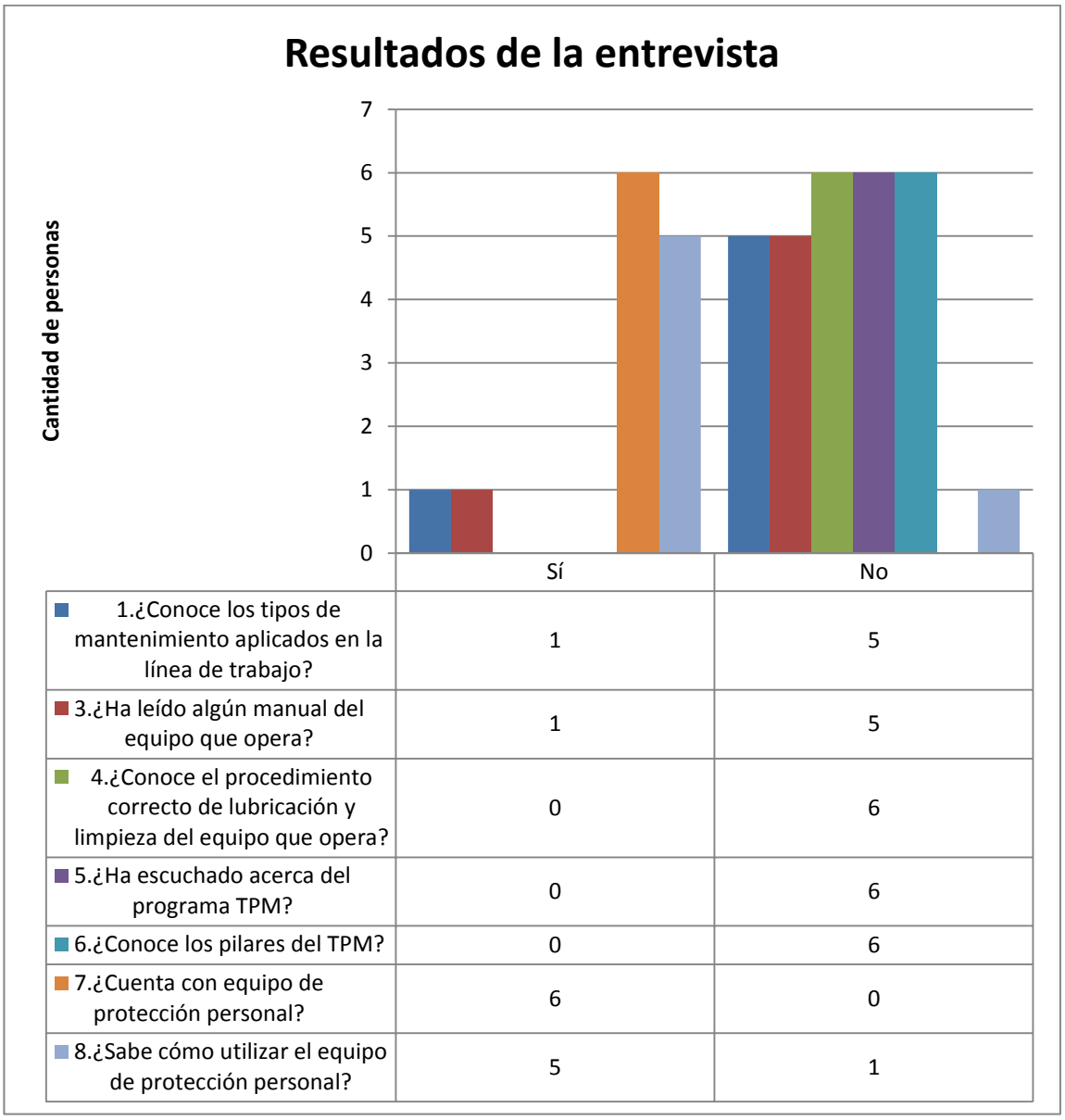
Figura 47. **¿Hace cuánto tiempo recibió la última capacitación en la empresa?**



Fuente: elaboración propia.

Se resume el resultado de las preguntas cerradas en la siguiente figura.

Figura 48. **Respuestas a las preguntas cerradas de la entrevista**



Fuente: elaboración propia.

En la anterior figura puede apreciarse cómo el personal entrevistado tiene una oportunidad de mejora en los aspectos técnicos; a la pregunta ¿conoce los tipos de mantenimiento aplicados en la línea de trabajo?, únicamente una persona responde que sí; mientras el resto del personal responde no a dicha pregunta. De igual forma, una persona ha tenido acceso algún manual del equipo que opera; mientras el resto de los cuestionados responde de forma negativa ante esta interrogante.

Al ser personal operativo, los entrevistados no poseen ningún conocimiento acerca de la lubricación y limpieza profunda a la que debe someterse el equipo que operan; de igual forma, la totalidad de los encuestados desconocen el programa TPM, así como sus pilares.

La empresa cumple con su responsabilidad al proporcionar equipo de protección personal a cada colaborador, mas no en una correcta capacitación sobre su adecuado uso; los entrevistados contestan poseer el equipo mencionado y que poseen conocimientos para utilizarlo adquiridos de forma empírica; únicamente, una persona argumenta no saber cómo utilizarlo.

A partir de lo antes enunciado, se diseña el plan de capacitación con el objetivo de fortalecer al personal en las siguientes áreas:

- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Mantenimiento de calidad
- Mejoras enfocadas
- Prevención del mantenimiento

Las habilidades específicas que se buscan fortalecer por cada área se detallan a continuación.

Tabla LXIII. **Habilidades TPM**

Área	Habilidades a fortalecer
Mantenimiento autónomo	• Principios de lubricación • Estandarización de la limpieza • Condiciones óptimas de los equipos • Formatos de inspección, limpieza y lubricación • Manuales
Mantenimiento planificado	• Evaluación de equipo y condiciones actuales • Restauración de equipos • Planificación de manto preventivo • Planificación de manto predictivo
Mantenimiento de calidad	• Indicadores (disponibilidad, rendimiento y calidad) • Control de información (repuestos, materiales, fichas técnicas, fallas, paros, entre otros) • Seguridad e higiene industrial
Mejoras enfocadas	• Sistema de mejora continua (Ciclo planificar, hacer, verificar, actuar) • Herramientas de diagnóstico (diagrama causa y efecto, análisis de Pareto, entre otros) • Metodología de las 5S
Prevención del mantenimiento	• Fichas técnicas • Historial de equipos • Identificación, corrección y eliminación de averías • Reducción de costos

Fuente: *Habilidades TPM*. http://www.ceroaverias.com/articulos publicados/PDF/PILAR:EDUCACION.pdf. Consulta: 26 de marzo de 2017.

4.1.1. Diagnóstico

A través de un diagrama causa-efecto se identifican las principales deficiencias en el personal a capacitar para determinar hacia dónde debe enfocarse la fase de capacitación. El diagrama causa-efecto se elabora a partir de una lluvia de ideas, respecto a las causas que provocan el efecto a contrarrestar.

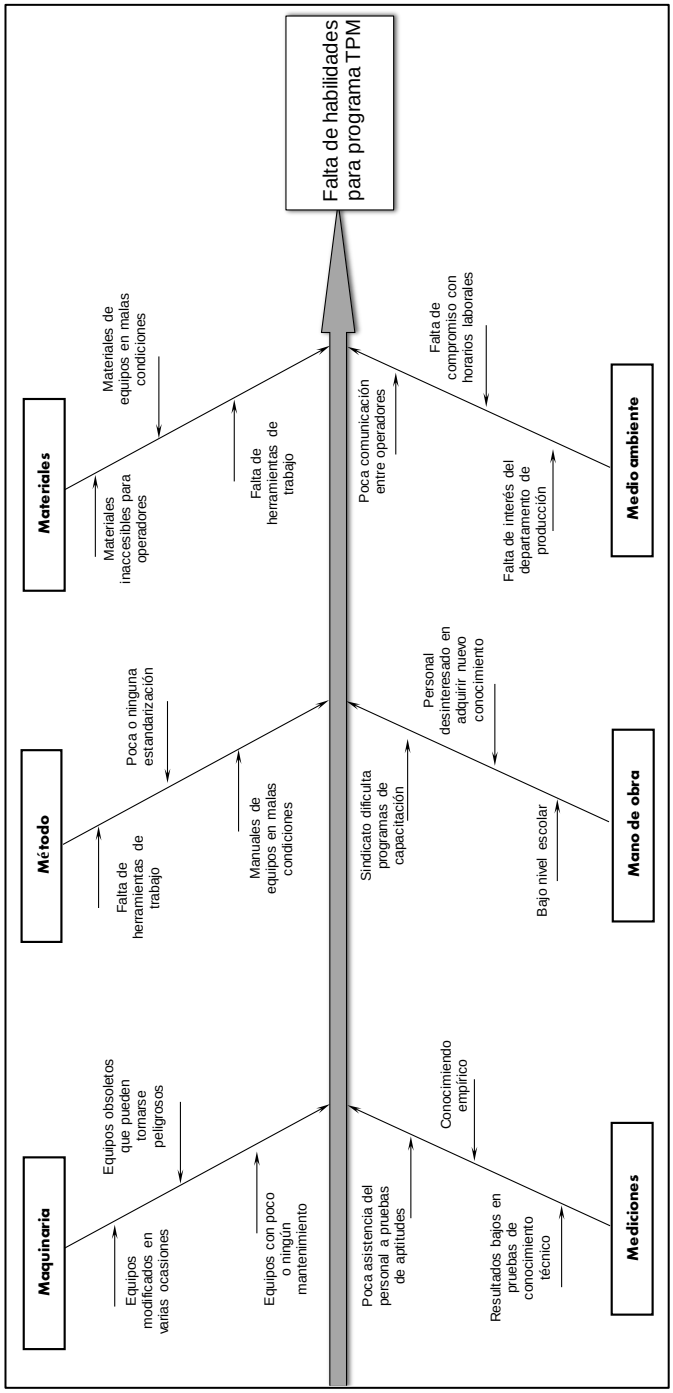
Actualmente, el personal que labora en la línea carece de las habilidades necesarias para el éxito del programa de TPM, ya que su conocimiento es netamente empírico.

Para realizar este diagrama se utiliza el método de las 6M, el cual consiste en enfocar las causas del problema a resolver desde seis aspectos que interfieren en la producción, los cuales son:

- Mano de obra
- Medición
- Materiales
- Maquinaria
- Medio ambiente
- Método

A continuación, se presenta el diagrama causa-efecto a través del cual se realiza el diagnóstico.

Figura 49. **Diagrama causa-efecto**



Fuente: elaboración propia.

4.2. Plan de capacitación

A partir de las áreas identificadas anteriormente como las principales a fortalecer, se organiza un calendario de reuniones periódicas con los operadores y el personal de mantenimiento, para que en cada una se trate un tema específico, siguiendo un orden determinado. Cada reunión debe iniciar con la adecuada inducción sobre el tema y finalizar con una discusión de resultados.

Las capacitaciones deben realizarse con los operadores y personal de mantenimiento más experimentado de cada línea; se recomienda el acompañamiento de los jefes de producción y mantenimiento para darle mayor validez a dichas capacitaciones; también, utilizar técnicas como la lluvia de ideas, histogramas, diagramas de Pareto, listas de verificación, videos sobre la maquinaria a tratar, entre otros, con el objetivo de que las capacitaciones sean eventos dinámicos y no solamente charlas teóricas que no permitan la retención del conocimiento adquirido.

Tabla LXIV. **Plan de capacitación**

Departamento de mantenimiento	Plan de capacitación
Sistema de mantenimiento productivo total	Página 1
Actividad de la empresa	
Alimentos Kern's, S.A., es una envasadora de productos alimenticios, específicamente orientada a los derivados de tomate, frijoles procesados y bebidas no carbonatadas.	
Introducción	
Con la información recabada anteriormente, se diseña el siguiente plan de capacitación a fin de fortalecer las destrezas del personal operativo y técnico, así como homologar el conocimiento entre los diferentes turnos de trabajo.	
Alcance	
El presenta plan de capacitación es para uso y ampliación del personal operativo y técnico de las líneas rápidas de Alimentos Kern's, S.A., así como sus respectivos supervisores.	
Objetivos	
Objetivo general	
• Crear las condiciones adecuadas para que el personal operativo, el personal de mantenimiento y sus respectivos supervisores se apropien y ejecuten el programa de mantenimiento productivo total en las líneas de envasado de bebidas.	
Objetivos específicos	
• Capacitar a los representantes del personal operativo y mantenimiento, con sus respectivos supervisores acerca de la filosofía de TPM, los beneficios de implementarlo y las desventajas operativas de no integrarse a dicho programa. • Establecer roles, delegando responsabilidades, enseñar conceptos básicos y adiestrar al personal en el correcto uso de los formatos a utilizar. • Iniciar el programa de mantenimiento productivo total, utilizando los formatos creados para darle seguimiento. • Recabar información, a través de la utilización de los formatos, y presentar los resultados al director del proyecto, así como a los jefes de mantenimiento y producción. • Crear estándares de limpieza, lubricación e inspección para cada equipo según las necesidades encontradas en las revisiones previas. • Evaluar el desempeño del grupo de trabajo y buscar oportunidades de mejora.	

Fuente: elaboración propia.

4.2.1. Programa de capacitación

Se establece una agenda con seis capacitaciones de una hora y media de duración cada una, las cuales se llevarán a cabo con el acompañamiento de los

supervisores de producción y mantenimiento, con sus respectivos equipos de trabajo. A continuación, se detalla la agenda de cada una.

4.2.1.1. Primera capacitación

- Primera reunión del equipo de trabajo y supervisores, se recomienda asistencia de jefes de producción y mantenimiento

- Se presenta y explica el programa de mantenimiento productivo total, su funcionamiento y filosofía; las ventajas que representa para la organización, para los operadores y demás personal.

- Se presentan las metas y objetivos, tiempos y entregables.

- Se establecen responsabilidades por puesto de trabajo.

- Se entrega el programa de capacitación de las siguientes reuniones a cada integrante.

- Se crea el espacio para que cada involucrado exprese su opinión y sean aclaradas las posibles dudas.

- Se llenan los formatos de control de asistencia.

4.2.1.2. Segunda capacitación

- Se inicia la capacitación con una charla acerca del liderazgo y su necesidad en la toma de decisiones.

- Se entregan y explican los formatos de evaluación.

- Se profundiza en los temas de limpieza (herramientas adecuadas, tipos de limpieza, puntos críticos de limpieza, entre otros) lubricación, seguridad industrial y trabajo en equipo.

- Se llenan los formatos de control de asistencia.

4.2.1.3. Tercera capacitación

- Se inicia la reunión conversando acerca de la restauración de cada equipo a su estado inicial.

- Con apoyo de técnicos de los proveedores de los equipos, se lleva a cabo una capacitación en cada equipo sobre la identificación de anomalías en el funcionamiento de cada uno.

- Se establece el procedimiento de limpieza de cada equipo y se realiza una limpieza general de la línea.

- Se realiza un ciclo de lubricación correcta a cada equipo.

- Se llenan los formatos de control de asistencia.

4.2.1.4. Cuarta capacitación

- Los integrantes del grupo a capacitar deben realizar una presentación sobre las anomalías encontradas en los equipos y sus posibles soluciones.

- Se entrega material sobre la prevención de la suciedad, eliminación de fuentes de contaminación y suciedad, entre otros factores que atentan contra la inocuidad del proceso.

- Se crea un espacio para que el equipo pueda identificar las fuentes en la línea de envasado, así como sugerencias para su erradicación.

- Se llenan los formatos de control de asistencia.

4.2.1.5. Quinta capacitación

- El grupo a capacitar debe presentar avances sobre los datos recopilados.

- Se establecen procedimientos estándar de limpieza, inspección y lubricación.

- Se enseña la forma correcta de llenar los formatos de chequeo, se debe consultar al equipo si está conforme con lo solicitado y si es posible, agregar mayores variables.

- Se realiza un plano del área de trabajo para identificar el equipo con mayores problemas.

- Se llenan los formatos de control de asistencia.

4.2.1.6. Sexta capacitación

- El equipo a capacitar presenta los estándares de limpieza, inspección y lubricación que según su criterio ayudarán a mejorar el desempeño de la línea de producción.

- Se realiza una evaluación del desempeño del grupo y su integración como equipo conforme los objetivos del programa.

- Se instruye al personal acerca del costo económico y ambiental que implica desperdiciar energía eléctrica, tanto en la industria como en sus hogares. De igual forma, se instruye al personal de mantenimiento eléctrico acerca de las propiedades de las luminarias tipo led y de los beneficios en térmicos económicos y ecológicos para la organización.

- Al ser la última capacitación de los integrantes del equipo, se preparan para realizar mantenimiento autónomo sin ayuda de los supervisores.

- Se llenan los formatos de control de asistencia.

4.3. Resultados de la capacitación

Los resultados de la capacitación son palpables al finalizar la fase de capacitaciones, el operador de la llenadora sigue llevando el control de paros de la máquina líder a través del indicador operativo de desempeño (OPI). Al comparar los indicadores previos con los posteriores a la capacitación se aprecia un aumento del 4,2 %, pasando del 75,6 % al 79,8 % de eficiencia en dicho indicador.

4.4. Costos de la propuesta

A continuación, se detalla el listado de materiales utilizados en la jornada de capacitaciones, así como su valor unitario y total.

Tabla LXV. **Costo aproximado de recursos utilizados para capacitación**

Cantidad	Unidades	Descripción	Precio unitario	Precio total
2	Resmas	Papel bond, tamaño carta, 80 g/m^2	Q 25,00	Q 50,00
10	Unidades	Lapiceros, lápices, borradores y similares	Q 2,50	Q 25,00
6	Meses	Estimado de consumo eléctrico durante el desarrollo del proyecto	Q 50,00	Q 300,00
			Subtotal	Q 375,00

Fuente: elaboración propia.

Nota: tipo de cambio: 1 USD = 7,35 GTQ.

CONCLUSIONES

1. No existía un registro de mantenimiento de cada equipo que compone la línea, antes de este proyecto. Se desarrolla uno para cada equipo, así como las respectivas rutinas de mantenimiento en la frecuencia idónea según las necesidades del uso del equipo, basado en material brindado por el proveedor de cada equipo.

2. A través de las agendas de capacitación se logran divulgar los beneficios operativos al personal encargado de operar el equipo, los beneficios en aspectos económicos, seguridad industrial y calidad. De igual forma, se informa a la administración de los beneficios económicos en términos de aumentar la eficiencia de las líneas.

3. A través de las capacitaciones, se enseña tanto al personal operativo como al personal de mantenimiento sobre la importancia de llevar los registros de cada actividad de mantenimiento realizada a los equipos; adicionalmente, se acompaña al personal operativo y de mantenimiento para una prueba en el sitio de trabajo y conocer su opinión acerca de este requisito.

4. Las líneas rápidas de envasado de aluminio y hojalata siempre se han caracterizado por su alta eficiencia; sin embargo, basado en la observación y aplicando las rutinas de mantenimiento preventivo se ha logrado aumentar la eficiencia en dos semanas consecutivas de 4,2 % en promedio.

5. Se realiza una cotización con el principal proveedor de suministros eléctricos, así como con diversas tiendas de luminarias industriales para determinar las luminarias que ofrezcan la misma capacidad lumínica a la actualmente instalada, pero que representen un menor costo de consumo eléctrico. Se presenta la cotización al departamento de proyectos para, de ser posible, su posterior licitación.

6. Basado en la cotización solicitada, así como en el consumo histórico de los últimos cinco años de amabas líneas, se determina que el ahorro será de un 56 % al finalizar los próximos cinco años de implementación del proyecto, lo que llegará a representar un ahorro de ciento ocho mil ochocientos treinta y un quetzales con 81/100 (Q. 108 831,81) durante los cinco años siguientes al cambio propuesto.

7. En la jornada de capacitaciones, se instruye al personal operativo y al personal de mantenimiento acerca del correcto uso de las instalaciones eléctricas dentro de la fábrica y en sus hogares. De igual forma, se instruye al personal de mantenimiento eléctrico sobre cómo debe manipularse correctamente el equipo propuesto en la fase de investigación.

RECOMENDACIONES

1. Continuar empoderando a los operadores con sus líneas de trabajo, invirtiendo en mano de obra capacitada que sea capaz de adoptar la filosofía del TPM sin mayor resistencia al cambio y a la alta dirección de la planta para que los resultados de los esfuerzos empleados sean divulgados y aprovechados por todos.

2. Utilizar la estructura propuesta en este ejercicio para preservar los logros obtenidos en esta implementación y extender el programa al resto de las líneas de envasado de bebidas y alimentos.

3. El personal capacitado, en compañía de los supervisores, debe buscar el apoyo del fabricante de los equipos para mejorar el mantenimiento preventivo y así evitar fallas que generan pérdidas de tiempo y que repercuten posteriormente en ineficiencias en la línea de producción.

4. La capacitación para el personal operativo y de mantenimiento debe ser constante y de buena calidad; la creación de una figura responsable del soporte y la capacitación es vital para mantener estos logros alcanzados. Esta misma figura debe encargarse de la creación y actualización de procedimientos, cartas de control y procesos, estandarizaciones, auditorías internas, entre otros.

5. El personal operativo es el que más tiempo pasa junto al equipo, por lo tanto, es importante que conozca la forma correcta interpretar los manuales de operación y, de ser posible, los de manuales de

mantenimiento; estos serán de gran ayuda en el momento de una falla y representa una herramienta vital para el mantenimiento autónomo.

6. Crear y mantener un ambiente de liderazgo, respeto a las ideas y aportes de cada persona, reconocer la importancia individual de cada participante; es necesario un modelo de liderazgo que sustituya el concepto de que el supervisor o jefe es una autoridad inequívoca; los jefes del área deberán dar el ejemplo a las demás personas involucradas.

7. Acordar junto a los fabricantes de los equipos que componen la línea de producción, o sus distribuidores, un stock mínimo de piezas de mayor impacto en la bodega del distribuidor; también, mantener un inventario de las piezas de mayor desgaste dentro de la fábrica de envasado, con esto se reduce el valor del inventario en las bodegas de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. ESCUDERO GANCEDO, Almudena. *Implantación de la filosofía TPM en una planta de producción y envasado*. Madrid, España: Escuela Técnica Superior, Universidad Pontificia Comillas, 2007. p. 82.

2. HARTMAN, Edward. *Cómo instalar con éxito el TPM en su empresa, U. S. A*. Guayaquil, Ecuador: McGraw-Hill, 1994. p.120.

3. ISHIKAWUA Kaoru. *¿Qué es el control total de la calidad*? 3a. ed. México: McGraw-Hill, 2002. p. 195.

4. REY SACRISTÁN, Francisco. *Implantación del TPM-programas y experiencias*. España, Lerez: Tecnologías de Gerencia y Producción,1998. p. 304.

5. REY SACRISTÁN, Francisco. *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. España, Lerez: FC Editorial, 2001. p. 302.

6.

7. VELÁSQUEZ ESTRADA, María Alejandra. *Propuesta para la implementación de un sistema de mantenimiento productivo total (tpm) para eficientizar las operaciones del proceso productivo en la línea de producción de bebidas carbonatadas en la fábrica de gaseosas Salvavidas S.A.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 164.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Cotización de cambio e instalación de luminarias, área de líneas rápidas**

SIES

SERVICIOS INDUSTRIALES ESTRADA
9ª. Calle 24-44 Zona 4 de Mixco Col. Bosques de San Nicolás
Teléfono: 52100347 – 24831157
Cotización #SI 011715

Guatemala, julio del 2016

Señores: Industrias Alimenticias Kern´s y Cia. S.C.A.

Asunto: Cambio de lámparas metalarc 400w por Led de 175w e instalación de 8 Lámparas contra polvo y humedad Led de 2 x 18w.

Por este medio les presento cotización por los siguientes trabajos de iluminación en líneas 21 y 22.

1) Cambio de 10 lámparas tipo campana metalarc de 400w por lámpara Led High Bay de 150w.

Costo Q 22,500.^{00}

2) Instalación de 8 lámparas contra polvo y humedad con 2 tubos Led de 18w cada uno en encajado (sobre standard Knapp) de líneas 21 y 22. Se instalarán 4 en cada línea.

Materiales

14 Tubos de aluminio de ¾”.
84 Metros de cable #12.
1 Flipon para riel Siemens de 1x20 amperios.
2 Manijas Siemens de 2 posiciones.
8 Lámparas contra polvo y húmedas Silvania.
16 Tubos Led de 18w Silvania.

Continuación del apéndice 1.

80 Metros de cable acerado de $^{1}/_{16}$.
32 Grapas para cable acerado de $^{1}/_{16}$.
Accesorios de tubería.

Instalación de 8 hierros planos (tipo hembra) de 1” x $^{3}/_{16}$ en costaneras de techo para colgar lámparas.

Costo mano de obra y materiales Q 11,580.^{00}

Costo Total 2 Ítems Q 34,080.^{00}

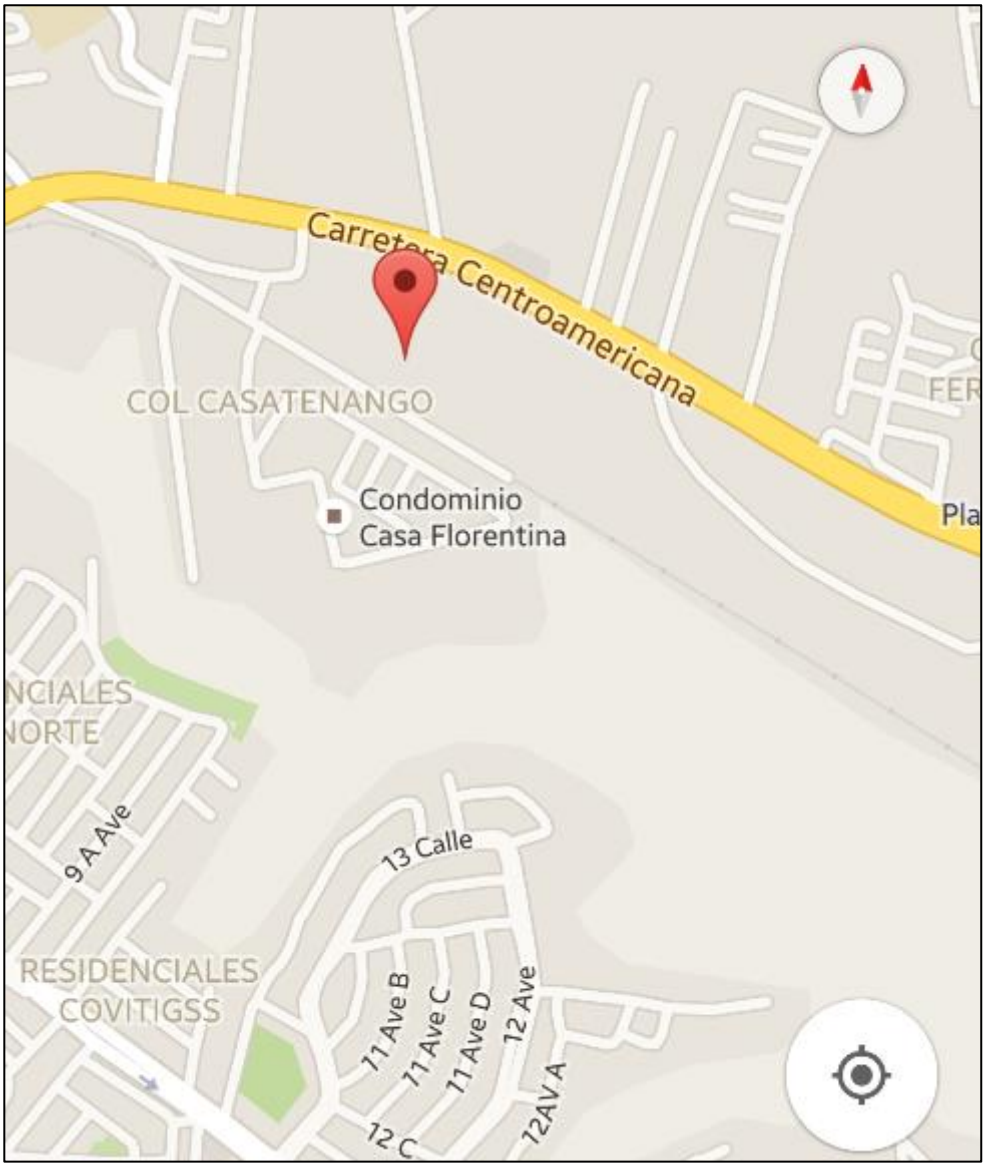
Agradeciendo su atención a la presente;
Atentamente:

Vinicio Estrada
Jefe de Proyectos

Fuente: elaboración propia.

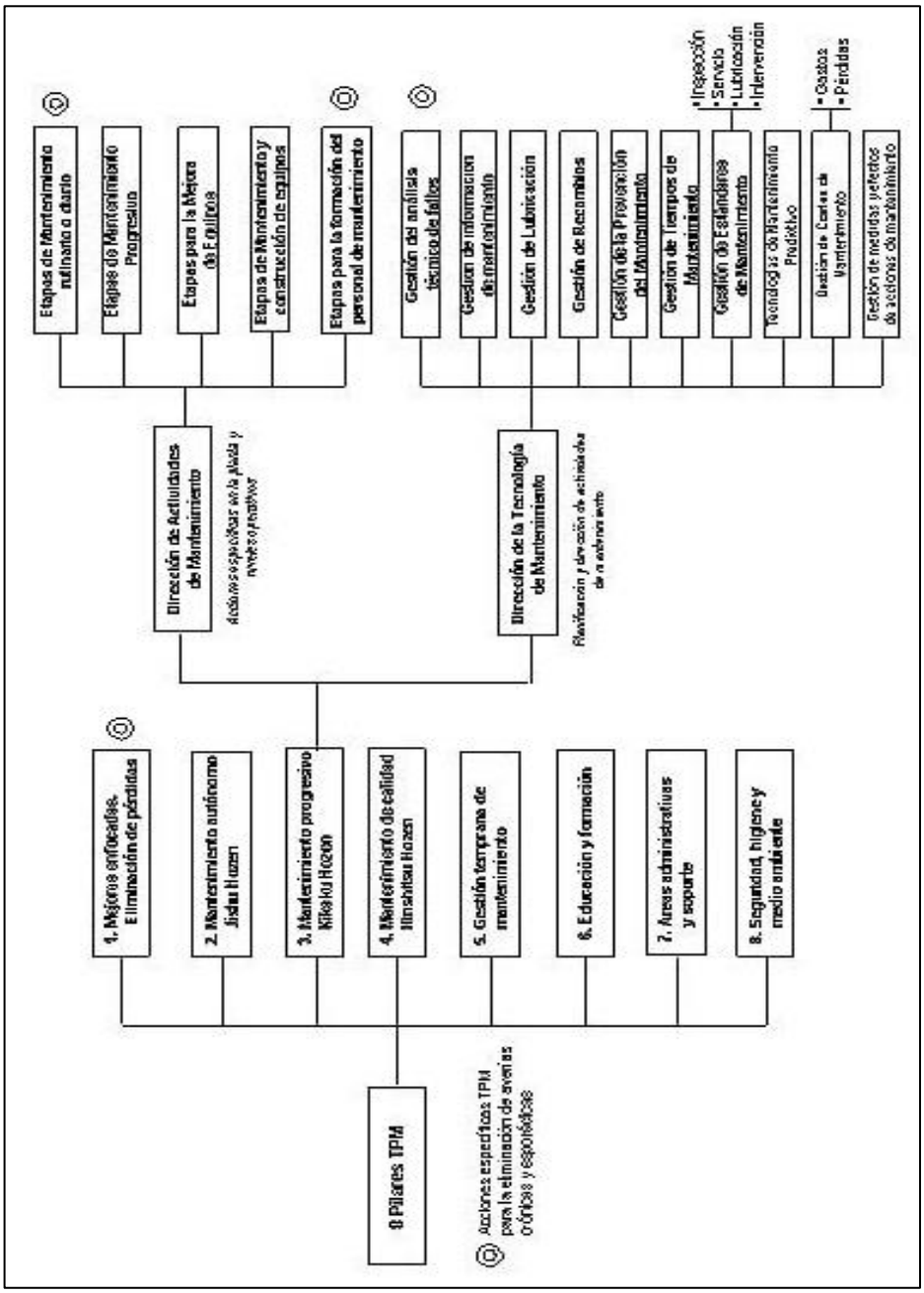
ANEXOS

Anexo 1. **Ubicación de la planta de producción**



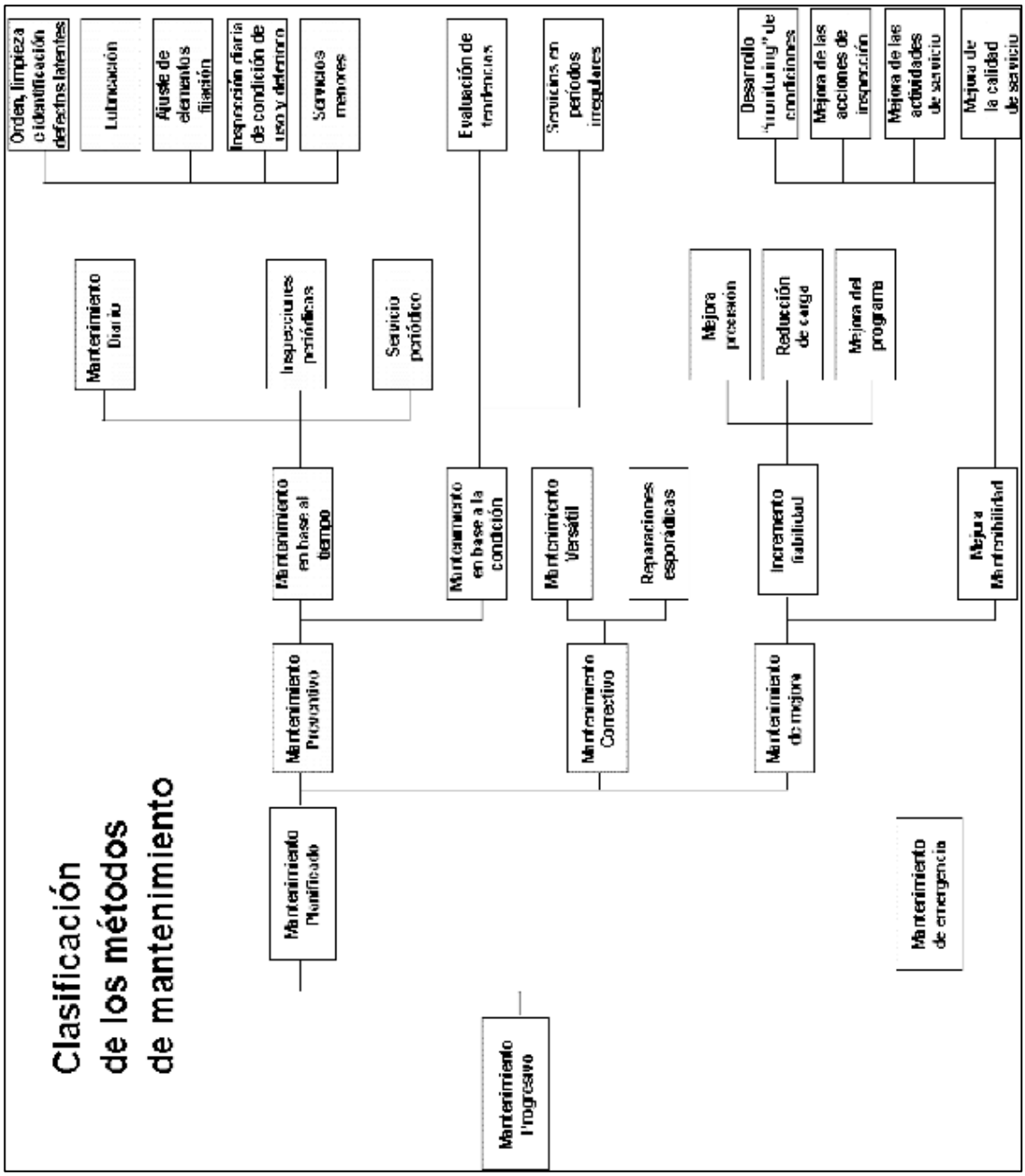
Fuente: *Google maps*. http://maps.google.com. Consulta: 7 de febrero de 2016.

Apéndice 2. **Estrategias para transformar el mantenimiento industrial**



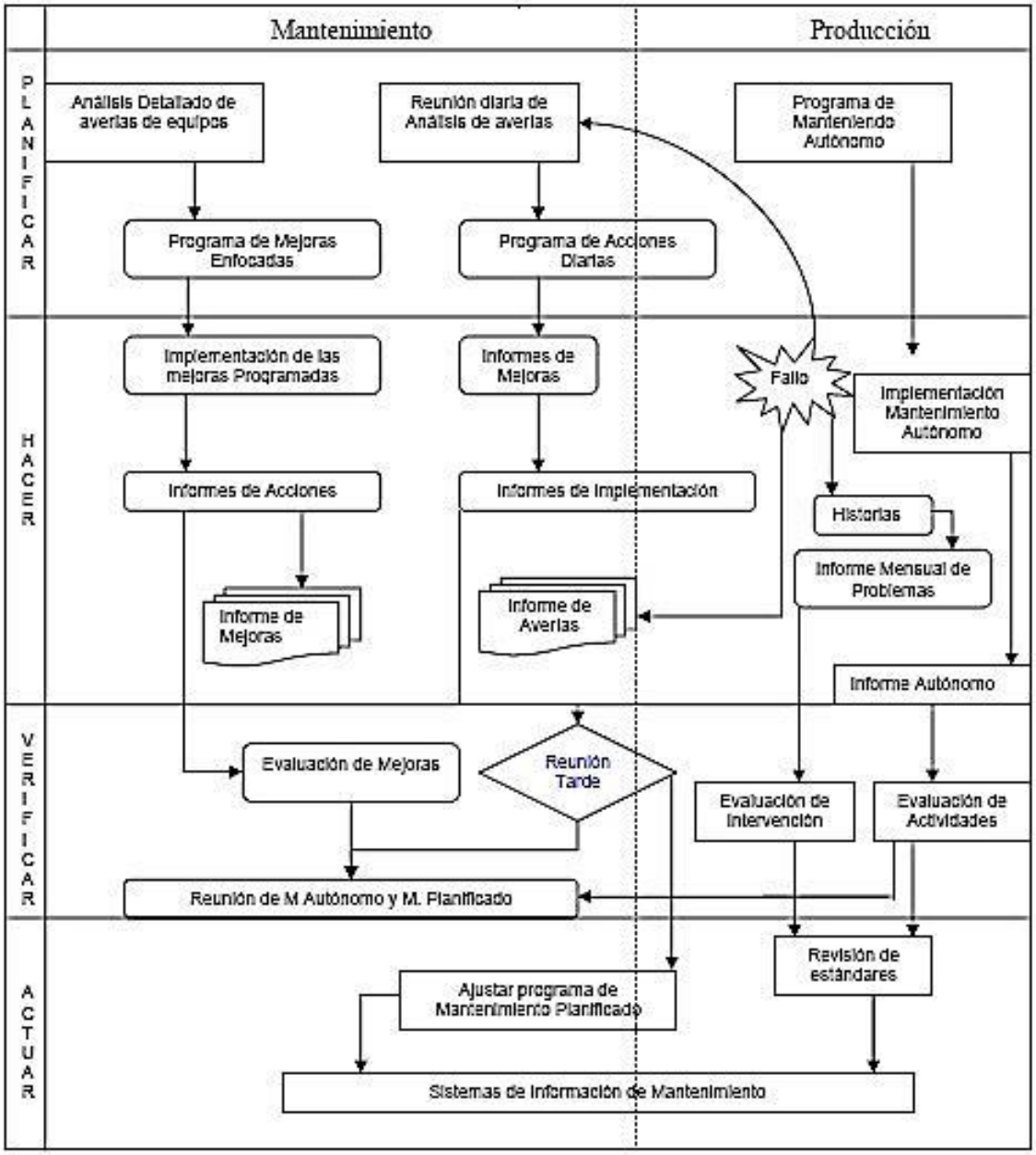
Fuente: Instituto Internacional de TPM**.** *Estrategia para transformar el mantenimiento industrial.* Consulta: 27 de agosto de 2017.

Apéndice 3. **Clasificación de los métodos de mantenimiento**



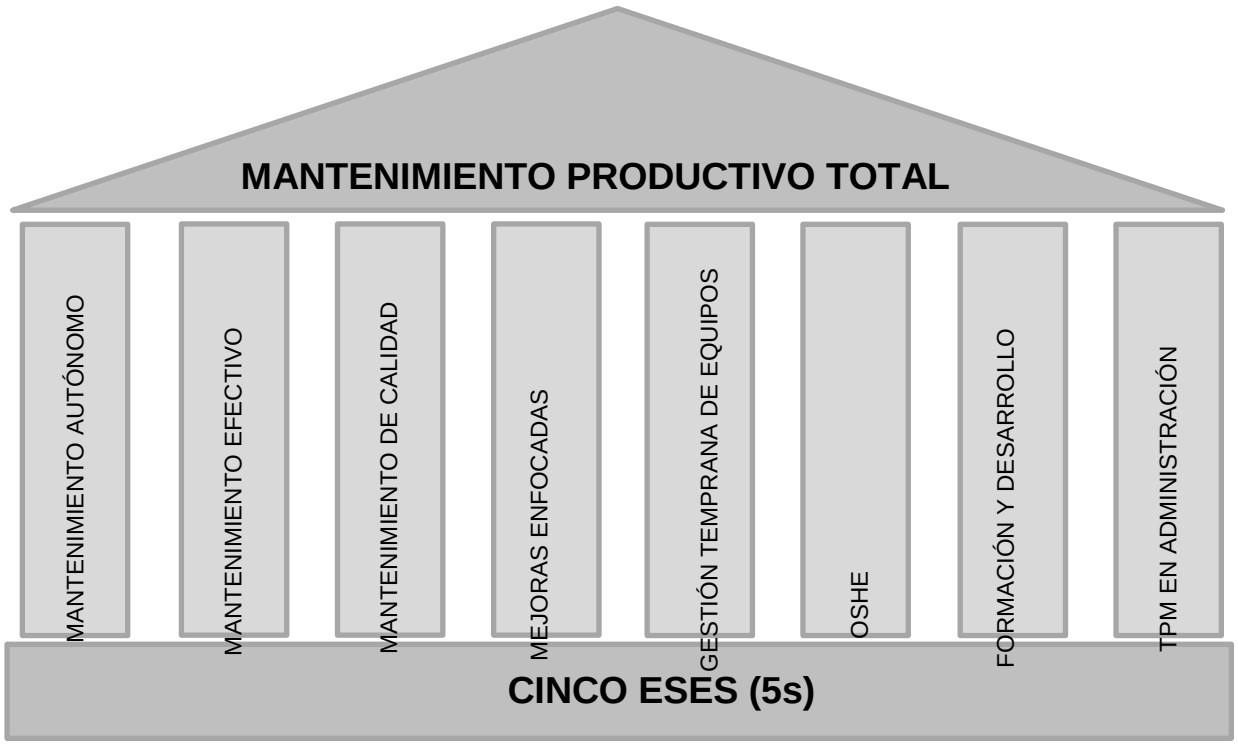
Fuente: Instituto Internacional de TPM**.** *Estrategia para transformar el mantenimiento industrial.* Consulta: 27 de agosto de 2017.

Apéndice 4. **Pasos para un mantenimiento autónomo**



Fuente: Instituto Internacional de TPM**.** *Estrategia para transformar el mantenimiento industrial.* Consulta: 27 de agosto de 2017.

Apéndice 5. **Los pilares del templo del TPM**



Fuente: Instituto Internacional de TPM**.** *Estrategia para transformar el mantenimiento industrial.* Consulta: 27 de agosto de 2017.