

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de
Bachillerato en Ingeniería Electromecánica**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Implementación del *mantenimiento productivo total*

NOMBRE DEL AUTOR

Óscar Andrés Navarro Gutiérrez

SAN JOSÉ, DICIEMBRE DE 2017

Tabla de contenido

Lista de cuadros	xiv
Lista de figuras	xix
Resumen ejecutivo	xxii
INTRODUCCIÓN.....	23
1. Título del Seminario de Graduación.....	23
2. Planteamiento del problema en estudio.....	2
3. Justificación	2
4. Objetivos de la investigación.....	3
4.1 Objetivo general	3
4.2 Objetivos específicos.....	3
5 Alcances y limitaciones	4
6 Antecedentes.....	5
6.1 Título: Implementación del mantenimiento productivo total.....	5
6.2 Título: Programa de mantenimiento preventivo para cocinas industriales	7
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO.....	9
1. Descripción de la empresa.....	9
2. Instalaciones	10
3. Proceso de elaboración del producto.....	11
4. Situación actual.....	14

5. Estudio preliminar para la implementación del mantenimiento productivo total	15
5.1 Análisis reportes de mantenimiento de enero a julio del 2017	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	23
1. MANTENIMIENTO	23
1.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	25
1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	28
1.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	29
1.4 MANTENIMIENTO PROGRAMADO	32
1.5 MANTENIMIENTO POR CONDICIÓN	32
1.6 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	33
1.7 Mapas de valor (VSM).....	59
1.8 El Valor Actual Neto (VAN)	63
1.9 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	65
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	67
1. Método	67
2. Tipo de investigación	68
3. Fuentes de información	69
a. Fuentes primarias	69

b. Fuentes secundarias.....	69
4. Variables	69
4.1 Definición conceptual.....	69
4.2 Definición instrumental	69
4.3 Definición operacional	70
5. Descripción de instrumentos.....	70
CAPÍTULO IV: DISEÑO O DESARROLLO, O AMBOS	71
1. Diagnóstico de la situación actual.....	71
1.1. Descripción de la empresa	71
1.2. Definición del proyecto por diseñar o problema por solucionar	71
1.3. Recolección de información técnica y detalle de necesidades	72
2. Propuesta de solución	88
2.1. Plan de implementación	88
2.2. Parámetros de cálculo.....	91
2.3. Pruebas de campo y prototipos.....	96
2.4. Tabulación de datos utilizando cuadros y gráficos	98
2.5. Diseño de la propuesta.....	101
3. Interpretación de resultados	118
3.1. Análisis de resultados.....	118

3.2. Evaluación económica.....	138
3.3. Cronograma de implementación	143
CONCLUSIONES	148
RECOMENDACIONES.....	151
BIBLIOGRAFÍA.....	153
ANEXOS.....	155
a) Principio de funcionamiento de las piezas que conforman las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1.....	155
b) Instructivo de operación	160
c) Registro.....	164
d) Limpieza.....	168
e) Auditorias.....	174
f) Master de mantenimiento preventivo	178
g) Master de revisión.....	182
h) Master de lubricación.....	184

Lista de cuadros

Cuadro 1 Mezcla de productos, porcentaje de desperdicio promedio y el costo asociado al desperdicio en el año 2016.....	18
Cuadro 2 Porcentaje de desperdicio por “no calidad” y falla mecánica durante el año 2016 en relación al porcentaje estándar definido por Panifresh.	18
Cuadro 3 Relación de los coeficientes de eficiencia global del equipo con las seis grandes pérdidas.....	48
Cuadro 4 Obtención de tiempos en la eficiencia de los equipos.....	51
Cuadro 5 Clasificación de los valores del OEE.....	54
Cuadro 6 Simbología de un mapa valor o Value Stream Map	63
Cuadro 7 Averías de la máquina Pan O Mat de enero a julio del 2017	75
Cuadro 8 Averías de la Pan O Mat que se presentan más de una vez.	77
Cuadro 9 Master de mantenimiento de equipo Pan O Mat.....	78
Cuadro 10 Orden de mantenimiento de la banda boleadora.	79
Cuadro 11 Orden de mantenimiento del recuperador de harina	79
Cuadro 12 Orden de mantenimiento del equipo Pan O Mat	79
Cuadro 13 Comparación del master de y orden de mantenimiento de la máquina Pan O Mat.....	81
Cuadro 14 Averías que se presentaron en la máquina Pillow N.º 1 de enero - julio de 2017.....	83
Cuadro 15 Averías de la máquina pillow N.º 1 que se presentaron con mayor frecuencia de enero - julio del 2017.....	85
Cuadro 16 Master de mantenimiento del equipo Pillow N.º 1	85

Cuadro 17 Orden de mantenimiento de equipo Pillow.....	86
Cuadro 18 Comparación de actividades del máster y orden de mantenimiento de la máquina Pillow N.º 1.....	87
Cuadro 19 Datos de producción del equipo Pan O Mat durante la producción de pan regular de enero a julio del 2017	92
Cuadro 20 Datos técnicos del equipo Pan O Mat durante la producción de pan regular.....	92
Cuadro 21 Datos de producción del equipo Pillow N.º 1 durante la producción de pan regular de enero a agosto de 2017	92
Cuadro 22 Datos técnicos del equipo Pillow N.º 1 durante la producción de pan regular de enero a julio de 2017	93
Cuadro 23 Cálculo de disponibilidad de los equipos Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante la producción de pan regular de enero a julio del 2017	93
Cuadro 24 Cálculo de desempeño de los equipos Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante la producción de pan regular de enero a julio del 2017	94
Cuadro 25 Calculo de calidad de los equipos Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante la producción de pan regular de enero a julio del 2017	95
Cuadro 26 Eficiencia global de los equipos de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante la producción de pan regular de enero a julio del 2017	95
Cuadro 27 Medición del OEE del equipo Pan O Mat de enero – julio del 2017	98
Cuadro 28 Medición del OEE del equipo Pillow N.º 1 de enero – julio de 2017	99
Cuadro 29 Programa de capacitación	102
Cuadro 30 Instructivo de operación de la máquina banda boleadora.....	103

Cuadro 31 Instructivo de operación de la máquina Pan O Mat.....	104
Cuadro 32 Instructivo de operación de la máquina aplanadora bolas	105
Cuadro 33 Instructivo de operación la máquina Pillow N.° 1	106
Cuadro 34 Registro de mantenimiento autónomo de la máquina banda aplanadora bolas	106
Cuadro 35 Registro de mantenimiento autónomo de la máquina Pan O Mat.....	107
Cuadro 36 Registro de mantenimiento autónomo de la máquina aplanadora.....	107
Cuadro 37 Registro de mantenimiento autónomo de la máquina Pillow N.° 1	107
Cuadro 38 Procedimiento de limpieza de la máquina banda boleadora.....	109
Cuadro 39 Procedimiento de limpieza de la máquina Pan O Mat.....	110
Cuadro 40 Procedimiento de limpieza de la máquina aplanadora.	111
Cuadro 41 Procedimiento de limpieza de la máquina Pillow N.° 1	111
Cuadro 42 Procedimiento de limpieza de motores	112
Cuadro 43 Auditoria de orden y limpieza de la máquina banda transportadora....	112
Cuadro 44 Auditoria de orden y limpieza de la máquina Pan o Mat	113
Cuadro 45 Auditoria de orden y limpieza de la máquina aplanadora	113
Cuadro 46 Auditoria de orden y limpieza de la máquina pillow N.° 1	113
Cuadro 47 Master de mantenimiento de la máquina Pan O Mat	114
Cuadro 48 Master de revisión de la máquina Pan O Mat	115
Cuadro 49 Master de lubricación de la máquina Pan O Mat.....	116
Cuadro 50 Master de mantenimiento de la máquina Pillow N.° 1	116
Cuadro 51 Master de revisión de la máquina Pillow N.° 1	117
Cuadro 52 Master de lubricación de la máquina Pillow N.° 1	117

Cuadro 53 Porcentajes de desperdicio y costos generados por pan regular, cuarto de libra y big mac durante enero a julio de 2017	118
Cuadro 54 Resumen del OEE de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 de enero a julio del 2017.....	131
Cuadro 55 Costo económico mensual del proyecto	139
Cuadro 56 Análisis financiero, cálculo del VAN y TIR.	141
Cuadro 57 Cronograma de implementación de agosto	144
Cuadro 58 Cronograma de implementación de septiembre.....	145
Cuadro 59 Cronograma de implementación de octubre	146
Cuadro 60 Cronograma de implementación de noviembre.....	147
Cuadro 61 Elementos que conforman las máquinas Pan o Mat y Pillow N.º 1	159
Cuadro 62 Instructivo de operación de la banda boleadora	160
Cuadro 63 Instructivo de operación de la máquina Pan o Mat	161
Cuadro 64 Instructivo de operación de la máquina aplanabolos	162
Cuadro 65 Instructivo de operación de la máquina Pillow N.º 1	163
Cuadro 66 Registro de datos de la banda boleadora	164
Cuadro 67 Registro de datos de la máquina Pan o Mat	165
Cuadro 68 Registro de datos de la máquina aplanabolos	166
Cuadro 69 Registro de datos de la máquina Pillow N.º 1	167
Cuadro 70 Instructivo de limpieza de la banda boleadora	168
Cuadro 71 Imágenes guía del instructivo de limpieza de la banda boleadora	169
Cuadro 72 Instructivo de limpieza de la máquina Pan o Mat.....	170
Cuadro 73 Instructivo de limpieza de la máquina aplanabolos	171

Cuadro 74 Instructivo de limpieza de la máquina Pillow N.° 1	172
Cuadro 75 Instructivo de limpieza de motores	173
Cuadro 76 Auditorias de limpieza de la banda boleadora	174
Cuadro 77 Auditorias de limpieza de la máquina Pan o Mat	175
Cuadro 78 Auditorias de limpieza de la máquina aplanadora	176
Cuadro 79 Auditorias de limpieza de la máquina Pillow N.° 1	177
Cuadro 80 Orden de trabajo del master de mantenimiento preventivo de la banda boleadora	178
Cuadro 81 Orden de trabajo del master de mantenimiento preventivo del recuperador de harina	179
Cuadro 82 Orden de trabajo del master de mantenimiento preventivo de la máquina Pan o Mat	180
Cuadro 83 Orden de trabajo del master de mantenimiento preventivo de la máquina Pillow N.° 1	181
Cuadro 84 Orden de trabajo del master de revisión preventivo de la máquina Pan o Mat	182
Cuadro 85 Orden de trabajo del master de revisión preventivo de la máquina Pillow N.° 1	183
Cuadro 86 Orden de trabajo del master de lubricación preventivo de la máquina Pan o Mat	184
Cuadro 87 Orden de trabajo del master de lubricación preventivo de la máquina Pillow N.° 1	185

Lista de figuras

Figura 1 Tipos de productos elaborados en Panifresh S.A (Fuente: Manual de calidad).....	10
Figura 2 Historial de producción en docenas del año 2016 - 2017	16
Figura 3 Promedio de mezcla producida por producto	17
Figura 4 Porcentaje de desperdicio por no calidad y fallo mecánico durante el año 2016.....	19
Figura 5 Porcentaje de desperdicio por “no calidad” y falla mecánica.....	20
Figura 6 Pareto de máquinas que generan mayor desperdicio de pan y masa de enero a julio del 2017	21
Figura 7 Pareto de máquinas que se encuentran mayor tiempo detenidas de enero a julio del 2017.....	22
Figura 8 Agrupación de las pérdidas en función de los efectos que provocan.	35
Figura 9 Estructura promocional TPM	41
Figura 10 Coeficientes que intervienen en el cálculo de la eficiencia global	46
Figura 11 Parámetros para calcular el OEE.....	48
Figura 12 Tiempos operativos de acuerdo con las pérdidas asociadas a los equipos	52
Figura 13 Términos japoneses de las 5 S.....	55
Figura 14 Guía técnica de máquina Pan O Mat.....	74
Figura 15 Pareto donde se identifican las averías que se dan con más frecuencia en la máquina Pan O Mat.	76
Figura 16 Guía técnica máquina Pillow N.º 1	82

Figura 17 Averías de la máquina Pillow N.º 1 que se presentaron con más frecuencia de enero a julio del 2017	84
Figura 18 Value stream map de manufactura de pan regular de enero a julio del 2017.....	96
Figura 19 Continuación del Value Stream Map de manufactura de pan regular de enero a julio de 2017	97
Figura 20 Disponibilidad, rendimiento y calidad del equipo Pan O Mat.....	98
Figura 21 OEE de la Pan O Mat contra el estándar definido como aceptable	99
Figura 22 Disponibilidad, rendimiento y calidad del equipo Pillow # 1	100
Figura 23 OEE de la Pillow # 1 contra el estándar definido como aceptable.....	100
Figura 24 Porcentaje de desperdicio por no calidad y fallo mecánico durante el periodo de enero a julio del 2017.....	119
Figura 25 Porcentaje de desperdicio por no calidad y fallo mecánico durante enero a julio del año 2017.....	120
Figura 26 Tendencia del porcentaje de desperdicio por fallo mecánico el año 2016 y de enero a julio del 2017.....	121
Figura 27 Tendencia de la disponibilidad de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 de enero a julio del 2017.....	122
Figura 28 Numero de averías por mes presentadas en las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 de enero a julio del 2017.	124
Figura 29 Rendimiento de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante enero a julio del 2017.....	125
Figura 30 Porcentaje de ciclo de producción de las máquinas Pan O Mat y Pillow	

N. ° 1 con respecto al ciclo de producción máximo.	128
Figura 31 Tendencia de la calidad de producción de las máquinas Pan O Mat y Pillow N. ° 1 de enero a julio del 2017.	128
Figura 32 Unidades defectuosas producto de las máquinas Pan O Mat y Pillow N. ° 1 de enero a julio del 2017.....	130
Figura 33 OEE de las máquinas Pan O Mat y Pillow N. ° 1 con respecto al estándar definido como inaceptable y aceptable en el periodo de enero a julio del 2017 ...	132
Figura 34 Value stream map de manufactura de pan regular futuro	136
Figura 35 Continuación del Value Stream Map de manufactura de pan regular ...	137
Figura 36 Retorno de la inversión	142

Resumen ejecutivo

Hoy en día, en la industria alimentaria se encuentran diversas tecnologías y procesos de producción. Se pueden encontrar, por ejemplo, pequeñas empresas que basan sus actividades en labores manuales o artesanales, y otras que presentan un variado sistema de automatización en ellas; con lo que se busca aumentar la producción y mejorar la calidad del producto.

Considerando lo anterior, el objetivo de este trabajo de investigación es que la empresa Panifresh pueda satisfacer de mejor manera las necesidades del cliente, al buscar mejorar la calidad de sus productos con la implementación del ***mantenimiento productivo total*** en la forma más adecuada para ese propósito.

La empresa Panifresh se especializa en la elaboración y suministro de pan para hamburguesa a la cadena de restaurantes McDonald's. Esta empresa debe satisfacer los estándares requeridos por sus clientes, por lo cual en ella se es muy riguroso en el cumplimiento con los programas de los diferentes controles.

Para los fines del estudio se evalúan aspectos como: peso, tamaño, color, sabor, textura, corte de los productos, entre otros. Debido a la necesidad de cumplir con los estándares establecidos y por el interés de aumentar la eficiencia de la planta, surge la decisión de implantar el ***mantenimiento productivo total***.

El ***mantenimiento productivo total (TPM)*** es una práctica que surgió en Japón, la cual busca eliminar cualquier pérdida asociada con los procesos de producción. El TPM no solo procura un correcto mantenimiento de la planta, sino que también se basa en el trato que se le da al personal de trabajo. Entonces, se

combina la satisfacción del empleado con la labor que realiza lo que significa un incremento considerable en la producción.

A continuación se presenta un breve resumen de los aspectos relevantes de este trabajo de investigación:

El capítulo I se hace el diagnóstico del problema por resolver. Se detalla primeramente información sobre la empresa y acerca de la maquinaria que presenta los mayores desperdicios y averías.

El capítulo II se inicia con la definición, la historia y la evolución a través de los años del mantenimiento, hasta el desarrollo del TPM. Se plantean conceptos, características, objetivos, beneficios y etapas del TPM.

El capítulo III contiene al marco metodológico, en el que se explican los métodos utilizados para analizar la problemática de la investigación, explicación que se basa en los conceptos y fundamentos propuestos en el marco teórico.

El capítulo IV corresponde al diseño o desarrollo. En este capítulo se diagnostica la situación actual de la empresa y se plantea el problema por resolver, para luego proponer soluciones a partir del análisis de los resultados obtenidos con los que se buscan esas soluciones.

INTRODUCCIÓN

1. Título del Seminario de Graduación

Implementación del ***mantenimiento productivo total***.

2. Planteamiento del problema en estudio

¿Cuál es el programa de Mantenimiento productivo total adecuado para la empresa Panifresh, ubicada en San Antonio provincia de Alajuela?

3. Justificación

La empresa Panifresh es uno de los grandes suplidores de productos a base de harina nacional e internacionalmente, la cual se encuentra en Montecillos de Alajuela. Esta empresa cuenta con equipos para áreas como refrigeración, cocción y panadería, los cuales permanecen trabajando sin descanso para poder cumplir con la demanda diaria.

La compañía está interesada en aumentar la eficiencia de la planta y organizar las actividades de mantenimiento, por lo cual se proponen incorporar el ***mantenimiento productivo total***.

Actualmente solo aplican mantenimientos correctivos, por lo cual se presentan averías con mucha frecuencia, que llegan a provocar paros en toda la planta, debido a que no se eliminan la causa de esas averías.

Con el ***mantenimiento productivo total*** se buscará no solo recurrir a mantenimientos básicos de limpieza sino que también se harán mantenimientos preventivos, los cuales no se aplican actualmente en la Panificadora. Además, se organizará y calificará al personal de trabajo, de tal manera que se garantice la fiabilidad de los equipos cuando estén operando, con el fin de obtener un funcionamiento óptimo y evitar paros por averías

4. Objetivos de la investigación

4.1 Objetivo general

Elaborar un programa de mantenimiento de producción total adecuado para la empresa Panifresh, ubicada en San Antonio provincia de Alajuela.

4.2 Objetivos específicos

- Definir indicadores en la maquinaria, como la calidad derivada del porcentaje de maquinaria en buen estado, la eficiencia que tuvo esta maquinaria durante un proceso y la tasa de disponibilidad.
- Definir la relación entre la producción y los recursos necesarios para llegar a alcanzar altos niveles de producción y evitar pérdidas.
- Definir la relación y las actividades que deben efectuarse en los sectores administrativos y operativos con respecto al ***mantenimiento productivo total***.
- Establecer un plan de capacitación adecuado para que el personal operativo pueda realizar actividades de mantenimiento básico.
- Definir relaciones y actividades que integren el plan de mantenimiento con los ejes básicos de calidad total, como calidad del producto, costos y plazos de elaboración.
- Evaluar los costos que tendría el implementar el ***plan de mantenimiento productivo total*** en la empresa.
- Determinar la rentabilidad económica del proyecto.

5 Alcances y limitaciones

- Entre los alcances de este estudio se establece primeramente la definición de las áreas operativas en donde se puedan aplicar los programas de mantenimiento productivo total, según la disponibilidad que les asigna la Universidad. De esta forma esta se compromete a asignarle a otro estudiante el final de la asignación de los programas del ***mantenimiento productivo total*** en las áreas que faltaron.
- La ubicación de la Panificadora dificulta el traslado para el desarrollo de esta investigación, ya que el autor vive en Heredia y el recorrido hasta la empresa se torna extenso.
- Las máquinas no cuentan con su debido manual de mantenimiento y operación, debido a que son máquinas usadas que fueron compradas en Estados Unidos de América sin el manual incluido. También, por la antigüedad las máquinas solo cuentan con manuales de partes y no de operación o mantenimiento, y no se encuentra información de los manuales en internet. Es necesario tener en cuenta que las máquinas no son enviadas directamente a Costa Rica, pues antes se envían a Guatemala, a la empresa matriz, en donde se les da mantenimiento, y al ser enviadas a Costa Rica esto se hace sin los manuales.

6 Antecedentes

6.1 Título: Implementación del ***mantenimiento productivo total***

Autor: Ing. Miguel Ángel Hortales Rendón

Universidad: Universidad Autónoma de Nuevo León

Año: 1997

En esta tesis se presenta un modelo de desarrollo e implementación del mantenimiento productivo total, con el cual se busca una mejora en la productividad, confiabilidad y disponibilidad de maquinaria y equipo. Se buscará la excelencia con una operación adecuada y un mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, planeado para aumentar la satisfacción de los clientes y empleados, eficiencia, mejora en la calidad en la línea de producción y tiempo de entrega. Ello para optimizar los recursos, así como para establecer una mejor comunicación dentro y fuera de la empresa.

En la presentación de lo que es mantenimiento productivo total el autor se enfoca en aspectos como:

1. Capacitación o educación.
2. Limpieza y atención básica.
3. Mantenimiento planeado.
4. Mejora y efectividad de las máquinas.
5. Mantenimiento de calidad.
6. Optimización de recursos.

Las metodologías usadas por el autor para aplicar el ***mantenimiento productivo total*** fueron de seis fases, como se explica a continuación.

La primera fase fue impartir el curso de Limpieza y atención básica a todo el personal que labora en la empresa, con el fin de implementar el programa TPM y poder cumplir con los requisitos deseados del cliente y poder entregar el producto “justo a tiempo”.

La segunda fase consiste en capacitar al personal del departamento de mantenimiento al impartirle el curso de mantenimiento correctivo planeado.

En la tercera fase se imparte el curso de efectividad total del equipo al personal de supervisión del departamento de producción, mantenimiento, herramental e ingeniería industrial.

La cuarta fase es para elaborar estándares de limpieza y atención básica, y su implementación en el nivel planta.

En la quinta fase se colocan gavetas con herramientas para poder cumplir con los estándares de limpieza y atención básica.

La sexta fase consiste en medir la efectividad total del equipo (ETE) tomando como modelo una línea de cubado y registrar en los tres turnos la disponibilidad, el desempeño y la calidad.

Aunque esta tesis está basada en la industria automotriz puede ser aplicada en cualquier área, por lo cual es tomada en cuenta para la elaboración de este trabajo de investigación.

6.2 Título: Programa de mantenimiento preventivo para cocinas industriales

Autor: Gustavo Alonso Vega Góngora

Universidad: Universidad Internacional de las Américas

Año: 2013

En esta tesis se puede observar un claro ejemplo del desarrollo y aplicación del mantenimiento preventivo aplicado en las áreas de refrigeración, cocción y panadería, el cual ayuda a emplear una estructura acorde con lo establecido en el tema, ya que son equipos similares, por lo cual presentan condiciones similares de deterioro.

El tercer capítulo es el más importante ya que en él se elaboran los manuales de fallas, inspecciones y mantenimiento preventivo, que serán de gran ayuda para enfocarlo en los pilares basados en el ***mantenimiento productivo total***. Estos manuales servirán de base para la toma de decisiones ante fallas y mantenimientos. Además, será una guía para una adecuada aplicación de los métodos preventivos que se vayan a utilizar, y para la conducción del personal técnico de la empresa, ya que el desconocimiento puede llevar a un deterioro prematuro, que es lo contrario de lo que se busca, porque se espera que el equipo cumpla con la vida útil para la cual fue diseñado.

En el trabajo se definen las actividades por desarrollar, la frecuencia con la que se debe realizar el mantenimiento preventivo, y el personal que lo debe realizar. También establece la función exacta del departamento de servicio técnico, así

como el personal necesario para llevar a cabo las actividades y el periodo en el que se realizarán.

Otro aspecto de recalcar es que presenta un manual de partes de equipos en los que se realizan los mantenimientos, en el que se pueden encontrar figuras detalladas de cada subparte específica en el manual de fallas, con lo cual se espera tener un apoyo para poder consultar sobre los trabajos realizados en los equipos, dado que son similares a los que se encontrarán en esta tesis.

CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO

1. Descripción de la empresa

En 1992 la familia Beneitez de La Piedad y Paiz se asocian para fundar la empresa Panificadora Industrial de Centroamérica, con el objetivo de liderar el mercado nacional. En 1996, Juan Carlos Paiz, presidente de Panificadora Industrial de Centro América y Craig W. Olson, presidente de Fresh Start Bakeries de Estados Unidos de América se asocian para crear la Panifresh, S.A., con el propósito de elaborar pan para hamburguesa para McDonald's y surtir la región centroamericana.

Panifresh es una panificadora situada originalmente en Guatemala, la cual se fue expandiendo a lo largo de América Latina. Actualmente provee y distribuye su producto directa e indirectamente a más de 645 restaurantes de McDonalds, ubicados en 21 países en Sur América (Colombia, Venezuela, Surinam, Perú y Ecuador); Centroamérica (Panamá, Costa Rica, Honduras, Nicaragua, El Salvador, Guatemala), México; el Caribe (Puerto Rico, Martinica, Guadalupe, República Dominicana, Jamaica), y en Atlanta surte a otras islas del Caribe, como Aruba, Curazao, San Martín y Santa Cruz.

En el 2014 Panifresh instala una planta en Montecillos, San Antonio de Alajuela, Costa Rica. Dicha planta tiene una capacidad de producción de 2000 docenas por hora para un proceso de flujo continuo. Actualmente el proceso productivo de la empresa Panifresh Costa Rica, S.A. es exclusivamente para el cliente de McDonald's.

Los productos principales de esta cadena de restaurantes de comida rápida



Figura 1 Tipos de productos elaborados en Panifresh S.A (Fuente: Manual de calidad)

son:

Es un pan de textura suave y fresca totalmente horneado, con color dorado uniforme, listo para consumo. Puede ser decorado con diferentes *topping* en la corona y es cortado con sierra de acero inoxidable a alta velocidad. Los ingredientes usados para la fabricación de este pan son los especificados por el cliente o por Panifresh. Su empaque primario es film de polietileno y empaque secundario, en bandejas plásticas para el producto fresco, cuya vida útil es de 6 días, y en cajas de cartón corrugado para el producto congelado, con 90 a 120 días de vida útil.

2. Instalaciones

La empresa Panifresh se caracteriza por ser una panadería de nivel industrial, por lo cual cuenta con una línea de producción completamente automatizada. En Panifresh se elaboran tres tipos de productos: regular, cuarto de libra y Big Mac, de los cuales el primero es el más producido. La planta tiene una capacidad de producción de 2.000 docenas por hora. Debido a la alta demanda generada por los clientes se debe mantener esta capacidad de producción. Para esto se utilizan equipos específicos de panadería los cuales deben estar siempre trabajando con

alta disponibilidad, rendimiento y calidad. Esto hace que su mantenimiento sea realmente importante, tanto para evitar desperdicios de producción como para evitar tiempos muertos.

La empresa la componen diferentes departamentos, como: departamento de materia prima y empaques, departamento de producción, departamento de empaque, bodega de producto terminado y congeladores, departamento de sanitización y departamento de mantenimiento. Algunos de estos departamentos trabajan durante toda la jornada laboral como los departamentos de producción y empaque, que están principalmente conformados por maquinaria industrial. Por eso es de suma importancia que estos departamentos trabajen de manera continua, ya que si se genera alguna anomalía esta afectaría toda la producción, debido a que es una línea de producción continua.

De lo expuesto hasta aquí surge la necesidad de obtener un máximo rendimiento del sistema de producción por medio de la correcta gestión de los equipos que lo conforman.

3. Proceso de elaboración del producto

La empresa Panifresh cuenta con una línea automatizada de equipos de panadería. La planta está dividida en dos áreas principales denominadas producción y empaque. El área de producción corresponde al proceso realizado antes del horneado, incluido este último en el proceso de producción. Este proceso de producción se divide en cinco secciones. A continuación se hará una explicación detallada de este proceso.

1. La primera sección se denomina FERMENTACIÓN, en la que se usa una mixer de esponjas para la mezcla de los kits de cada producto con agua, levadura y hielo. Luego esta mezcla es almacenada en un cuarto, denominado cuarto de bateas, durante dos horas para su crecimiento.
2. La segunda sección se denomina MEZCLA FINAL. En esta sección se encuentran la mixer mojada, la cual hace la mezcla de la masa reposada a la que se le agregan levadura, harina, agua y hielo.
3. La tercera sección se denomina ELABORACIÓN. Esta sección está segmentada en tres fases. La primera es PROPORCIONADO, en esta se realiza el corte de la masa en porciones que serán ubicadas en moldes. En esto se utilizan una extrusora y una máquina boleadora de barras. La segunda es REPOSOS. Para ello se utiliza una máquina denominada Pan O Mat, en la cual se almacenan las porciones de masa en guacales, para desplazarlos a la siguiente fase. La tercera fase se denomina PREFORMADO, en la cual se utiliza una máquina que aplasta la porción de masa con rodillos giratorios, para convertirla en una tortilla y para que esta se pueda ubicar en el molde; debido a eso se le llama máquina aplanabolas o moldeadora.
4. La cuarta sección se denomina PROOFER (fermentación), cuando se introducen los moldes a un sistema con temperatura y humedad controladas para contribuir en el crecimiento de la masa.
5. La quinta sección se denomina HORNEO. En esta sección se realiza un proceso de cocción por medio de calor seco.

Al finalizar el proceso de producción el producto es transportado por medio de bandas transportadoras al área de ENFRIAMIENTO, lo que asegura baja temperatura del producto y por lo cual un corte adecuado. Acto seguido el producto pasa por el DETECTOR DE METALES, debido a que en la industria de alimentos se debe tener un equipo que sea un punto crítico de control del proceso, en el que se puedan detectar riesgos físicos o partículas metálicas ferrosas, no ferrosas y acero inoxidable incrustadas en el pan o dentro de él. Al finalizar este proceso el producto es transportado al área de empaque.

El área de empaque se divide en cuatro secciones importantes como se detalla a continuación.

1. La primera sección se denomina CORTE. Después de que el producto es seleccionado de manera manual y se verifica que cumple con los requerimientos de calidad, es transportado a una máquina cortadora, la cual lo corta a 16 mm de la base con respecto a la corona, para asegurar un adecuado caramelizado.
2. La segunda sección se denomina EMPAQUE, SELLADO Y FECHADO, en la que se hace el empaque en bolsas de polietileno de baja densidad. Esto se hace con una máquina empacadora horizontal, y luego se anota la fecha con el número de lote de producción.

Después de que el producto es empacado se almacena para su despacho, ya sea a temperatura ambiente o congelado en el caso del producto de exportación.

4. Situación actual

Actualmente solo se realizan mantenimientos correctivos en la maquinaria, con la que se corrigen las fallas de la manera más rápida posible, lo que asegura que el equipo esté detenido durante el menor tiempo posible. Hay que considerar que este tipo de solución es temporal, ya que se soluciona el problema, pero no se elimina la causa. Debido a que los paros mecánicos en los procesos de operación ocurren con frecuencia, se debe recurrir a este tipo de mantenimiento, ya que el mantenimiento preventivo de la maquinaria no está debidamente controlado. Es importante recalcar que las máquinas no tienen manuales; por lo tanto, para la confección de las órdenes de trabajo del mantenimiento preventivo se recurrirá a manuales de máquinas similares a estas. Esto porque es de suma importancia que los equipos cuenten con manuales de mantenimiento que contemplen todo lo necesario para su correcto funcionamiento. Antes de empezar la producción se hace una revisión de arranque en toda la línea, la cual solo contempla revisiones superficiales. Por ello genera problemas en el momento de iniciar la producción, ya que se presentan averías como desincronización entre máquinas. Además, no se lleva un correcto registro de las averías, pues no son registradas. Los técnicos llevan una bitácora en la que registran las actividades diarias; pero estas no son reportadas.

Actualmente no se tiene conocimiento de los principales proveedores de los repuestos claves de la maquinaria, como por ejemplo el cabezal de la Pillow N.º 1. Cuando se necesita un repuesto clave se hace el pedido a la empresa matriz en

Guatemala y esta se encarga de comprar el repuesto y enviarlo a Costa Rica. Por otro lado, hay repuestos que se mandan a hacer, como en el caso de los rodillos, pero el dato de este repuesto no es registrado por el supervisor de repuestos.

Durante la recolección de datos se encontró que el ciclo nominal con el que se consignan algunos datos en los reportes de mantenimiento es basado en características de la línea de producción de la planta ubicada en Guatemala, la cual opera bajo condiciones diferentes de las de la planta de Costa Rica. Por eso se recomienda realizar un estudio en el que se actualicen estos datos de manera que cuenten con valores exactos de producción.

Lo expuesto anteriormente genera un incremento en el porcentaje de desperdicio que supera el estándar fijado por la empresa, ya que repercute en el buen estado de la maquinaria.

A partir de eso surge la necesidad de solucionar los problemas mecánicos y, por ende, disminuir el porcentaje de desperdicio. Para ello se recurre a la implementación del ***mantenimiento productivo total***, con lo cual se incrementará la eficiencia global de los equipos mediante la correcta gestión de mantenimiento. Ya que el ***mantenimiento productivo total***, eliminará los paros en las operaciones, aumentará el desempeño de los equipos y disminuirá los defectos en la producción derivados del contacto con los equipos.

5. Estudio preliminar para la implementación del ***mantenimiento productivo total***

A continuación se ilustran el historial de producción de docenas empacadas del

año 2016 y la producción de docenas del primer semestre del 2017, que sirven de referencia para el análisis por realizar en este estudio.

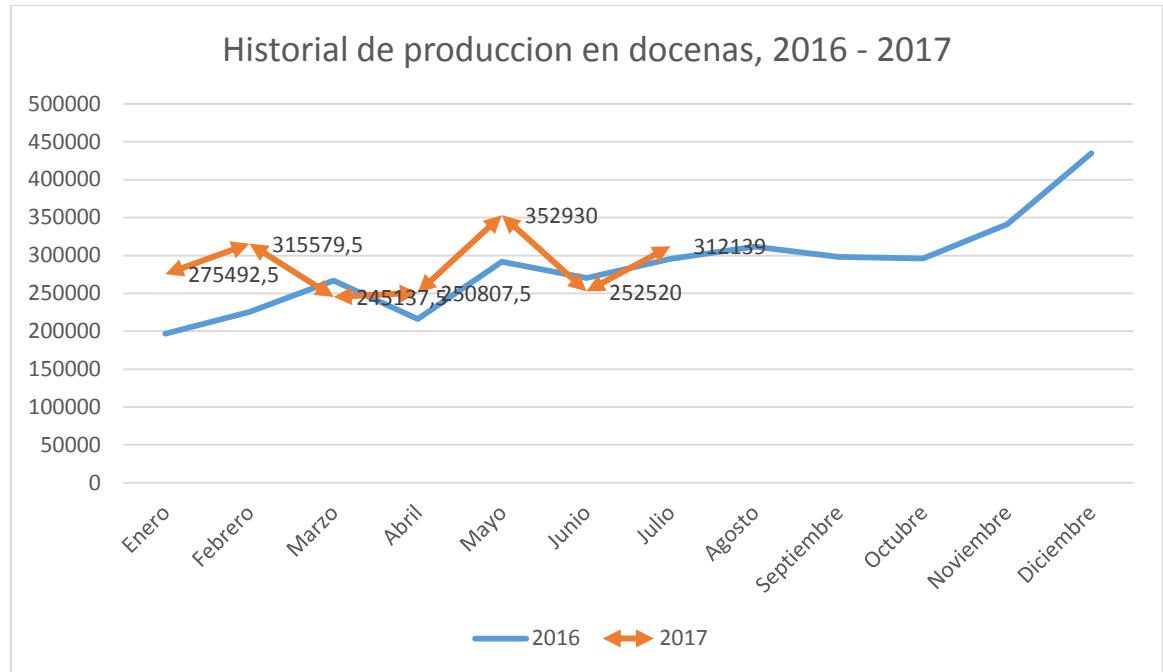


Figura 2 Historial de producción en docenas del año 2016 - 2017

En la figura anterior se observa el comportamiento de la producción durante el año 2017 con respecto al 2016, en el que se puede observar un incremento de 14% en el primer semestre del año 2017 con respecto al anterior. Esta producción es un conjunto de tres productos, regular, cuarto de libra y Big Mac, los cuales fueron detallados anteriormente en la descripción de la empresa.

En la figura 3 se muestra la mezcla promedio de productos en porcentaje que se produjeron en el año 2016 según las demandas de McDonald's. Se observa el pan regular como el más producido, con 49 % con respecto al cuarto de libra, con 35 %, y el Big Mac con 17 %.

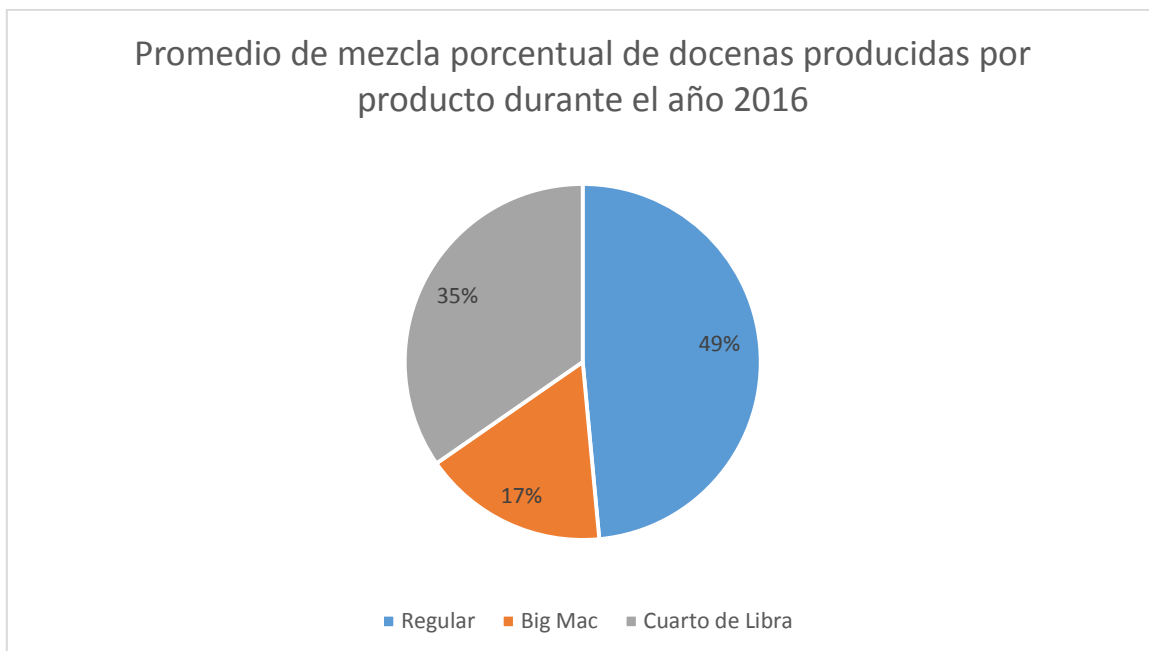


Figura 3 Promedio de mezcla producida por producto

La industria Panifresh tiene definido un estándar de 2% de desperdicio diario en cada producto, que no se está cumpliendo según el análisis realizado de 52 semanas, correspondientes a los meses de enero a diciembre del año 2016, ya que se tiene un promedio para los tres productos de 7,18%, divididos de la siguiente manera:

Producto	Mezcla de productos	% de desperdicio promedio	Costo
Regular	49 %	7.04 %	\$ 56.571,29
Big Mac	17 %	9.64 %	\$ 39.089,07
Regular	35 %	4.86 %	\$ 41.714,99
Total	100 %	7.18 %	\$ 137.375,35

Cuadro 1 Mezcla de productos, porcentaje de desperdicio promedio y el costo asociado al desperdicio en el año 2016.

Esto representó un costo total de \$ 137.375,35 en el año 2016; sin embargo, el producto que más volumen representa para la producción de Panifresh es el pan regular, con 49 %, y también el que más costo representa por su desperdicio; de manera tal que el proyecto se enfocará en este producto, para validar las mejoras por implementar. Cabe destacar que el porcentaje de desperdicio de cada producto se obtiene de dos variables. La primera variable pertenece al porcentaje de desperdicio por “no calidad” y la segunda variable se debe al porcentaje de desperdicio por falla mecánica. Estos porcentajes se calculan a partir de las docenas desperdiciadas por “no calidad” y por falla mecánica con respecto a las docenas totales producidas en relación con el promedio estándar fijado por Panifresh.

Producto	Promedio desperdicio no calidad	Promedio desperdicio mecánico	Total de desperdicio
Regular	5.03	2.01	7.04
Cuarto de libra	6.12	3.52	9.64
Big Mac	3.26	1.60	4.86
Total	4.80	2.38	7.18

Cuadro 2 Porcentaje de desperdicio por “no calidad” y falla mecánica durante el año 2016 en relación al porcentaje estándar definido por Panifresh.

En la figura 4 se observa el comportamiento del desperdicio por “no calidad” y por falla mecánica durante el año 2016 del pan regular. Es de suma importancia recalcar que estos porcentajes son calculados a partir de los kilogramos de masa y de pan desperdiciados, por “no calidad” y falla mecánica con respecto a la

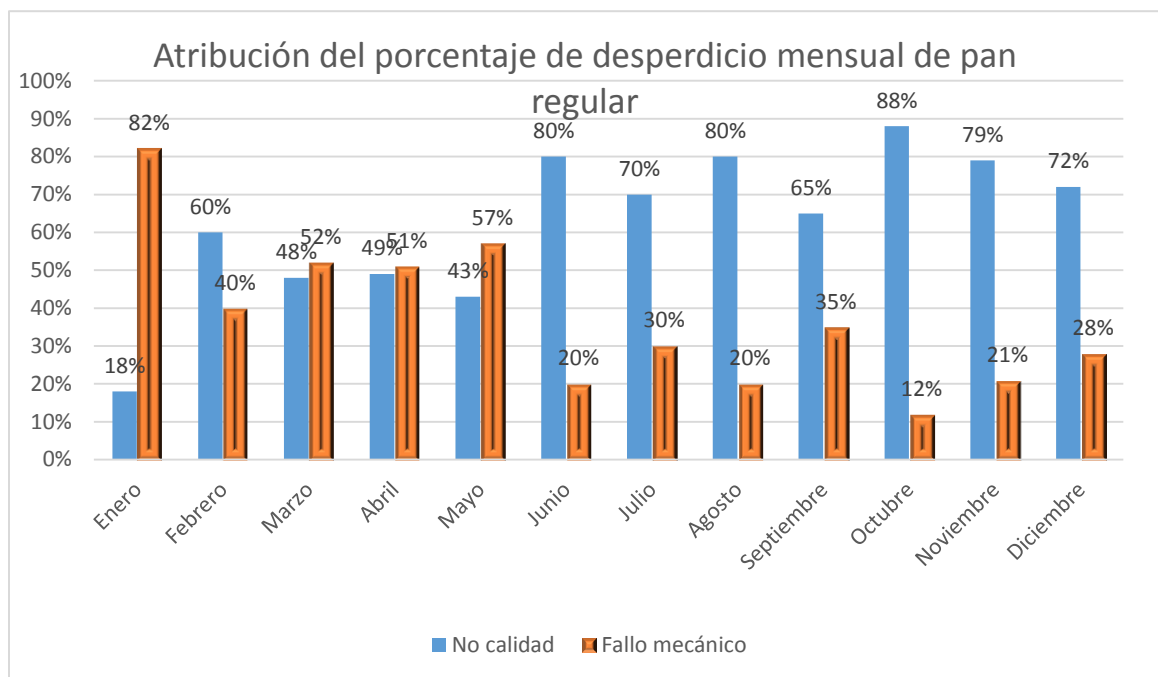


Figura 4 Porcentaje de desperdicio por no calidad y fallo mecánico durante el año 2016

producción total de cada mes del año 2016.

La figura 5 muestra que durante el año 2016 el promedio de desperdicio de pan regular por falla mecánica fue de 37 %, con respecto al desperdicio por “no calidad” de 63%. Estas fallas mecánicas se deben a que el mantenimiento preventivo no se estaba realizando, ya que se manipulo de manera negativa el mantenimiento preventivo de tal manera que los técnicos no realizaran las actividades correspondientes, debido a esto no se eliminaba la causa de las

averías. Solo se aplicaban mantenimientos correctivos, lo que originó deterioro en el estado de la maquinaria, disminución de la eficiencia de los ciclos productivos y baja disponibilidad de operación.

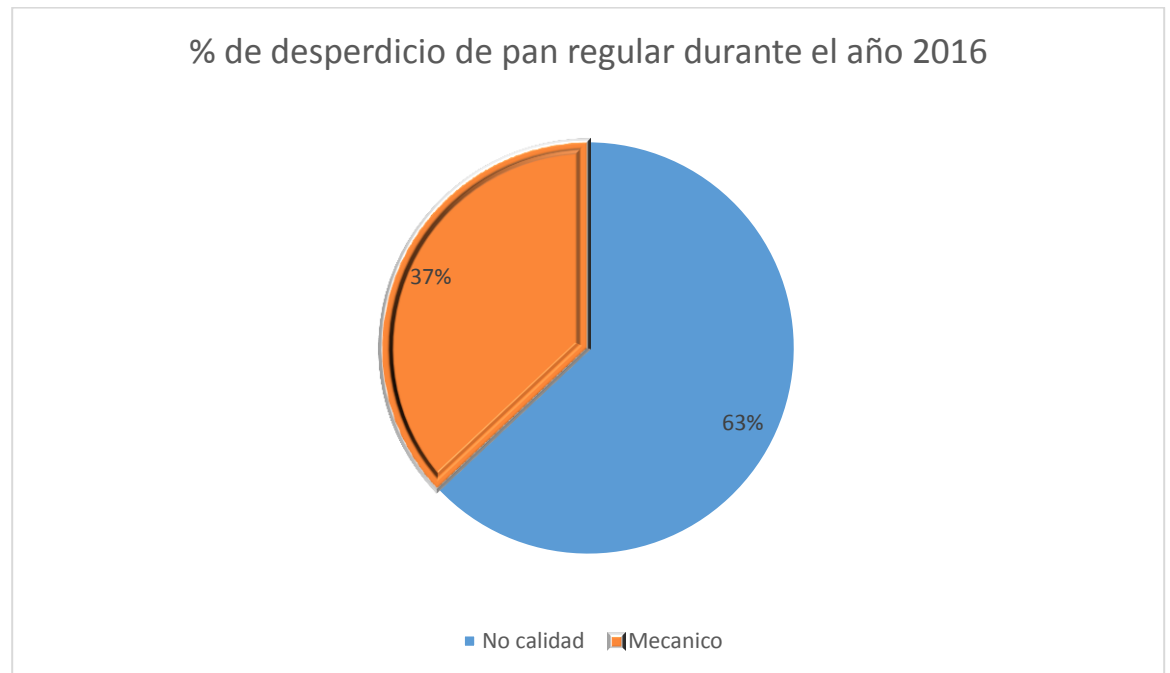


Figura 5 Porcentaje de desperdicio por “no calidad” y falla mecánica

5.1 Análisis reportes de mantenimiento de enero a julio del 2017

Anteriormente se mostró que durante el año 2016 una de las principales causas de desperdicio fueron las fallas mecánicas. Estas fallas mecánicas fueron responsables de 37% del desperdicio. Usando de referencia este dato se analizarán los reportes de mantenimiento de enero a julio del 2017, y se identificará cuáles equipos generan mayores problemas y que como consecuencia provocarían un aumento en desperdicios por falla mecánica.

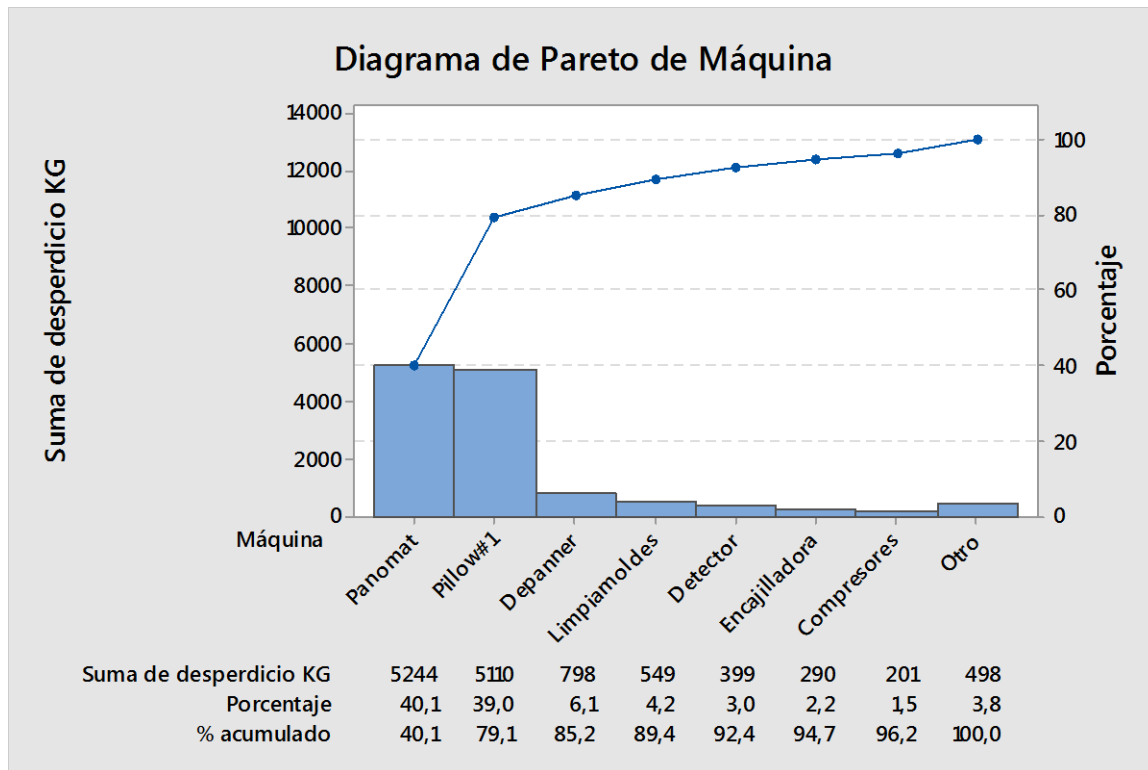


Figura 6 Pareto de máquinas que generan mayor desperdicio de pan y masa de enero a julio del 2017

En el Pareto de la figura anterior se observa que 80% de los desperdicios de masa y de pan se deben principalmente a dos máquinas, la Pan O Mat del área de producción y la Pillow N.º 1, que se localiza en el área de empaque. Estas dos máquinas han generado un desperdicio de pan y de masa de más de 5.000 Kg de enero a julio del 2017. Otro factor por tomar en consideración para identificar los equipos que generan mayores problemas en la empresa son los que mayor tiempo se encuentran detenidos.

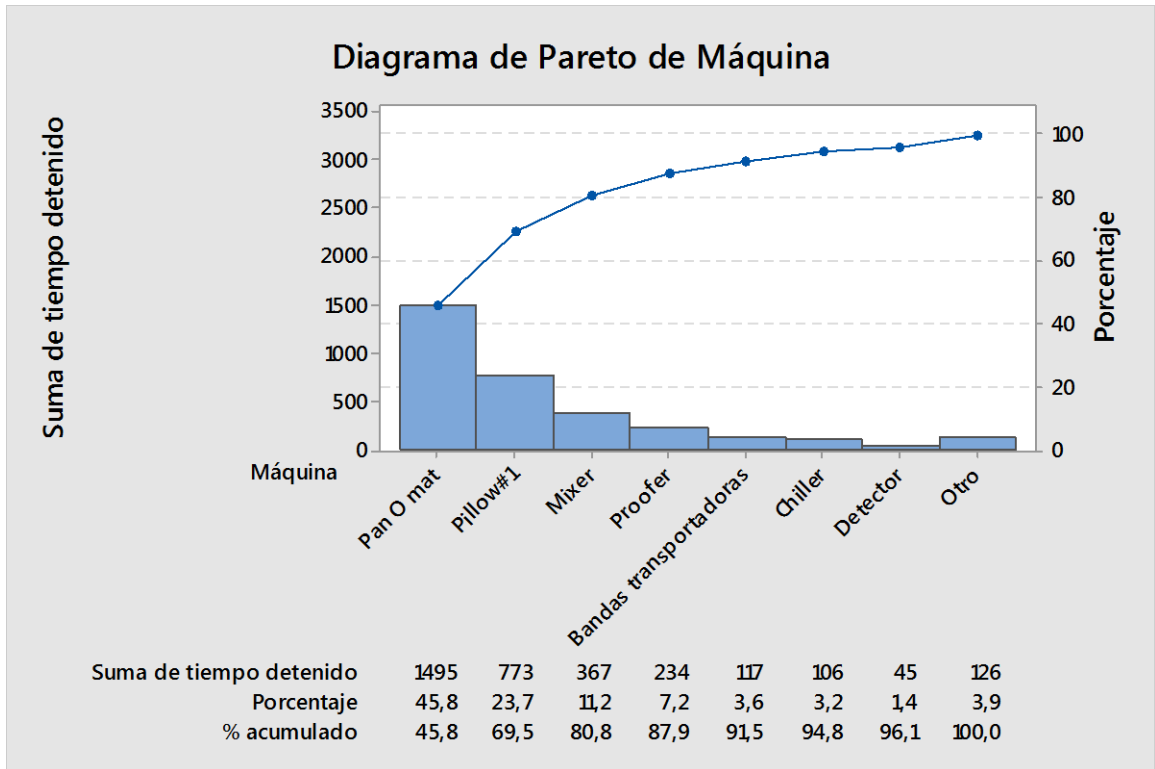


Figura 7 Pareto de máquinas que se encuentran mayor tiempo detenidas de enero a julio del 2017

En el Pareto de la figura 7 se observa que 80 % de las máquinas que se encuentran mayor tiempo detenidas son la Pan O Mat y la Pillow N.º 1. De nuevo, estas máquinas son las que generan 80 % de los problemas en este nuevo Pareto.

Tomando en consideración la información anterior se pueden atribuir la disminución de producción y el incremento en tiempos de espera a las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1, las cuales son 20% de las causas que generan 80% de los problemas. Esto forma parte del cuello de botella que restringe la capacidad de producción de la planta y genera ese desperdicio por falla mecánica. Debido a esto el proyecto se basará principalmente en la implementación del TPM en estas dos máquinas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

1. MANTENIMIENTO

Desde el principio de la humanidad, hasta fines del siglo XVII, las funciones de preservación y mantenimiento que el hombre aplicaba a las máquinas que utilizaba en la elaboración del producto o servicio que vendía a sus clientes, no tuvieron un gran desarrollo debido a la menor importancia que tenía la máquina con respecto a la mano de obra que se empleaba, pues hasta 1880 se consideraba que el trabajo humano intervenía en 90% para hacer un producto, y el escaso 10% restante era trabajo de la máquina. Por lo tanto, la conservación (preservación y mantenimiento) que se proporcionaba a los recursos de las empresas, hasta ese momento, era solamente una conservación correctiva, debido a que las máquinas solo se reparaban en caso de paro o falla importante; es decir, únicamente se proporcionaban acciones correctivas teniendo en mente el arreglo de la máquina y no se pensaba en el servicio que esta suministraba. Conforme la industria fue evolucionando, debido a la exigencia del público de mayores volúmenes, diversidad y calidad de productos, las máquinas fueron cada vez más numerosas y complejas; por lo que su importancia aumentó con respecto a la mano de obra. Con la Primera Guerra Mundial, en 1914, las máquinas trabajaron a toda su capacidad y sin interrupciones, no solamente las ocupadas en la industria común de los países beligerantes, sino también las que hacían armas, vehículos y artefactos bélicos, pues su funcionamiento era cuestión de vida o muerte. Por este motivo la máquina tuvo cada vez mayor importancia y aumentaron en cuanto a

número y cuidados. En esta forma nació el concepto de mantenimiento preventivo, el cual en la década de los veinte se aceptó prácticamente como una labor que, aunque onerosa, resultaba necesaria. Este procedimiento seguía guardando un enfoque máquina y las reparaciones que se le hacían eran con el criterio de que, si la máquina funcionaba bien, esta daría el producto o servicio adecuado.

Aproximadamente tres décadas más tarde, a partir de 1950 y por el desarrollo de los estudios de fiabilidad, la mente humana recapacitó y determinó, aunque no con una claridad diáfana, que a una máquina en servicio siempre la integraban dos factores: la máquina propiamente dicha y el servicio que esta proporciona. Por ejemplo, si se analiza un foco apagado se verá que solo está integrado por materiales tales como latón, vidrio o tungsteno, pero cuando se usa el foco aparece la luz, que ya no forma parte de este, sino que constituye el servicio que se desea y para lo cual fue hecha esta máquina. Por lo tanto, las tareas que se deben emprender para el cuidado de ambos (foco y servicio) son de dos tipos: al primero se le debe limpiar, protegerlo, no sobrecargarlo; en otras palabras, preservarlo para que dure en buenas condiciones el mayor tiempo posible. En lo que respecta al servicio (luz) que el foco proporciona se debe cuidar para que esté dentro de los parámetros de calidad deseada, y si por cualquier concepto no se obtiene dicha calidad se tendrá que reforzar o cambiar la máquina, o sea, el medio de obtener el servicio deseado. De esto se desprende el siguiente principio:

“El servicio se mantiene y el recurso se preserva”

La importancia de la máquina quedaba en segundo término, pues solamente era un medio para obtener un producto o servicio y, en última instancia, la

obtención del mencionado servicio era la razón de ser de todo centro fabril o empresa en general. Por esto sucedió que los proveedores de todo tipo de máquinas para conquistar el mercado hicieron estudios cada vez más serios y profundos sobre fiabilidad y mantenibilidad, con el objeto de que los usuarios de las máquinas tuvieran menos problemas en la preservación de estas y que las labores de mantenimiento se minimizaran y fueran productivas (Productive Maintenance = PM) y no un gasto obligado, es decir, un mantenimiento preventivo (Maintenance Preventive = MP). Esto dio lugar al nacimiento de grandes centros fabriles automatizados (industrias automovilísticas, de comunicaciones, de guerra, petroleras, etc.) y se desarrolló lo que se puede llamar una "ingeniería de conservación" (preservación y mantenimiento). La fecha 1950 puede tomarse como el parteaguas del pensamiento humano, cuando se relega a la máquina a ser un medio para conseguir un fin, el cual es el servicio que esta proporciona.¹

1.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando estas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por la falla.

Muchas empresas optan por el mantenimiento Correctivo, es decir, la reparación de averías cuando surgen, como base de su mantenimiento: más de 90% del tiempo y de los recursos empleados en mantenimiento se destinan a la reparación de fallas.

¹ Dounce, Enrique. (2007). LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. México. Patria.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas indudables:

- No genera gastos fijos
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad
- Solo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.

Esas son las razones por las que muchas empresas inclinan la balanza hacia el correctivo. No obstante, estas empresas olvidan que el correctivo también tiene importantes inconvenientes:

- La producción se vuelve impredecible y poco fiable. Las paradas y fallas pueden producirse en cualquier momento. Desde luego, no es en absoluto recomendable basar el mantenimiento en las intervenciones correctivas en plantas con un alto valor añadido del producto final, en plantas que requieren una alta fiabilidad (p. ej. empresas que utilizan el frío en su proceso), las que tienen unos compromisos de producción con clientes que sufren importantes penalizaciones en caso de incumplimiento (p.ej. la industria auxiliar del automóvil o el mercado eléctrico), o las que producen en campañas cortas (industria relacionada con la agricultura).
- Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes
- La vida útil de los equipos se acorta

- Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Por ello, la avería puede repetirse una y otra vez.
- Hay tareas que siempre son rentables en cualquier tipo de equipo. Difícilmente puede justificarse su “no realización” con base en criterios económicos: los engrases, las limpiezas, las inspecciones visuales y los ajustes. Determinados equipos necesitan, además de continuos ajustes, vigilancia, engrase, incluso para funcionar durante cortos periodos.
- Los seguros de maquinaria o de gran avería suelen excluir los riesgos derivados de la “no realización” del mantenimiento programado indicado por el fabricante del equipo
- Las averías y los comportamientos anormales no solo ponen en riesgo la producción: también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el ambiente.
- Basar el mantenimiento en la corrección de fallas supone contar con técnicos muy cualificados, con un *stock* de repuestos importante, con medios técnicos muy variados, etc.

En la mayor parte de las empresas difícilmente las ventajas del correctivo puro superarán sus inconvenientes. La mayor parte de las empresas que basan su mantenimiento en las tareas de tipo correctivo no han analizado en profundidad si esta es la manera más rentable y segura de abordar el

mantenimiento, y actúan así por otras razones.²

1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como su nombre lo indica, el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y subsistemas e inclusive partes. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de subensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones en que se considere importante realizarlos para evitar fallas. Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello los componentes de conservación, confiabilidad, mantenibilidad, y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos y empleados, sin importar su localización geográfica, ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento.

1.2.1 *Beneficios del mantenimiento preventivo*

- Reduce las fallas y tiempos muertos (incrementa la disponibilidad de equipos e instalaciones).
- Incrementa la vida de los equipos e instalaciones.
- Mejora la utilización de los recursos.
- Reduce los niveles del inventario.

² García, S. (2009). MANTENIMIENTO CORRECTIVO Organización y gestión de la reparación de averías. RENOVETEC, 4, pp.5-10.

- Ahorro, cuando los equipos trabajan más eficientemente el valor del ahorro es muy significativo.³

1.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

1.3.1 Organización para el mantenimiento predictivo

Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente. Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- Vibración de cojinetes
- Temperatura de las conexiones eléctricas
- Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente. Esto se logra mediante la toma de lecturas (por ejemplo, la vibración de un cojinete) en intervalos periódicos hasta que el componente se rompa o se averíe.

³ Guadalupe, J. MANTENIMIENTO PREVENTIVO. Sitio web:
<http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>

1.3.2 *Técnicas aplicadas al mantenimiento predictivo*

Existen varias técnicas aplicadas para el mantenimiento preventivo, entre las cuales destacan las siguientes:

- **Análisis de vibraciones.** El interés principal en el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral.
- **Análisis de lubricantes.** Estos se ejecutan dependiendo de la necesidad, según
 - **Análisis iniciales.** Se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del estudio de lubricación y permiten correcciones en la selección del producto motivadas por cambios en condiciones de operación.
 - **Análisis rutinarios.** Se aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo. El objetivo principal de los análisis son la determinación del estado del aceite, el nivel de desgaste y contaminación, entre otros.

- Análisis de emergencia, se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo o el lubricante.
- Análisis por ultrasonidos. Este método estudia las ondas de sonido de alta frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano. Los ultrasonidos permiten detectar:
 - Fricción en máquinas rotativas.
 - Fallas o fugas, o ambas, en válvulas.
 - Fugas de fluidos.
 - Pérdidas de vacío.
 - "Arco eléctrico".
 - Integridad de juntas de recintos estancos.
- Termografía. La termografía infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.
- Análisis por algoritmos estadísticos. Esta técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del álgebra de Boole, que permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él.
- Análisis eléctrico. El objeto del análisis eléctrico como técnica de mantenimiento predictivo es el de realizar estudios eléctricos de aquellos equipos que pueden presentar averías de origen electro-mecánico.⁴

⁴ Labaien, E. & Carrasco, G. (12 de noviembre de 2009). MANTENIMIENTO PREDICTIVO. septiembre 3, 2017 Sitio web:

1.4 MANTENIMIENTO PROGRAMADO

Este es otro sistema de mantenimiento que se practica hoy en día y que se basa en la suposición de que las piezas se desgastan siempre en la misma forma y en el mismo período, así se esté trabajando bajo condiciones diferentes.

En este tipo de mantenimiento se lleva a cabo un estudio detallado de los equipos de la fábrica y con él se determinan, con ayuda de datos estadísticos e información del fabricante, las partes que se deben cambiar, así como la periodicidad con que se deben hacer los cambios. Una vez hecho esto se elabora un programa de trabajo que satisfaga las necesidades del equipo.

Aunque este sistema es superior al mantenimiento correctivo presenta algunas fallas. La principal es el hecho de que, con el fin de prestar el servicio que ordena el programa a una determinada parte del equipo, sea necesario retirar o desarmar partes que estén trabajando en forma perfecta.

1.5 MANTENIMIENTO POR CONDICIÓN

Este, más que un tipo de mantenimiento, es una práctica que se debe seguir cuando se tiene implantado un determinado sistema de mantenimiento, y consiste en adecuar el programa según varíen las condiciones de producción (de uno a dos turnos) o las condiciones de operación (el ambiente de operación), teniendo en cuenta principalmente el efecto que cause esto en el equipo. En otras palabras, mediante esta práctica se mantiene actualizando el programa existente.⁵

<http://www.coiig.com/COIIG/dmdocuments/Formacion%20IKASI/cursos%20presenciales/mantenpre dic.documentacion.pdf>

⁵ Botero, G. (1991). Manual de mantenimiento. Santafé Bogotá : SENA.

1.6 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

El ***mantenimiento productivo total*** (TPM) es el mantenimiento productivo realizado por todos los empleados, ya sea de planta o administrativos, por medio de actividades de pequeños grupos. Como el control total de calidad (TQC), que es un control de calidad de toda la compañía para detectar la presencia de errores, el TPM es el mantenimiento de equipos realizado en toda la compañía.

El TPM es una dirección para la producción. En esta época, cuando todo está robotizado y se presentan equipos de automatización que trabajan durante las veinticuatro horas, la mínima interferencia humana es una realidad en el día a día. Al describir el control de calidad se dice que la calidad depende del proceso realizado en el departamento de fabricación. Ahora, con la creciente robotización y automatización es factible decir que la calidad depende del equipo. La productividad, el costo, el *stock*, la seguridad, el bienestar y el *output* de producción, así como la calidad, todo está ligado al equipo.

La meta del TPM es la de cero averías y cero defectos. Cuando se eliminan las averías y defectos las tasas de operación del equipo mejoran, los costos se reducen, el *stock* puede minimizarse y, como consecuencia, la productividad del personal aumenta.

Por supuesto, tales resultados no pueden lograrse de la noche a la mañana, ya que es un proceso de adaptación y desarrollo en la empresa. Normalmente toma un periodo de tres años desde la introducción del TPM hasta llegar a una completa implementación. Adicionalmente, en las fases tempranas del TPM la compañía

debe tener el gasto adicional de restaurar el equipo hasta una condición propia, y los de educación del personal acerca del equipo. El costo actual depende de la calidad del equipo y de la calidad del mantenimiento, así como de la formación de los empleados. Sin embargo, conforme se incrementa la productividad estos costos se reemplazan rápidamente por los beneficios. Como filosofía el TPM contiene diversos principios claves:

- Se debe maximizar la efectividad del equipo.
- Se debe establecer un plan completo de mantenimiento preventivo para aumentar la vida útil del equipo.
- Se deben incluir diversas áreas como ingeniería, operaciones y mantenimiento.
- Se debe incluir a cada empleado desde la administración hasta el personal de planta.
- El TPM basa su éxito en la promoción del mantenimiento preventivo, por medio de actividades grupales
- Se deben analizar y eliminar rigurosamente las pérdidas crónicas y las fallas catastróficas.

1.6.1 Las seis grandes pérdidas

El objetivo de un sistema productivo eficiente desde el punto de vista de los equipos es el de conseguir que estos operen de la forma más eficaz durante el mayor tiempo posible. Para ello es necesario descubrir, clasificar y eliminar los principales factores que merman las condiciones operativas ideales de los equipos,

lo que es un objetivo fundamental del TPM.

Los principales factores que impiden lograr maximizar la eficiencia global de un equipo se han clasificado en seis grandes grupos y son conocidos como las seis grandes pérdidas. Están agrupadas en tres categorías, tomando en consideración el tipo de mermas que pueden representar en el rendimiento de un sistema productivo, con intervención directa o indirecta de los equipos de producción.

A continuación se observa cómo se clasifican estas seis pérdidas (figura 8).

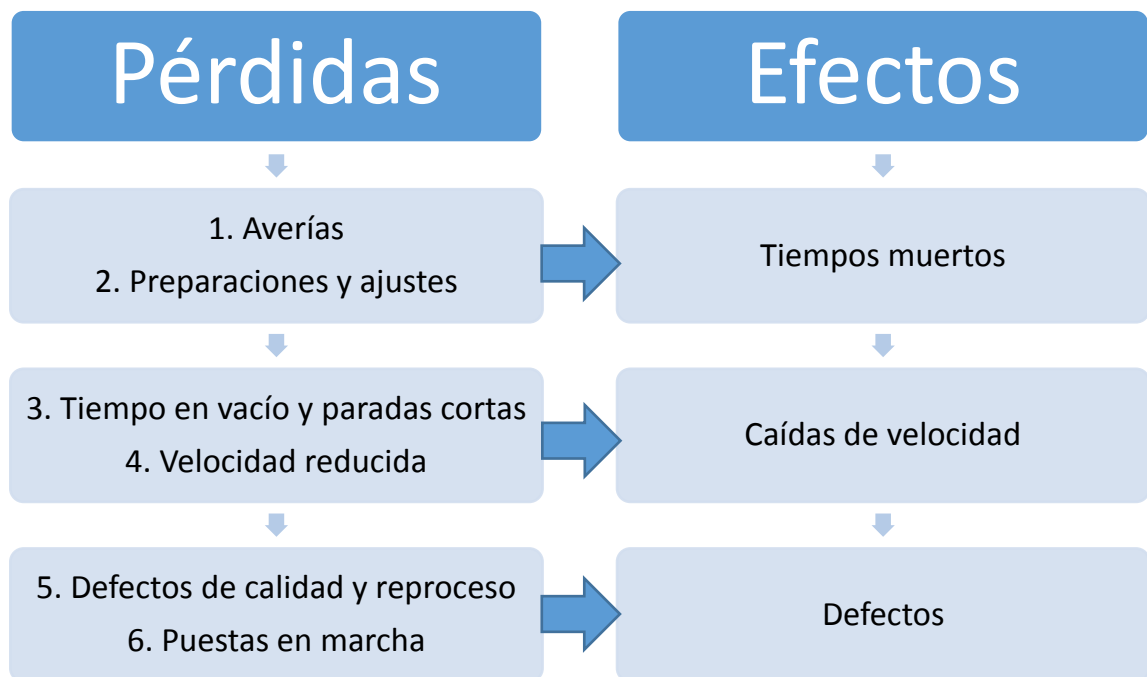


Figura 8 Agrupación de las pérdidas en función de los efectos que provocan.

1.6.1.1 Pérdidas por averías en los equipos

Las pérdidas por averías, errores o fallas del equipo provocan tiempos muertos del proceso por paro total debido a problemas que impiden su buen funcionamiento. Las averías y sus paros pueden ser de tipo esporádico o crónico.

Estos últimos constituyen aquel tipo de problemas que se repiten periódicamente. Ello redundará no solo en pérdidas de tiempo sino también, por supuesto, en pérdidas del volumen de producción que podría haberse tenido. Son problemas que surgen a lo largo del tiempo, una y otra vez

1.6.1.2 Pérdidas debidas a preparaciones y ajustes

Se trataremos en este punto del tiempo empleado en la preparación o cambio de útiles y herramientas y de los ajustes necesarios en las máquinas para atender los requerimientos de la producción de un nuevo producto o variante de este.

1.6.1.3 Pérdidas provocadas por tiempo de ciclo en vacío y paradas cortas

Este tipo de pérdidas hacen referencia a paradas breves, también conocidas como cortes de aire. Se trata de los tiempos en los que la máquina opera, pero lo hace sin efectuar la producción de pieza alguna, debido a un problema temporal.

1.6.1.4 Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida

Se hace referencia ahora a las pérdidas de producción ocasionadas por la diferencia que hay entre la velocidad prevista (de diseño) para el equipo en cuestión y la velocidad de operación real, y que tiene como consecuencia que la capacidad de producción también sea diferente.

Este tipo de pérdida también hace referencia a la situación creada cuando al operar a la velocidad diseñada se producen problemas de calidad o hay mecánicos que fuerzan la reducción de la velocidad.

1.6.1.5 Pérdidas por defectos de calidad, recuperaciones y reprocesados

Estas pérdidas incluyen el tiempo perdido en la elaboración de productos defectuosos, de calidad inferior a la exigida, a pérdidas de los productos irrecuperables y a las pérdidas provocadas por el reprocesado de productos defectuosos.

Como resultado de todo ello es frecuente que para este tipo de defectos se proceda a tirar el producto y a elaborar uno nuevo. Volver a realizar el trabajo exige horas y mano de obra, lo que se va a traducir en un tiempo y un costo adicionales que no estaban previstos, los cuales, sin añadir ningún valor al producto, van a encarecerlo.

1.6.1.6 Pérdidas de funcionamiento por puesta en marcha del equipo

Estas pérdidas se refieren al nivel de producción que se da en ocasiones en el arranque, y a la puesta en funcionamiento de determinadas máquinas, situado por debajo de la capacidad (y por tanto de lo que en TPM se ha llamado velocidad), que puede obtenerse con el mismo equipo una vez superada esta fase.

Se está, pues, ante una pérdida de rendimiento y su incidencia. Tendrá mayor o menor impacto dependiendo de las condiciones de operación y de las características del propio equipo, los problemas con los útiles o plantillas, las habilidades individuales de los operarios, etc.

Estas pérdidas deben minimizarse si se quiere aumentar la efectividad del equipo mediante procedimientos de arranque vertical (arranque inmediato, libre de

dificultades).⁶

⁶ Cuatrecasas, L., Torrel, F. (2010). TPM en un entorno Lean Management. Barcelona: Profit.

1.6.2 Organización para la implantación del TPM

1.6.2.1 Anuncio de la alta dirección sobre la decisión de introducir el TPM

El primer paso para implantar el TPM es anunciar oficialmente la decisión de hacerlo. La alta dirección debe informar a sus empleados que lo hará, con el fin de infundir entusiasmo por el proyecto. Esto puede ser por medio de una presentación formal en la que introduzca el concepto y se expliquen las metas y beneficios esperados, y también incluir propuestas personales de la alta dirección y a los empleados sobre las razones en que se fundamenta la decisión de implantar el TPM. Esto puede seguirse haciendo con información impresa en boletines internos.

Es esencial en este punto que la alta dirección tenga un fuerte compromiso con el TPM y entienda lo que entraña ese compromiso. Como se ha mencionado anteriormente, la preparación para la implantación significa crear un entorno favorable para un cambio efectivo. Durante este período (como en la fase de diseño de un producto) debe crearse un fundamento fuerte de forma que las posteriores modificaciones (como los cambios de diseño que pueden resultar en retrasos de entregas) no sean necesarias.

1.6.2.2 Lanzamiento de la campaña educacional

El segundo paso en el programa de desarrollo del TPM son el entrenamiento y la promoción, los que deben empezar tan pronto como sea posible después de introducir el programa.

El objetivo de la educación es no solamente explicar el TPM sino también elevar la moral y romper la resistencia al cambio, en este caso el cambio al TPM.

La resistencia al TPM puede adoptar diferentes formas: algunos trabajadores pueden preferir la división de tareas más convencional (los operarios manejan el equipo mientras los trabajadores de mantenimiento lo reparan). Los trabajadores de la línea de producción a menudo temen que el TPM incremente la carga de trabajo, mientras que el personal de mantenimiento es escéptico respecto de la capacidad de los operarios de línea para practicar el mantenimiento preventivo (PM). Adicionalmente, los que están practicando el PM con buenos resultados pueden dudar de que el TPM provea beneficios añadidos.

1.6.2.3 Crear una organización para promover el TPM

Una vez que se ha completado la educación introductoria en el personal de dirección (de jefes de sección hacia arriba) puede empezar la creación de un sistema promocional del TPM.

La estructura promocional TPM se basa en una matriz organizacional conformada por grupos horizontales, tales como comités y grupos de proyecto en cada nivel de la organización vertical de dirección. Esto es extremadamente importante para el éxito y desarrollo general del TPM. Como se ilustra en la figura 9, los grupos se organizan por rangos, por ejemplo, el comité promocional del TPM, los comités promocionales de fábrica y de departamento, y los círculos PM en el nivel del suelo de la fábrica. Es importante la integración arriba-abajo, desde las metas orientadas por la dirección con los movimientos desde abajo hasta las

actividades de los pequeños grupos en la fábrica.

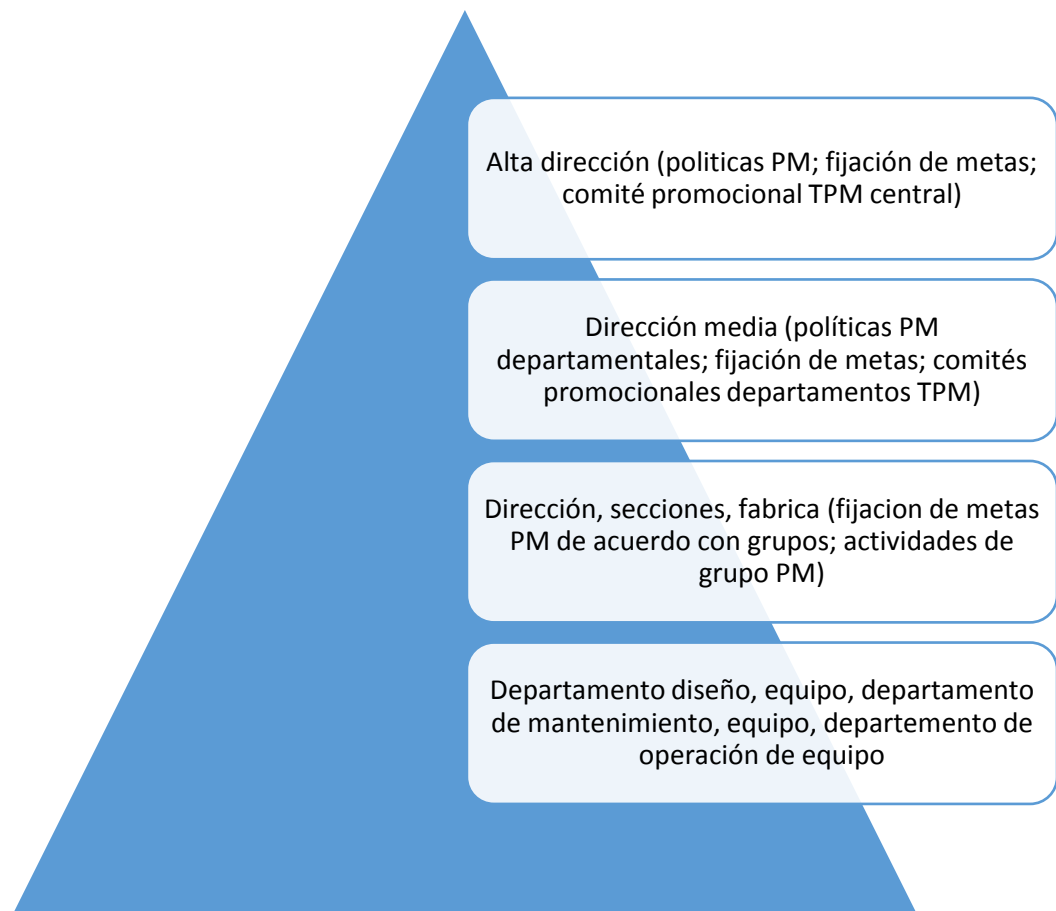


Figura 9 Estructura promocional TPM

1.6.2.4 Establecer políticas y metas para el TPM

Las oficinas centrales promocionales del TPM deben empezar por establecer políticas y metas básicas. Dado que toma como mínimo tres años moverse hacia la eliminación de defectos y averías a por medio del TPM, una política de dirección básica debe ser comprometerse con el TPM e incorporar procedimientos concretos de desarrollo del TPM en el plan de dirección general, de

medio y largo plazos.⁷

1.6.2.5 Formular un plan maestro para el desarrollo del TPM

Este es un paso importante, ya que en él se trata de establecer un plan concreto para la implantación del TPM, que integra las actividades secuenciales para conseguir las metas propuestas. Las principales actividades que deberá contener son:

- a. Establecimiento de un programa de mantenimiento autónomo llevado a cabo por los propios operarios.
- b. Mejorar la efectividad del equipo.
- c. Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado por el personal de mantenimiento.
- d. Aseguramiento de la calidad.
- e. Gestión temprana de equipos.
- f. Formación y entrenamiento para aumentar las aptitudes personales.⁸

⁷ Seiichi Nakajima. (1988). Introducción Al TPM. Capítulo 4.

⁸ Cuatrecasas, L., Torrel, F. (2010). TPM en un entorno Lean Management. Barcelona: Profit Editorial.

1.6.2.6 Inicio del TPM

Es el primer paso para la implantación, el comienzo de la batalla contra las seis grandes pérdidas. Durante la fase de preparación (pasos 1-5) la dirección y el *staff* profesional juegan el rol dominante. Sin embargo, a partir de este punto los trabajadores individuales deben cambiar desde sus rutinas de trabajo diario tradicionales y empezar a practicar el TPM. Cada trabajador juega ahora un rol crucial. Como alguien ha dicho, “No hay lugar para ser espectador en el TPM”, indicando que cada persona es un participante. No puede haber mirones. Por esta razón cada trabajador debe apoyar la política del TPM de la alta dirección por medio de actividades, para eliminar las seis grandes pérdidas.

1.6.2.7 Mejorar la efectividad del equipo

El TPM se implementa por medio de las cinco actividades de desarrollo básicas del TPM, la primera de las cuales es mejorar la efectividad de cada pieza del equipo que experimenta una pérdida.

El *staff* de ingeniería y mantenimiento, los supervisores de línea y los miembros de pequeños grupos se organizan en equipos de proyecto que buscarán mejoras para eliminar las pérdidas. Estas mejoras producirán resultados positivos dentro de la compañía. Sin embargo, durante las fases tempranas de la implantación habrá personas que duden del potencial del TPM para producir resultados, incluso algunos que hayan visto cómo en otras compañías el uso del TPM incrementa la productividad y la calidad, reduce los costos, mejora los resultados, y crea un entorno favorable de trabajo. Para superar estas dudas y

crear confianza en el TPM se debe demostrar efectividad centrando los esfuerzos de los grupos de trabajo en los equipos que sufren pérdidas crónicas durante la operación, piezas que mostrarán mejoras significativas en un periodo de tres meses. En cada taller se seleccionarán varias piezas de equipo como modelos, y a cada pieza se le asignará un equipo de proyecto.

Estos proyectos tienen un beneficio dual: prueban la efectividad del TPM y dan al *staff* de ingeniería y mantenimiento una experiencia directa. Adicionalmente, los líderes de grupo pueden usar esta experiencia ganada con la mejora de otros equipos en centros de trabajo individuales.⁹

1.6.2.7.1 Eficiencia global de los equipos

De acuerdo con lo que se ha expuesto hasta el momento, el TPM permite mejorar la eficacia con la que operan los equipos e instalaciones productivas, y, como resultado de ello, puede aumentar considerablemente la eficiencia del sistema productivo. Esta también es denominada eficiencia global de equipos, rendimiento operacional o, en nomenclatura anglosajona, OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

Las posibles mejoras en los equipos productivos y su operativa se centrarán especialmente, según se ha visto, en las seis grandes pérdidas, tanto las crónicas como las esporádicas, las provocadas por una causa única, por causas múltiples, o bien, por causas interrelacionadas. Su identificación y posterior reducción o eliminación será lo que permita progresar hacia el rendimiento óptimo del equipo

⁹ Seiichi Nakajima. (1988). Introducción Al TPM. Capítulo 4.

en cuestión.

Se verá en este capítulo cuáles factores van a ser los que van a incidir directamente en la obtención de lo que se denominará rendimiento o eficiencia global de los equipos productivos.

Va a ser fundamental para el logro con éxito de este objetivo activar y potenciar todos los recursos al alcance, considerando como tales el potenciar las tareas de mantenimiento llevadas a cabo por los operarios de producción, el denominado automantenimiento o mantenimiento de primer nivel, es decir, una implantación con éxito de las 5 S en el propio puesto de trabajo, y la reorganización del departamento de mantenimiento con el claro objetivo de trabajar con base en la mejora continua, y la reconducción de las tareas de este departamento hacia actividades de prevención de fallos y gestión de sus propios equipos y recambios.

Para conocer hasta qué punto es necesaria una actuación decidida en este sentido, o hasta qué punto la actuación que se ha tenido ha tenido como fruto una importante mejora de la eficiencia global y de los componentes del sistema. Es muy conveniente disponer de elementos que permitan medir dicha eficiencia.

Se definirá una medida que englobe distintos valores que permitan identificar con claridad qué tipo de deficiencias presenta el equipo. Este valor lo darán los siguientes coeficientes:



Figura 10 Coeficientes que intervienen en el cálculo de la eficiencia global

Estos coeficientes harán referencia, respectivamente, a los conceptos de tiempo requerido para trabajar y el tiempo que realmente está “operativo”, calidad del *output* o producto resultante del proceso productivo, y el tiempo que el equipo, a pesar de estar “operativo”, puede no estar produciendo; o bien, hacerlo a una velocidad inferior a la esperada.

Como puede deducirse fácilmente, cada uno de estos coeficientes hace referencia directa a una de las seis grandes pérdidas. El cuadro 3 muestra los

coeficientes de eficiencia y las pérdidas a que hace referencia cada uno.

Coefficiente de eficiencia	Tipos de pérdidas
Disponibilidad (D)	1. Averías 2. Tiempos de preparaciones
Efectividad, rendimiento o desempeño (E)	1. Paradas y tiempos de vacío 2. Reducción de velocidad
Calidad (C)	1. Productos defectuosos y reprocesados 2. Puestos en marcha sin producto real

Cuadro 3 Relación de los coeficientes de eficiencia global del equipo con las seis grandes pérdidas

De acuerdo con los coeficientes anteriores y las pérdidas a las que hacen referencia, se puede pasar ya a determinar la expresión de la eficiencia global. Se le aplicará lo mismo a un equipo, a un conjunto de equipos, a toda una línea o célula productiva, etc.

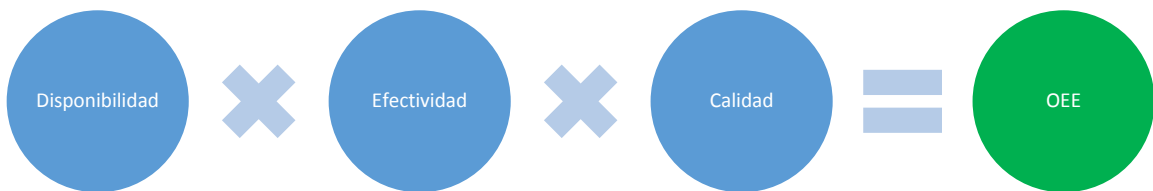


Figura 11 Parámetros para calcular el OEE

Rendimiento o eficiencia global de equipos productivos:

Donde:

D = Coeficiente de disponibilidad o fracción de tiempo en que el equipo está operando.

E = Efectividad o rendimiento de ciclo o nivel de funcionamiento de acuerdo con los tiempos de paro.

C = Coeficiente o tasa de calidad o fracción de la producción obtenida que

cumple con los estándares de calidad.

El coeficiente de eficiencia global se obtiene, pues, por determinación de la fracción de tiempo en que el equipo funciona, una vez deducidas las pérdidas derivadas de un funcionamiento incorrecto o incompleto, y deducidas también las que resultan de la obtención de despilfarros y reprocesos de productos defectuosos.

El resultado obtenido para la eficiencia global será un porcentaje que con anterioridad a la introducción de mejoras deberá determinarse, para poder así conocer cuál es el punto de partida del equipo cuya eficiencia quiere mejorarse, y cómo se va obteniendo la progresión de la eficiencia a medida que se implantan mejoras. Cada equipo tendrá unos puntos débiles claramente diferenciados de los que tenga otro. No será correcto hablar de un valor absoluto si no es la tendencia a lo largo del tiempo. Así, por ejemplo, se podrá llegar a valores de rendimiento cercanos a 80 – 85%, y, sin embargo, otro con menos posibilidades alcanza 65-70%, y será algo más que razonable. También estos niveles de eficiencia estarán determinados por la tipología del proceso por medir, que podrá ser totalmente automatizado, manual, combinando tareas manuales, con un cierto grado de automatización, etc.

1.6.2.7.2 Determinación de los tiempos que intervienen en el rendimiento

El tiempo disponible para operar a plena eficiencia (tiempo operativo eficiente) puede obtenerse a partir del tiempo total disponible deducidos los

correspondientes a todas las posibles pérdidas. El cuadro 4 contiene los tiempos así obtenidos.

Tiempo	Obtenido deduciendo del anterior los tiempos de:	Siglas y cálculos
Tiempo disponible	Tiempo previsto en que el equipo se pueda utilizar	TD
Tiempo de carga	Tiempo muerto para: Mantenimiento preventivo Mantenimiento productivo Descanso y paro previsto	TC
Tiempo operativo	Tiempo de paro para: Averías y reparaciones Preparaciones y ajustes Otros especiales	TO
Tiempo operativo real	Pérdidas de velocidad por: paradas cortas Reducciones de velocidad	$TOR = CR * Q$ Con: CR: Ciclo real Q: Volumen producido.
Tiempo operativo eficiente	Tiempo operativo sin producción Tiempo puesto en marcha Tiempo perdido en reproceso Tiempo de producción de despilfarros	TOE

Cuadro 4 Obtención de tiempos en la eficiencia de los equipos

La figura 12 permite apreciar cómo se va reduciendo el tiempo disponible para la producción, a medida que se van produciendo pérdidas y sus tiempos asimilados.

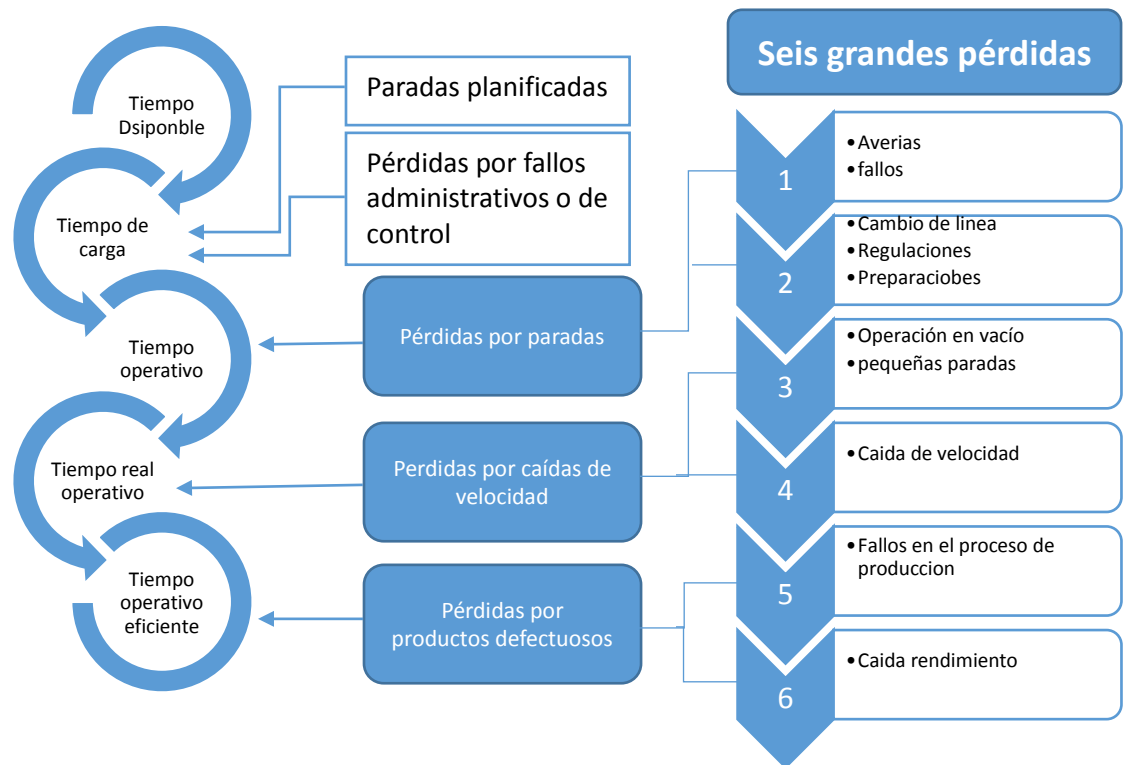


Figura 12 Tiempos operativos de acuerdo con las pérdidas asociadas a los equipos

La sustracción de cada uno de los tiempos que provocan una reducción de la eficiencia permitirá determinar los coeficientes de operatividad reales, que a su vez servirán para determinar los tres coeficientes de eficiencia que componen la eficiencia global.¹⁰

1.6.2.7.3 Coeficientes para el cálculo del OEE

- Disponibilidad: La disponibilidad es la porción del OEE que representa el porcentaje del tiempo planificado al cual la planta está disponible a producir.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo de paros})}{\text{Tiempo disponible}}$$

Ecuación 1. Cálculo de disponibilidad

- Desempeño o rendimiento. El rendimiento es la porción del OEE que

¹⁰ Cuatrecasas, L., Torrel, F. (2010). TPM en un entorno Lean Management. Barcelona: Profit Editorial.

representa la velocidad a la cual la máquina corre como un porcentaje de la velocidad a la que fue diseñada.

$$\text{Desempeño} = \frac{(\text{Ciclo ideal} * \text{Total de unidades})}{\text{Tiempo operativo}}$$

Ecuación 2. Cálculo de desempeño

- Ciclo ideal:

$$\text{Ciclo ideal} = \frac{\text{Tiempo}}{\text{Unidades}}$$

Ecuación 3. Cálculo del ciclo ideal

- Calidad: La calidad es la porción del OEE que representa las unidades buenas producidas como un porcentaje de las unidades totales al inicio.

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{Total de unidades} - \text{Unidades defectuosas})}{\text{Total de unidades}}$$

Ecuación 4. Cálculo de calidad

Con todo ello el valor de la eficiencia global del equipo, teniendo en cuenta todas las posibles pérdidas, y los tiempos sobre los que incide, será:¹¹

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Desempeño} * \text{Calidad}$$

Ecuación 5. Cálculo de la eficiencia global de los equipos

1.6.2.7.4 Clasificación del OEE

El valor de la OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia.¹²

¹¹ Stamatis, D. (2010). The OEE Primer. New York: Productivity Press.

¹² Primo, H. (2015). Productividad y su medición. septiembre 12, 2017, de TPM Pro Sitio web:

Valor OEE	Nivel	Comentario
Menor a 65%	Inaceptable	Se producen importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65% a 75%	Regular	Aceptable solo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
75% a 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% a 95%	Bueno	Entra en valores World Class. Buena competitividad.
Mayor a 95%	Excelente	Valores World Class. Excelente competitividad.

Cuadro 5 Clasificación de los valores del OEE

1.6.2.8 Establecer un programa de mantenimiento autónomo para los operarios

Con la adopción del mantenimiento autónomo el operario de producción asume tareas de mantenimiento productivo, incluida la limpieza, así como algunas propias del mantenimiento preventivo, y sobre todo advertir de la necesidad de su. Tiene, pues, dos objetivos básicos: mantenimiento de las tareas básicas que consisten en la limpieza, lubricación y aprietos, y, por otro lado, advertir de las desviaciones. Normalmente, las tareas del mantenimiento autónomo se llevarán a cabo por grupos de operarios que tendrán a su cargo una o varias máquinas.

1.6.2.8.1 Las 5 S como base y eliminación de las seis grandes pérdidas como objetivo del mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo está basado en el principio de las 5 S, que son cinco aspectos básicos para el desarrollo de las actividades de los procesos de producción y del mantenimiento en particular, con la máxima eficiencia y mayor

rapidez. Se trata de cinco términos de origen japonés que comienzan con la letra S:

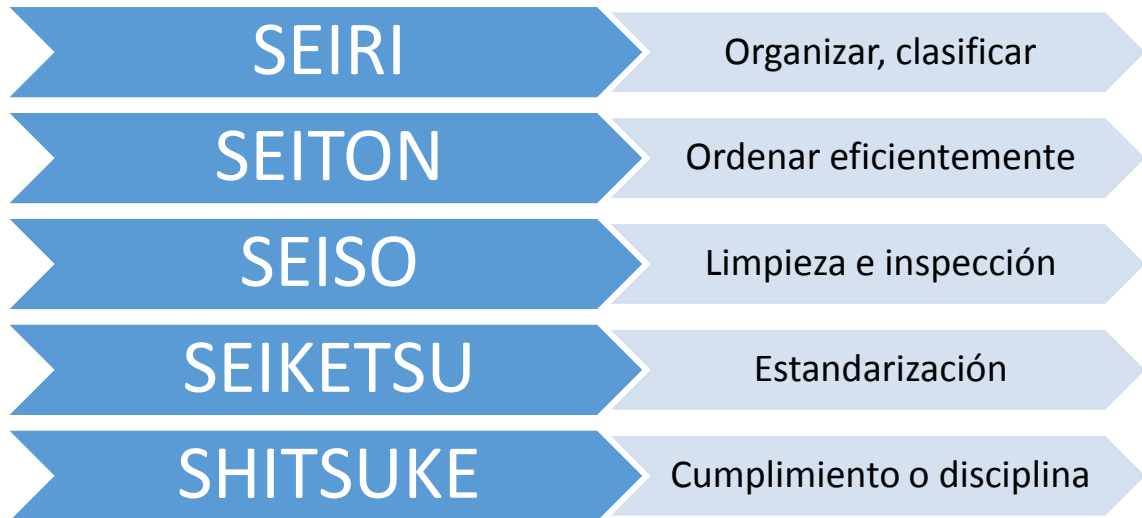


Figura 13 Términos japoneses de las 5 S

a. Organización (seiri)

La organización supone mantener en cada puesto de trabajo solamente los elementos realmente necesarios para él. Es corriente que las áreas de trabajo estén repletas de elementos innecesarios, que dificulten la utilización de los que realmente se necesitan. Con la organización se pretende que en los puestos de trabajo no haya más que los elementos necesarios, en la cantidad necesaria y en el lugar preciso.

b. Orden (seiton)

Una vez que en el área de trabajo solo estén los elementos necesarios estos deben disponerse de forma que su utilización sea fácil y rápida, de forma que, además, puedan encontrarse y guardarse fácilmente.

c. Limpieza (seiso)

La limpieza de los equipos y otros elementos del área de trabajo será como se ve en la base en la que se apoyará el mantenimiento autónomo y, a partir de ella, podrán detectarse, por la inspección que propician, problemas reales o laterales de los equipos. La limpieza incluirá, como se verá, buscar la forma de poder eliminar los focos de suciedad que obligan a limpiar en exceso, así como determinar cómo se llevará a cabo la limpieza de lugares en los que se hace difícil.

No se trata de un enfoque de limpieza sistemática, el cual -si el entorno no está en condiciones adecuadas de limpieza- puede llevar mucho tiempo al operario, sino que se trata de una limpieza equivalente a inspección de fuentes de suciedad. Para contrarrestar el efecto suciedad se identificarán las fuentes de contaminación, se analizarán sus causas y se pondrán contramedidas efectivas para reducir o eliminar cada una de ellas. Para determinar a cuáles atacar y en qué orden se da prioridad según el impacto que tenga en el operario, el entorno o el proceso.

d. Estandarización (seiketsu)

Estandarizar supone el desarrollo de un método sistemático para la realización de una tarea o procedimiento. En el mantenimiento autónomo en el que se aplicará profusamente la estandarización supondrá que cualquier persona pueda llevar a cabo una determinada actuación operativa. La organización y el orden serán fundamentales para estandarizar.

En efecto, como se verá al exponer las etapas de la implantación del mantenimiento autónomo, los logros obtenidos en las primeras etapas deberán estandarizarse a fin de facilitar su aplicación repetitiva, y esto es lo que conviene con la organización, el orden y la limpieza de las tres S expuestas hasta el

momento.

e. Cumplimiento o disciplina (shitsuke)

Establecidos la organización, el orden y la limpieza y un método estandarizado para implantarlos, convendrá asegurarse de que todo ello se efectúe correctamente, es decir, que se cumpla con el estándar y con lo que este comprende, lo que exigirá disciplina. De nada servirá, como se comentó a propósito de las etapas del mantenimiento autónomo, hallar una metodología para tener las áreas de trabajo organizadas, ordenadas y limpias y haber establecido un estándar para ello, si luego no se lleva a la práctica, ya que no se producirá ninguna mejora en la eficiencia.¹³

1.6.2.9 Establecer un programa de mantenimiento para el departamento de mantenimiento

El noveno paso en el programa de desarrollo es también una de las cinco actividades básicas TPM, un programa de mantenimiento periódico para el departamento de mantenimiento.

Como se ha mencionado, el mantenimiento programado realizado por el departamento de mantenimiento debe coordinarse con las actividades de mantenimiento autónomo del departamento de operaciones, de forma que los departamentos puedan funcionar como las ruedas de un coche.

¹³ Cuatrecasas, L., Torrel, F. (2010). TPM en un entorno Lean Management. Barcelona: Profit Editorial.

1.6.2.10 Impartir entrenamiento para mejorar las capacidades de operación y mantenimiento

La mejora de las capacidades de operación y mantenimiento es la cuarta actividad de desarrollo del TPM y el décimo paso de ese programa.

En Japón las grandes corporaciones del acero y la electrónica imparten a sus empleados entrenamiento técnico en centros bien equipados, pero otras compañías japonesas infra estiman el valor del entrenamiento, especialmente el entrenamiento en técnicas de mantenimiento. La educación y el entrenamiento son inversiones en personal que rinden múltiples beneficios. Una compañía que implante el TPM debe invertir en entrenamiento, que permita a los empleados gestionar apropiadamente el equipo. Además del entrenamiento en técnicas de mantenimiento los operarios deben afinar también sus capacidades en operación.

1.6.2.11 Desarrollo temprano de un programa de gestión de equipo

La última categoría de las actividades de desarrollo del TPM es la gestión temprana (o anticipada) del equipo.

Cuando se instala el nuevo equipo a menudo aparecen problemas durante las operaciones de test y arranque, aunque durante el diseño, la fabricación y la instalación todo parece marchar normalmente. Puede que los ingenieros de mantenimiento e ingeniería tengan que hacer muchas mejoras antes de que comience la operación normal. Incluso, entonces, se necesitan reparaciones en el período inicial, inspección, ajuste, y lubricación y limpieza iniciales para evitar el deterioro, y las averías son a menudo tan difíciles de reparar que los ingenieros de

supervisión se desmoralizan completamente. Como resultado, pueden pasarse por alto la inspección, lubricación y limpieza, lo que necesariamente prolonga las paradas del equipo, incluso para las averías menores.

1.6.2.12 Implantación plena del TPM y contemplación de metas más elevadas

El paso final en el programa de desarrollo del TPM es perfeccionar la implantación del TPM y fijar metas futuras aun más elevadas. Durante este período de estabilización cada uno trabaja continuamente para mejorar los resultados TPM, de forma que puede esperarse que dure algún tiempo.¹⁴

1.7 Mapas de valor (VSM)

Los mapas de valor, también conocidos como gráficas del flujo de valor VSM (*Value Stream Map*), son herramientas utilizadas para conocer en profundidad los procesos, tanto dentro de la organización como en la cadena de abastecimiento. El principal objetivo por el que se desarrollan los mapas de valor es que estos permiten identificar ampliamente las actividades que no agregan valor al proceso, y del mismo modo permiten conocer el tiempo de dichas actividades.

En la práctica, el mapeo de valor se ha convertido en una actividad esencial ante la formulación de planes de mejora, de tal manera que forma parte del diagnóstico del proceso (VSM actual) y de la proposición de estrategias de mejoramiento (VSM futuro).

¹⁴ Seiichi Nakajima. (1988). Introducción al TPM. Capítulo 4.

Al elaborar un mapa del flujo de valor se debe responder a una serie de cuestiones críticas relacionadas con las operaciones:

- ¿Cuál es la capacidad del sistema de producción?
- ¿Cuáles son los cuellos de botella del proceso?
- ¿Cuál es la tasa de compra del cliente?
- ¿Cuál es la capacidad disponible, y cuál su utilización?
- ¿Cuáles son las restricciones del proceso? ¿Estas son internas o externas?
- ¿Cómo se puede mejorar el proceso para cumplir con los objetivos del negocio?

1.7.1 Indicadores relevantes de un mapa de valor

a. 1.7.1.1 Tiempo TAKT

El tiempo takt es un indicador de la frecuencia de compra del cliente. Para muchos expertos se trata de un tiempo objetivo al cual el sistema de producción debe adaptarse para satisfacer las expectativas del cliente. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo takt} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}}$$

Ecuación 6. Calculo del tiempo TAKT

b. 1.7.1.2 Tiempo de ciclo


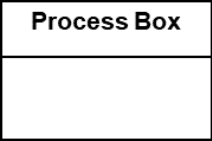

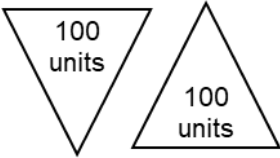

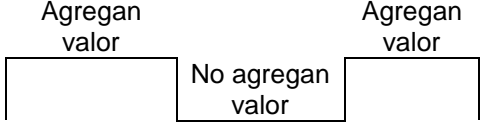

Es el tiempo estándar de cada operación del proceso.

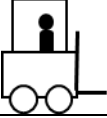

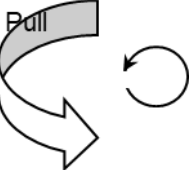
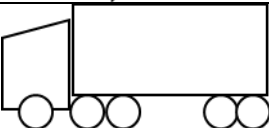
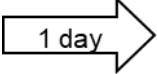
c. Tiempo de ciclo total (*Lead time*)

Es el tiempo que duran todas las operaciones. Se calcula sumando los tiempos de ciclo individuales.¹⁵

¹⁵ Salazar, B. (2016). MAPAS DE VALOR (VSM). 2 de noviembre 2 de 2017, de INGENIERIA INDUSTRIAL ONLINE
Sitio web: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mapas-del-flujo-de-valor-vsm/>

1.7.2 Simbología básica de un mapa valor (VSM)

Simbología básica de un mapa valor	
Descripción	Símbolo
<p>Cliente o proveedor: Si se ubica en la esquina superior izquierda de un mapa de flujo de valor, el lugar inicial típico para el flujo de material, este ícono representa al proveedor. Si se ubica en la esquina superior derecha, representa al cliente.</p>	
<p>Información: Otra información útil.</p>	
<p>Flecha de empuje: Este ícono indica el material que se traslada de un proceso al siguiente.</p>	
<p>Inventario: El inventario entre dos procesos se representa con estos íconos. Si necesitas incluir un recuento de inventario, agrégalo debajo del ícono en forma de triángulo. Este símbolo también se puede utilizar para representar el inventario almacenado.</p>	
<p>Estallido Kaizen: Este ícono está diseñado para destacar y resaltar las áreas problemáticas. Identifica los procesos fundamentales para el desarrollo de un mapa exitoso del estado futuro.</p>	
<p>Línea de tiempo: En un mapa de flujo de valor, la línea de tiempo se ubica al final y muestra los tiempos de espera y de procesamiento. Se puede usar para calcular el plazo de entrega y la duración total del ciclo.</p>	
<p>Supermercado: Este ícono representa un punto de stock de Kanban en el que los clientes de la etapa posterior pueden obtener el inventario que necesitan mientras el</p>	

proveedor de la etapa anterior realiza la reposición.	
Horquilla elevadora: Se utiliza cuando algo debe moverse mediante el uso de una horquilla elevadora.	
Observación: A veces la información se recolecta por medio de la observación, por ejemplo cuando un supervisor toma una decisión sobre la producción después de verificar visualmente el inventario.	
Retirada de materiales: Este símbolo de retirada representa la eliminación física del inventario almacenado de los supermercados.	
Envío externo: El ícono de camión indica el envío externo hacia los clientes o desde donde están los proveedores.	
Envíos: Este símbolo indica los materiales procedentes de proveedores o los productos terminados que se dirigen de la fábrica a los clientes. ¹⁶	

Cuadro 6 Simbología de un mapa valor o Value Stream Map

1.8 El Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN).

Para ello se trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una

¹⁶ Sun, K. (2017). Iconos y símbolos de mapas de flujo de valor. 2 de noviembre de 2017, de Lucid Software Inc. Sitio web: <https://www.lucidchart.com/pages/es/iconos-y-s%C3%ADmbolos-de-mapas-de-flujo-de-valor>

medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en nº de unidades monetarias.

Se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Ecuación 7. Calculo del valor actual neto

Donde,

- F_t son los flujos de dinero en cada periodo t
- I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)
- n es el número de periodos de tiempo
- k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son realizables y, en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- $VAN > 0$: el valor actualizado de los cobro y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- $VAN = 0$: el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.

- VAN < 0: el proyecto de inversión generará pérdidas.¹⁷

1.9 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actualizado Neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

1.91 ¿Cómo se calcula la TIR?

También se puede definir basándonos en su cálculo, la TIR es la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, generando un VAN igual a cero:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Ecuación 8. Cálculo de la tasa interna de retorno

Donde,

- Ft son los flujos de dinero en cada periodo t
- I0 es la inversión realizada en el momento inicial (t = 0)
- n es el número de periodos de tiempo

¹⁷ Sevilla, A. (2015). Valor Actualizado Neto (VAN). diciembre 19, 2017, de Economipedia Sitio web: <http://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

1.9.2 Criterio de selección de proyectos según la Tasa interna de retorno

El criterio de selección será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- Si $TIR = k$, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.
- Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.¹⁸

¹⁸ Sevilla, A. (2015). Tasa Interna de Retorno (TIR). diciembre 19, 2017, de Economipedia Sitio web: <http://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

1. Método

- a. Método científico. Se refiere a la serie de etapas que hay que recorrer para obtener un conocimiento válido desde el punto de vista científico, utilizando para esto instrumentos que resulten fiables. Lo que hace este método es minimizar la influencia de la subjetividad del científico en su trabajo.¹⁹
- b. Método inductivo. Es aquel método científico que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares.
- c. Método deductivo. Es un método científico que considera que la conclusión se halla implícita dentro las premisas.
- d. Enfoque cualitativo. Es aquella forma con que se estudian: calidad de las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema.²⁰
- e. Enfoque cuantitativo. Es un procedimiento que se basa en la utilización de los números para analizar, investigar y comprobar tanto información como datos. La investigación o metodología cuantitativa se produce por la causa y el efecto de las cosas.²¹

Esta investigación se realizará utilizando los métodos científico y deductivo, y también se empleará el enfoque cuantitativo.

¹⁹ Pérez, J., Merino, M. (2008). Definición de método científico. 9 de noviembre de 2017, de Definición de Sitio web: <https://definicion.de/metodo-cientifico/>

²⁰ Vera, L. (2008). LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA. 9 de noviembre de 2017, de INTER PONCE Sitio web: <http://www.ponce.inter.edu/cai/Comite-investigacion/investigacion-cualitativa.html>

²¹ Sanz, R. (2017). ¿Qué es el método cuantitativo? 9 de noviembre de 2017, de Cursos.com Sitio web: <https://cursos.com/metodo-cuantitativo/>

2. Tipo de investigación

- a. Exploratorio. La investigación exploratoria es la primera fase con la que cumple el investigador cuando el objeto de estudio resulta desconocido para él, o incluso para el resto de la comunidad profesional del campo en el que se realice la investigación, ya que carece entonces de antecedentes que puedan orientar la investigación emprendida.²²
- b. Explicativo. Se conoce con el nombre de investigación explicativa al proceso orientado, no solo a describir o a hacer un mero acercamiento a un fenómeno o hecho específico, sino que busca establecer las causas que se encuentran detrás de este.²³
- c. Correlacionales. Tiene como objetivo medir el grado de relación que existe entre dos o más conceptos o variables, en un contexto en particular. En ocasiones solo se realiza la relación entre dos variables, pero frecuentemente se ubican en el estudio relaciones entre tres variables.²⁴
- d. Descriptivos. El diseño de investigación descriptiva es un método científico que implica observar y describir el comportamiento de un sujeto sin influir en él de ninguna manera.²⁵

El tipo de investigación utilizada en el presente estudio corresponde a un

²² El pensante (marzo 17, 2016). La investigación exploratoria. Bogotá: E-Cultura Group. Recuperado de <https://educacion.elpensante.com/la-investigacion-exploratoria/>

²³ El pensante (marzo 29, 2016). La investigación explicativa. Bogotá: E-Cultura Group. Recuperado de <https://educacion.elpensante.com/la-investigacion-explicativa/>

²⁴ Hernández Sampier, Roberto. Metodología de la Investigación. Editorial Felix Varela, La Habana. 2004.

²⁵ Martyn Shuttleworth (Sep 26, 2008). Diseño de Investigación Descriptiva.09 de Nov. 2017 Obtenido de Explorable.com: <https://explorable.com/es/disenio-de-investigacion-descriptiva>

estudio explicativo, dado que se responderá a las causas del problema y se plantearán soluciones.

3. Fuentes de información

a. Fuentes primarias

- Documentos y reportes facilitados por la empresa.
- Personal a cargo de las áreas de mantenimiento y producción.
- Guías e información acerca del mantenimiento en la empresa.

b. Fuentes secundarias

- Medios como libros e información consultada en internet.

4. Variables

4.1 Definición conceptual

- Plan de mantenimiento: Conjunto de actividades de mantenimiento realizadas por el departamento de mantenimiento.
- Plan de mantenimiento autónomo. Conjunto de actividades de mantenimiento realizadas por los operarios.
- Indicadores. Medición de valores que indiquen con claridad qué tipo de deficiencias presenta la maquinaria.

4.2 Definición instrumental

- Información recopilada del personal de mantenimiento, el historial de averías de la maquinaria, hojas de trabajo y manuales de maquinaria similares a los presentadas en esta investigación.

- Información recopilada a partir de reportes de producción y mantenimiento.
- Mediciones de campo durante la producción.

4.3 Definición operacional

- Plan de mantenimiento. Agrupación de actividades de mantenimiento que tiene por objetivo evitar averías en la maquinaria.
- Plan de mantenimiento autónomo. Se refiere a aquellas actividades de mantenimiento básico realizadas por los operarios con el objetivo de disminuir averías y por ende aumentar la producción.
- Indicadores. Conjunto de valores los cuales indicarán las deficiencias de la maquinaria y evaluarán el proceso de mejora durante la implementación del TPM.

5. Descripción de instrumentos

- Se realizarán consultas al personal de mantenimiento sobre la gestión del mantenimiento actual y se buscarán manuales similares relativos a la maquinaria presente en este estudio.
- Reportes de producción y mantenimiento. Se utilizarán para determinar los equipos que generan mayores problemas en la empresa, así como determinar indicadores que miden la deficiencia de la maquinaria.
- Mediciones de campo. Se tomará como referencia para determinar los ciclos de producción utilizados para la medición de indicadores. Además, servirán para localizar los cuellos de botella presentes en el proceso de producción.

CAPÍTULO IV: DISEÑO O DESARROLLO, O AMBOS

1. Diagnóstico de la situación actual

1.1. Descripción de la empresa

La empresa Panifresh, ubicada en San Antonio de Alajuela, Costa Rica, es uno de los principales proveedores de pan para hamburguesa a la cadena de comidas rápidas McDonald's. En el 2014 Panifresh ve oportunidades de expansión; por lo tanto, instala una planta en Costa Rica con el propósito de surtir exclusivamente a los restaurantes de McDonalds ubicados en el país, por lo cual trabaja durante seis días de la semana durante ocho horas diarias.

1.2. Definición del proyecto por diseñar o problema por solucionar

En Panifresh la calidad del producto obedece a los estándares de los clientes y para ello se cuenta con programas de control estadístico, tanto en producción como en empaque, con los que se lleva el control de peso, tamaño, color, sabor, semillado, textura, corte, entre otros.

Panifresh tiene definido un estándar de desperdicio diario de 2% para cada producto. Durante el año 2016 el porcentaje promedio de desperdicio de los tres productos fue de 7,18%, que supera el estándar definido por Panifresh de 2%. Esto representó un costo económico de \$137.375 durante el año 2016; y es el pan regular el que más contribuyó a este monto con \$56.571. Es debido a esto que el proyecto se basará principalmente en este producto. Como se definió

anteriormente, el porcentaje de desperdicio se obtiene de dos variables. La primera variable pertenece al porcentaje de desperdicio por “no calidad” y la segunda variable se debe al porcentaje de desperdicio por falla mecánica.

Como se analizó en el diagnóstico, durante el año 2016 el desperdicio por falla mecánica del pan regular fue de 37%. Estas fallas mecánicas se deben a que la implementación del mantenimiento preventivo no se estaba realizando adecuadamente, ya que se manipulo de manera negativa las actividades del mantenimiento preventivo de tal manera que los técnicos no realizaban las actividades correspondientes, lo que generó un incremento en la frecuencia de las averías, por lo cual se optaba por aplicar mantenimientos correctivos, para que el equipo se detuviera el menor tiempo posible y continuar con la producción, sin embargo no se eliminaba la causa de las averías. Esto originó deterioro en el estado de la maquinaria, disminución de la eficiencia de los ciclos productivos y baja disponibilidad de operación. Debido a esto surge la iniciativa de combatir estos problemas mecánicos al implementar el ***mantenimiento productivo total***.


1.3. Recolección de información técnica y detalle de necesidades

Anteriormente se llegó a la conclusión de que las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 son las que generan mayor desperdicio de masa y pan; además son las que se encuentran mayor tiempo detenidas. Debido a esto, la siguiente información técnica que justificará el desarrollo del proyecto se basará en estas dos máquinas.

1.3.1 *Pan O Mat*

1.3.1.1 Guía técnica (fuente: AMF Bakery)

Datos de equipo		Datos de fabrica			
Línea: 1		Fabricante: AMF Bakery Systems			
Area : Producción		Modelo: KRD			
Equipo: Pan O Mat		Serie: 94068			
Registro de documentos tecnicos					
Descripción	Tipos			Lugar de almacenaje	Responsable
Manual de operación	<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> Físico	<input checked="" type="checkbox"/> No disponible		
Planos electricos	<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> Físico	<input checked="" type="checkbox"/> No disponible		
Planos mecanicos	<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> Físico	<input checked="" type="checkbox"/> No disponible		
Manual de partes	<input type="checkbox"/> Digital	<input checked="" type="checkbox"/> Físico	<input type="checkbox"/> No disponible	Oficina mantenimiento	Jefe de mantenimiento
Otros: NA					
	<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> Físico	<input type="checkbox"/> No disponible		
	<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> Físico	<input type="checkbox"/> No disponible		

Descripción general	
Función principal	Fotografía
Se encarga de cortar la masa en porciones y darle forma esferica para ser moldeada en forma de tortilla.	

Especificaciones tecnicas	
Voltaje	208 VAC
Rango de escala	28 - 142 g
Maxima producción	2449 Kg/h
Ciclo nominal	36000 Piezas/hora

Principales sistemas	
1. Sistema mecánico de transmisión	3. Sistema electrónico
2. Sistema eléctrico	4. Sistema neumático

Figura 14 Guía técnica de máquina Pan O Mat

1.3.1.2 Averías frecuentes de la máquina Pan O Mat de enero a julio de 2017

A partir de los reportes de mantenimiento de enero a julio de 2017 se recolectó información sobre las averías que presentó la máquina Pan O Mat en ese periodo.

Pan O Mat	Frecuencia
Banda boleadora corrida	10
Cadena de guacales desajustada	1
Cambio de resbaladero y ajuste	1
Cuchilla corrida de rodillo	1
Daño en relay y electroválvulas de dedos	1
Desgaste en rodillo aplanabolas	1
Desincronización de guacales	6
Fallo en caja de cambios	4
Fallo en guías boleadoras	2
Fallo en pistón de dedos	3
Falta de tensión a banda aplanabolas	1
Problema con cadena de rodillo aplanabolas	1
Problema con rodillo de banda	6
Problema con teflón de resbaladero	2
Se desajustan dedos	1
Se desprende la cuña de piñón	1
Se traban guacales por lámina corrida	3
Teflón de paleta en mal estado	1

Cuadro 7 Averías de la máquina Pan O Mat de enero a julio del 2017

El cuadro anterior muestra las averías que presentó la máquina Pan O Mat, así como la frecuencia con que ocurrieron durante el periodo anteriormente mencionado. Con base en el cuadro 7 se mostrará una figura en la que se indicará cuáles fueron las averías que se dieron con mayor frecuencia. De esta manera se filtrarán las principales averías por tomar en consideración para realizar modificaciones en el mantenimiento preventivo.

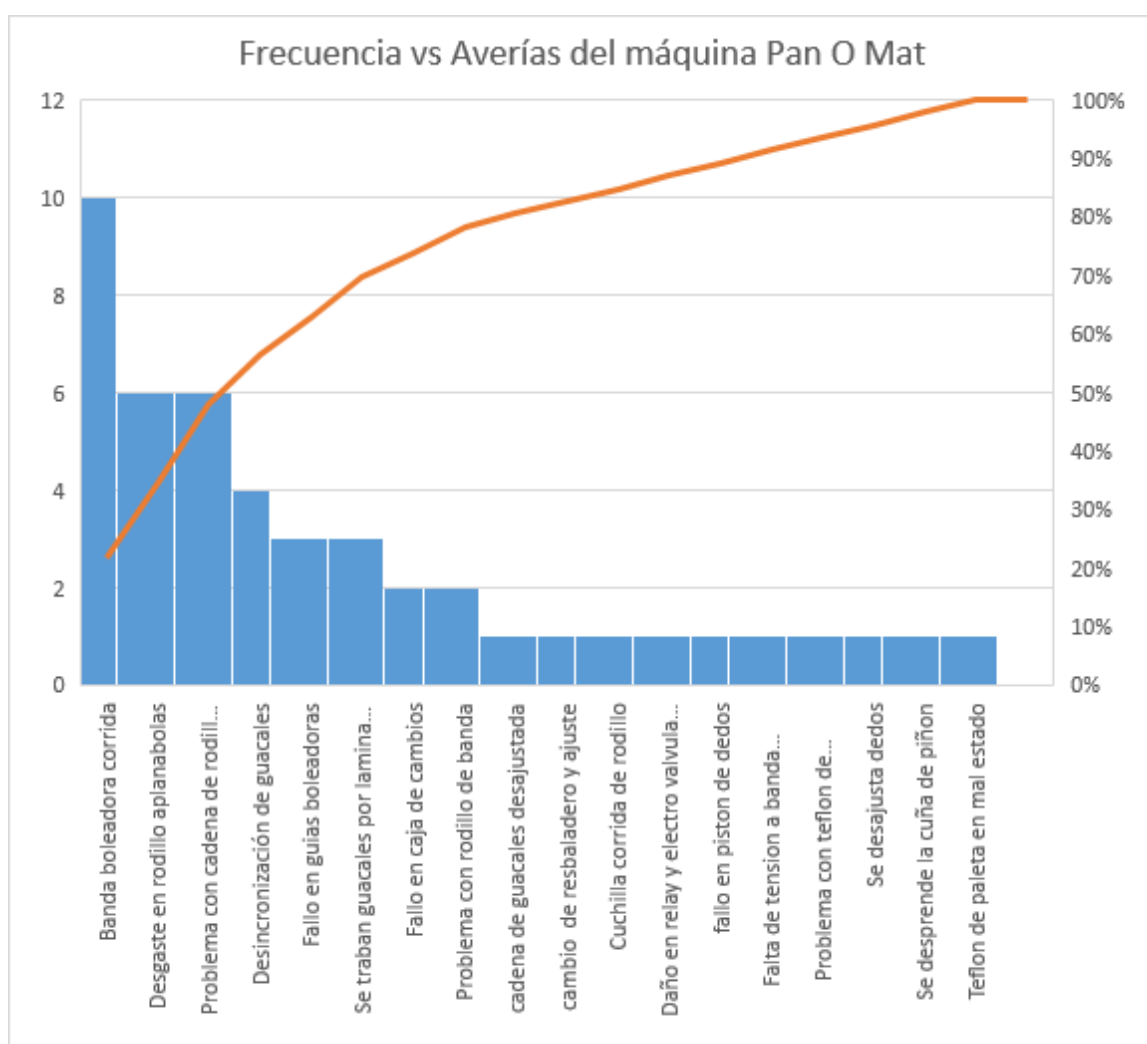


Figura 15 Pareto donde se identifican las averías que se dan con más frecuencia en la máquina Pan O Mat.

A continuación se presenta el cuadro 8 con las averías que se presentaron más de una vez en el equipo Pan O Mat. Con estas principales averías se procederá a actualizar el máster de mantenimiento preventivo, y se agregarán actividades que contrarresten estas averías.

N°	Avería	Frecuencia
1	Banda boleadora	10
2	Desgaste en rodillos aplanabolas.	6
3	Problema con cadena de rodillo aplanabolas	6
4	Desincronización de guacales (sensor)	4
5	Fallo en guías boleadoras	3
6	Se traban guacales	3
7	Fallo en caja de cambios	2
8	Problema con rodillo de banda	2

Cuadro 8 Averías de la Pan O Mat que se presentan más de una vez.

1.3.1.3 Máster de mantenimiento preventivo

El máster de mantenimiento preventivo se segmenta en tres documentos, el máster de mantenimiento, el máster de revisión y el máster de lubricación, cada uno con su debido orden de trabajo, que es lo que maneja el técnico para realizar las actividades del mantenimiento preventivo. Cabe destacar que el máster de mantenimiento fue diseñado por el anterior ingeniero máster de la empresa.

Máster de mantenimiento Pan O Mat		
N°	Actividad	Frecuencia
1	Mantenimiento completo a sistema de rodillos aplanabolas.	360 días
2	Mantenimiento a tensor del sistema de levas.	360 días
3	Mantenimiento a motor reductor del rodillo jaula de ardilla.	360 días
4	Mantenimiento a motor succionador de harina.	360 días
5	Mantenimiento a eje de tracción y <i>bushing</i> sistema de levas.	360 días
6	Mantenimiento a caja reductora del eje activador de levas.	360 días
7	Mantenimiento a caja reductora de faja boleadora.	360 días
8	Cambio de guías boleadoras.	720 días
9	Cambio de faja boleadora.	360 días
10	Cambio de chumaceras y ejes rodillos faja boleadora.	360 días
11	Cambio de cadenas de tracción faja boleadora.	360 días
12	Cambio de cadena a eje activador de levas.	360 días
13	Cambio faja de tortilla.	360 días
14	Mantenimiento a rodillo traccionado y de tracción faja tortilla.	360 días
15	Mantenimiento a motor reductor faja de tablillas.	360 días
16	Mantenimiento a motor reductor faja de tortillas.	360 días
17	Cambio de cadena de motor reductor faja de tortilla.	360 días
18	Limpieza y revisión de panel eléctrico.	360 días

Cuadro 9 Master de mantenimiento de equipo Pan O Mat

La orden de mantenimiento del equipo Pan O Mat se segmenta en tres órdenes relacionados con sus sistemas. A continuación se encontrará la orden de mantenimiento de la Banda Boleadora (BB), Recuperador de Harina (RH) y la Pan O Mat (POM), los cuales conforman un solo equipo en el máster de mantenimiento de la maquina conocida como Pan O Mat.

Orden de mantenimiento de la banda boleadora		
N°	Actividad	Frecuencia
1	Mantenimiento de motor principal	360 días
2	Cambio de banda boleadora	360 días
3	Cambio de chumaceras	360 días
4	Cambio de cuchilla	360 días
5	Revisión de barras boleadoras	360 días

6	Revisión del sistema neumático	360 días
---	--------------------------------	----------

Cuadro 10 Orden de mantenimiento de la banda boleadora.

Orden de mantenimiento del recuperador de harina		
N°	Actividad	Frecuencia
1	Mantenimiento de turbina principal	360 días
2	Cambio de filtros	360 días
3	Revisión y cambio (si es necesario) de mangueras	360 días
4	Mantenimiento al sistema neumático	360 días
5	Mantenimiento del cono recibidor de harina	360 días

Cuadro 11 Orden de mantenimiento del recuperador de harina

Orden de mantenimiento de la Pan O Mat		
N°	Actividad	Frecuencia
1	Mantenimiento a los rodillos aplanabolas	360 días
2	Mantenimiento a cadena de guacales	360 días
3	Cambio de rodamientos y chumaceras	360 días
4	Mantenimiento del sistema neumático	360 días
5	Mantenimiento a la caja paso a paso	360 días
6	Mantenimiento a motor reductor principal	360 días

Cuadro 12 Orden de mantenimiento del equipo Pan O Mat

Al comparar el número de actividades del máster y las ordenes de mantenimiento. Se establece que el máster presenta 18 actividades las cuales son una recopilación de las actividades de la banda boleadora, recuperador de harina y la Pan O Mat; pero las órdenes de mantenimiento tienen en total 17 actividades. Esto indica que hay 5,5% de las actividades del máster con respecto a las órdenes de mantenimiento que no se están realizando. Debido a esto se presentará el siguiente cuadro en el que se comparan las actividades del máster con respecto a las órdenes, con el objetivo de conocer cuáles actividades no se llevan a cabo o no están bajo control.

Nº	Máster de mantenimiento	Orden de mantenimiento
1	Mantenimiento completo a sistema de rodillos aplanabolas (POM)	Mantenimiento a los rodillos aplanabolas (POM)
2	Mantenimiento a tensor del sistema de levas (POM)	NA
3	Mantenimiento a motorreductor del rodillo jaula de ardilla (POM)	Mantenimiento a motorreductor principal (POM)
4	Mantenimiento a motor succionador de harina (RH)	NA
5	Mantenimiento a eje de tracción y <i>bushing</i> sistema de levas (POM)	NA
6	Mantenimiento a caja reductora del eje activador de levas (POM)	Mantenimiento a la caja paso a paso (POM)
7	Mantenimiento a caja reductora de faja boleadora (BB)	Mantenimiento a la caja paso a paso (BB)
8	Cambio de guías boleadoras (BB)	Revisión de barras boleadoras (BB)
9	Cambio de faja boleadora (BB)	Cambio de banda boleadora (BB)
10	Cambio de chumaceras y ejes rodillos faja boleadora (BB)	Cambio de rodamientos y chumaceras (POM) (BB)
11	Cambio de cadenas de tracción faja boleadora (BB)	NA
12	Cambio de cadena a eje activador de levas (POM)	NA
13	Cambio faja de tortilla (POM)	NA
14	Mantenimiento a rodillo traccionado y de tracción faja tortilla (POM)	NA
15	Mantenimiento a motorreductor faja de tablillas (POM)	Mantenimiento a motorreductor principal (POM)
16	Mantenimiento a motorreductor faja de tortillas (POM)	
17	Cambio de cadena de motorreductor faja de tortilla (POM)	NA
18	Limpieza y revisión panel eléctrico (POM)	NA
19	NA	Mantenimiento a cadena de guacales

		(POM)
20	NA	Mantenimiento del sistema neumático (POM)(BB)(RH)
21	NA	Mantenimiento del motor principal (BB)
22	NA	Cambio de cuchilla (BB)
23	NA	Mantenimiento de turbina principal(RH)
24	NA	Cambio de filtros (RH)
25	NA	Revisión y cambio (si es necesario) de mangueras (RH)
26	NA	Mantenimiento del cono receptor de harina (RH)

Cuadro 13 Comparación del master de y orden de mantenimiento de la máquina Pan O Mat.


El cuadro anterior muestra que en realidad 5,5% de actividades que no están en control es un dato erróneo, ya que en total entre las actividades del máster y las órdenes de mantenimiento hay 26 actividades de estas y solo ocho actividades están registradas en ambas. Esto quiere decir que solo 31 % de las actividades están en control y 69% no lo están.

1.3.2 Pillow N.º 1

1.3.2.1 Guía técnica

Se debe aclarar que la máquina Pillow N.º 1 no posee manuales ni fichas técnicas, por lo cual los datos de producción están basados en los datos recolectados durante la elaboración del *Value Stream Map*.

Datos de equipo		Datos de fabrica			
Linea: 1		Fabricante: Stewart Systems			
Area : Empaque		Modelo: Desconocido			
Equipo: Pillow # 1		Serie: Desconocido			
Registro de documentos tecnicos					
Descripcion	Tipos			Lugar de almacenaj	Responsable
Manual de operación	<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> Físico	<input checked="" type="checkbox"/> No disponible		
Planos electricos	<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> Físico	<input checked="" type="checkbox"/> No disponible		
Planos mecanicos	<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> Físico	<input checked="" type="checkbox"/> No disponible		
Manual de partes	<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> Físico	<input checked="" type="checkbox"/> No disponible		
Otros: NA					
	<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> Físico	<input type="checkbox"/> No disponible		
	<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> Físico	<input type="checkbox"/> No disponible		

Descripcion general	
Funcion principal	Fotografia
Es una maquina empacadora horizontal, diseñada para envolver en bolsas de polietileno de baja densidad cada paquete de pan.	

Especificaciones tecnicas	
Voltaje	208 VAC
Maxima produccion	857 Kg/h
Ciclo nominal	500 Paquetes/hora

Principales sistemas	
1. Sistema de sellado 2. Sistema neumatico 3. Sistema electrico	4. Sistema electronico 5. Sistema mecanico de transmisión

Figura 16 Guía técnica máquina Pillow N.º 1

1.3.2.2 Averías más frecuentes de la máquina Pillow N.º 1 de enero a julio de 2017

A partir de los reportes de mantenimiento de enero a julio de 2017 se recolectó información sobre las averías que presentó la máquina Pillow N.º 1 en ese periodo.

Pillow N.º 1	Frecuencia
Desgaste en plato de sierra	1
Faja se revienta	2
Falla en temperatura	1
Fallo en cabezal	7
Falla en corte central del paquete	5
Falla en prensas de banda Pillow	1
Fallo en sello	12
Falla en sensor de entrada de Pillow	1
Falla en tracción de entrada	1
Pistón en mal estado	2
Problema con rodillo de entrada	2
Problema con vareador	2
Relay quemado de rodillo	1
Falla en resistencias	1
Falla en almohadillas	1

Cuadro 14 Averías que se presentaron en la máquina Pillow N.º 1 de enero - julio de 2017

El cuadro anterior muestra las averías que presentó la máquina Pillow N.º 1,

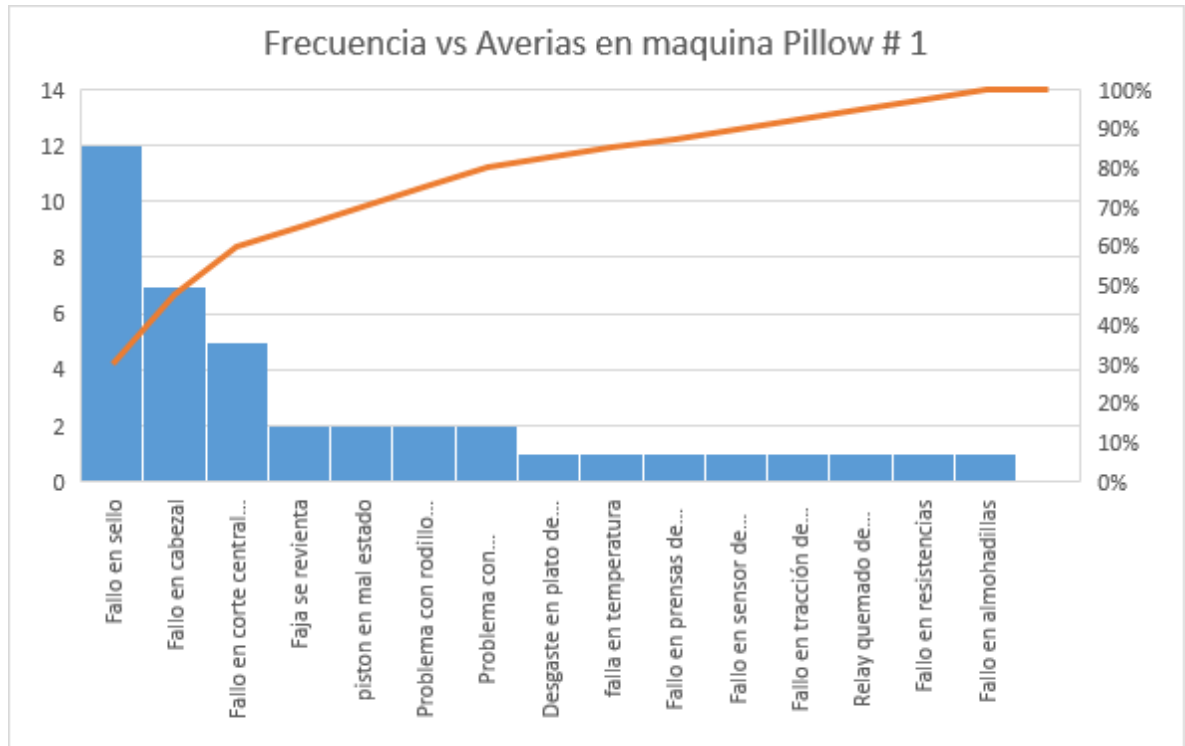


Figura 17 Averías de la máquina Pillow N.º 1 que se presentaron con más frecuencia de enero a julio del 2017

así como la frecuencia con que ocurrieron durante el periodo anteriormente mencionado. Con base en el cuadro anterior se mostrará una figura en la que se indicará cuáles fueron las averías que se dieron con mayor frecuencia. De esta manera se filtrarán las principales averías por tomar en consideración para realizar modificaciones en el mantenimiento preventivo.

A continuación se presenta el cuadro 15 con las averías que se presentaron más de una vez en el equipo Pillow N.º 1. Con estas principales averías se procederá a actualizar el máster de mantenimiento preventivo, y se agregan actividades que contrarresten estas averías.

N	Avería	Frecuencia
1	Falla en sello	12
2	Falla en cabezal	7
3	Falla en corte de paquete	5
4	Faja se revienta	2
5	Pistón en mal estado	2
6	Problema con rodillo de entrada	2
7	Problema con vareador	2

Cuadro 15 Averías de la máquina pillow N.º 1 que se presentaron con mayor frecuencia de enero - julio del 2017

1.3.2.3 Master de mantenimiento preventivo

Máster de mantenimiento Pillow N.º 1		
Nº	Actividad	Frecuencia
1	Mantenimiento o cambio de <i>clutch</i> freno de nylon	360 días
2	Cambio de sierra de corte nylon	360 días
3	Mantenimiento a ejes y ruedas de sellado lateral	360 días
4	Mantenimiento completo a unidades de sellado lateral	360 días
5	Cambio de faja de entrada de sellado Pillow	360 días
6	Cambio de hules de sellado inferior	360 días
7	Cambio de mangueras de succión de sellado lateral	360 días
8	Mantenimiento a motor reductor principal de Pillow	360 días
9	Cambio de pistón de movimiento principal de la mordaza de sellado	360 días
10	Mantenimiento a rodillos de tracción de nylon	360 días
11	Mantenimiento a rodillos de faja entrada de producto	360 días
12	Mantenimiento a turbina de succión	360 días
13	Mantenimiento completo a cabezal de sellado	360 días
14	Mantenimiento completo a sistema eléctrico y panel	360 días
15	Mantenimiento completo a sistema neumático	360 días
16	Cambio de sellos teflonados transversales	360 días

Cuadro 16 Master de mantenimiento del equipo Pillow N.º 1

Orden de mantenimiento de Pillow N.º 1		
Nº	Actividad	Frecuencia
1	Mantenimiento general al cabezal.	360 días
2	Cambio de chumaceras	360 días
3	Cambio de tubitos de soplado.	360 días
4	Cambio de almohadillas de sellado	360 días
5	Mantenimiento al sistema de aire	360 días
6	Mantenimiento a motor principal y turbinas	360 días
7	Verificación de rodillos y, si lo amerita, cambiarlos	360 días

Cuadro 17 Orden de mantenimiento de equipo Pillow

Tanto el máster como la orden de mantenimiento de la máquina Pillow N.º 1 se presentan como un solo equipo. Esto quiere decir que no se segmenta en subsistemas. Debido a que estos dos documentos no están en control, ya que se presentan diferencias, se digitaron los cuadros 16 y 17, los cuales serán analizados a continuación.

Al comparar el número de actividades del máster y las órdenes de mantenimiento se observa que el máster presenta 16 actividades, pero las órdenes de mantenimiento tienen en total siete actividades. Esto indica que hay 56,3% de las actividades del máster con respecto a las órdenes de mantenimiento que no se están realizando. Debido a esto se presentará un cuadro en el que se comparan las actividades del máster con respecto a las órdenes con el objetivo de conocer cuáles actividades no se llevan a cabo o no están en control.

Nº	Máster de mantenimiento	Orden de mantenimiento
1	Mantenimiento o cambio de <i>cluth</i> freno de nylon	NA
2	Cambio de sierra de corte nylon	NA
3	Mantenimiento a ejes y ruedas de sellado lateral	NA

4	Mantenimiento completo a unidades de sellado lateral	NA
5	Cambio de faja de entrada de sellado pillow	NA
6	Cambio de hules de sellado inferior	NA
7	Cambio de mangueras de succión de sellado lateral	NA
8	Mantenimiento a motorreductor principal de pillow	Mantenimiento a motor principal y turbinas
9	Cambio de pistón de movimiento principal de la mordaza de sellado	NA
10	Mantenimiento a rodillos de tracción de nylon	Verificación de rodillos y, si lo amerita, cambiarlos
11	Mantenimiento a rodillos de faja de entrada de producto	Verificación de rodillos y, si lo amerita, cambiarlos
12	Mantenimiento a turbina de succión	Mantenimiento a motor principal y turbinas
13	Mantenimiento completo a cabezal de sellado	Mantenimiento general al cabezal
14	Mantenimiento completo a sistema eléctrico y panel	NA
15	Mantenimiento completo a sistema neumático	Mantenimiento al sistema de aire
16	Cambio de sellos teflonados transversales	NA
17	NA	Cambio de chumaceras
18	NA	Cambio de tubitos de soplado
19	NA	Cambio de almohadillas de sellado

Cuadro 18 Comparación de actividades del máster y orden de mantenimiento de la máquina Pillow N.º 1.

El cuadro anterior muestra que en realidad el dato de 56,3% de las actividades que no están en control está erróneo, ya que, en total, entre las actividades del máster y las órdenes de mantenimiento hay 19 actividades, y de estas solo 6 están registradas en ambos. Esto quiere decir que solo 32 % de las actividades están en control y que 68% no lo están.

2. Propuesta de solución

Se propone implementar el plan de ***mantenimiento productivo total*** más adecuado para la empresa Panifresh, que es el desarrollado para los dos equipos que generan mayor desperdicio de pan regular y que permanecen detenidos durante el mayor tiempo de producción. Esto con el fin de disminuir el desperdicio al solucionar los problemas mecánicos y aumentar el desempeño de la maquinaria, lo mismo que la disponibilidad de esta, para así mejorar la calidad del producto.

2.1. Plan de implementación

El plan de implementación del TPM de este proyecto para lograr los objetivos propuestos se dividirá en nueve etapas. Estas etapas están conformadas por las principales actividades que deben integrar un plan de implementación del TPM definidas en el marco teórico; además de otras actividades que servirán como guía para la correcta implantación. A continuación se indican estas actividades.

2.1.1 Colectar historial del equipo e información de desempeño

Identificar fuentes claves de información que se encuentren disponibles al recopilar registros técnicos, comerciales y de operación.

2.1.2 Definir la medición de la efectividad total del equipo

Establecer medidas de desempeño operacional de la maquinaria que sirva como base para analizar los resultados posteriores a la implementación del TPM.

2.1.3 Evaluar las pérdidas escondidas y fijar mejoras prioritarias

Identificar casos básicos de niveles de pérdidas escondidas y establecer

prioridades y mejoras potenciales al analizar los datos recopilados por el *Value Stream Map* y los reportes de mantenimiento.

2.1.4 Mantenimiento autónomo

Entender el funcionamiento del equipo, la manera en que impacta áreas claves como disponibilidad, calidad y desempeño, con lo que se fijará estándares de limpieza y mantenimiento básico para mejorar las condiciones del equipo, al desarrollar el Mantenimiento Autónomo, el cual será llevado a cabo por los operarios.

En este apartado se redactará un instructivo por cada máquina, en el que se definirá lo que se debe hacer antes, durante y después de la producción. Con ello lo que se buscará es facilitar cualquier consulta del operario, e incluso facilitará el control de otras máquinas, las cuales no estén en operación habitualmente, y también facilitará la integración de nuevos operarios en la fase productiva.

Se incorporará un registro de datos de manera que el operario pueda dar seguimiento a las tareas de mantenimiento. De esta manera, una vez efectuado el mantenimiento, el operario podrá registrar el estado de la máquina. A partir de esto se entrenará al operario con el objetivo de que tenga el conocimiento básico para aplicar los estándares de limpieza y de dar la atención básica al equipo con el que opere.

Con la finalidad de que los operarios puedan diagnosticar y darle mantenimiento básico al equipo, ellos deben tener conocimientos en las áreas de mecánica, electricidad y neumática, por lo cual se considerará realizar las

capacitaciones por medio de los técnicos que laboran en la empresa.

2.1.5 Valoración de la condición y restauraciones

Se debe limpiar el equipo e inspeccionar cada centímetro usando los estándares fijados por el mantenimiento autónomo, lo mismo que buscar fuentes de deterioro acelerado; ello con el objetivo de restaurar las condiciones del equipo y minimizar las causas de deterioro. Se organizará y ordenará el área de trabajo de manera que se optimice el proceso de producción y mantenimiento al emplear la metodología de las 5 S.

2.1.6 Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado

Se deben formalizar mejores actividades prácticas para una correcta rutina al incorporar el mantenimiento planeado para el cuidado de los activos. En este punto se actualizará el plan de mantenimiento preventivo, en el que se agregarán las actividades que faltan por desarrollar en las órdenes de trabajo, y se agregarán aquellas que contrarresten las averías que se presentan con mayor frecuencia. Además, se deben consultar diversos manuales de máquinas similares a las que se presentan en este estudio. Esto para identificar las actividades que servirán de insumo para el mantenimiento preventivo de las máquinas.

2.1.7 Mejores prácticas

Se requiere estandarizar el mantenimiento planeado y autónomo con la rutina de trabajo, con la finalidad de no volver a las condiciones anteriores. Con ese fin se realizarán auditorías de las áreas de mantenimiento y operación.

2.1.8 Medición de la efectividad del equipo

Corresponde una medición detallada del OEE de la maquinaria, la cual será comparada con la del OEE inicial, con lo que se llevará un control del progreso del proyecto.

2.1.9 Prevención de problemas

Se requiere mantenimiento con calidad, procurando condiciones óptimas en los equipos y, por ende, asegurando la calidad de los productos al reforzar los estándares de limpieza y atención básica del mantenimiento autónomo.

2.2. Parámetros de cálculo

2.2.1 Medición de la efectividad total del equipo

Para medir el OEE se deben identificar tres valores que mostrarán las deficiencias del equipo, el conjunto de equipos o la línea de producción. Estos valores serán disponibilidad, rendimiento y calidad. El producto de estos valores dará como resultado el OEE. A continuación se definirá el OEE de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1. Cabe destacar que se usarán las fórmulas expuestas en el marco teórico.

2.2.1.1 OEE de los equipos Pan O Mat y Pillow N.º 1

Datos de producción del pan regular en la máquina Pan O Mat					
Meses	Unidades		Total de unidades	Tiempo requerido (min)	Tiempo de paradas por falla mecánica (min)
	Procesadas	Desperdiciadas			
Enero	1386857	6300	1 393156,8	5944,136	127,680
Febrero	1639475	9253	1648728,0	7034,573	163,180
Marzo	1390597	17982	1408579,2	6009,938	142,200
Abril	1537661	2376	1540036,8	6570,824	127,840
Mayo	2167880	1048	2168928,0	9254,093	79,680
Junio	1549469	115	1549584,0	6611,558	0,000
Julio	2004768	144	2004912,0	8554,291	3,360

Cuadro 19 Datos de producción del equipo Pan O Mat durante la producción de pan regular de enero a julio del 2017

Datos técnicos de la máquina Pan O Mat		
Capacidad de producción real (U/min)	Capacidad de producción máxima (U/min)	Ciclo IDEAL (min/U)
234,375	440	0,00227273

Cuadro 20 Datos técnicos del equipo Pan O Mat durante la producción de pan regular

Datos de producción del pan regular en la máquina Pillow N.º 1					
Meses	Packs		Total de packs	Tiempo requerido (min)	Tiempo de paradas por falla mecánica (min)
	Encestados	Desperdiciados			
Enero	46313	126	46439	5568	73,34
Febrero	54944	14	54958	6590	0,00
Marzo	46506	447	46953	5630	121,5
Abril	51329	5	51335	6155	0,00
Mayo	72079	218	72298	8669	14,40
Junio	51143	510	51653	6193	105,80
Julio	66730	100	66830	8013	24,00

Cuadro 21 Datos de producción del equipo Pillow N.º 1 durante la producción de pan regular de enero a agosto de 2017

Se debe aclarar que los *packs* encestados son aquellos que lograron

cumplir con las condiciones de empaque ideal.

Datos técnicos de la máquina Pillow N.º 1		
Capacidad de producción real (Pack/min)	Capacidad de producción máxima (Pack/min)	Ciclo IDEAL (min/Pack)
8,34	14,667	0,06818182

Cuadro 22 Datos técnicos del equipo Pillow N.º 1 durante la producción de pan regular de enero a julio de 2017

Cabe destacar que la capacidad de producción real está definida a partir de pruebas de campo realizadas en las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante la elaboración del *Value Stream Map*, y la capacidad de producción máxima es la capacidad límite a la cual puede llegar la línea de producción.

A partir de la ecuación 1 presentada en el marco teórico se calculará la disponibilidad de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante el periodo de enero a julio de 2017.

$$Disponibilidad = \frac{(Tiempo disponible - Tiempo de paros)}{Tiempo disponible}$$

Disponibilidad de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1		
Meses	Pan O Mat	Pillow N.º 1
Enero	97,852%	98,683%
Febrero	97,680%	100,000%
Marzo	97,634%	97,842%
Abril	98,054%	100,000%
Mayo	99,139%	99,834%
Junio	100,000%	98,292%
Julio	99,961%	99,700%

Cuadro 23 Cálculo de disponibilidad de los equipos Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante la producción de pan regular de enero a julio del 2017

A partir de la ecuación 2 presentada en el marco teórico se calculará el desempeño de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante la producción del pan regular de enero a julio de 2017.

$$\text{Desempeño} = \frac{(\text{Ciclo ideal} * \text{Total de unidades})}{\text{Tiempo operativo}}$$

Desempeño de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1		
Meses	Pan O Mat	Pillow N.º 1
Enero	54,436%	57,623%
Febrero	54,532%	56,864%
Marzo	54,558%	58,118%
Abril	54,324%	56,864%
Mayo	53,730%	56,958%
Junio	53,267%	57,852%
Julio	53,288%	57,034%

Cuadro 24 Cálculo de desempeño de los equipos Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante la producción de pan regular de enero a julio del 2017

A partir de la ecuación 4 presentada en el marco teórico se calculará la calidad de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante la producción de pan regular de enero a julio de 2017.

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{Total de unidades} - \text{Unidades defectuosas})}{\text{Total de unidades}}$$

Calidad de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.° 1		
Meses	Pan O Mat	Pillow N.° 1
Enero	99,548%	99,729%
Febrero	99,439%	99,975%
Marzo	98,723%	99,048%
Abril	99,846%	99,989%
Mayo	99,952%	99,698%
Junio	99,993%	99,013%
Julio	99,993%	99,850%

Cuadro 25 Cálculo de calidad de los equipos Pan O Mat y Pillow N.° 1 durante la producción de pan regular de enero a julio del 2017

A partir de la ecuación 5 sobre el cálculo del OEE, presentada en el marco teórico, y los datos anteriormente calculados, se definirá el OEE de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.° 1 durante la producción del pan regular de enero a julio de 2017.

$$OEE = Disponibilidad * Desempeño * Calidad$$

OEE de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.° 1		
Meses	Pan O Mat	Pillow N.° 1
Enero	53,026%	56,710%
Febrero	52,968%	56,849%
Marzo	52,587%	56,322%
Abril	53,185%	56,858%
Mayo	53,241%	56,692%
Junio	53,263%	56,302%
Julio	53,263%	56,778%

Cuadro 26 Eficiencia global de los equipos de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.° 1 durante la producción de pan regular de enero a julio del 2017

2.3. Pruebas de campo y prototipos

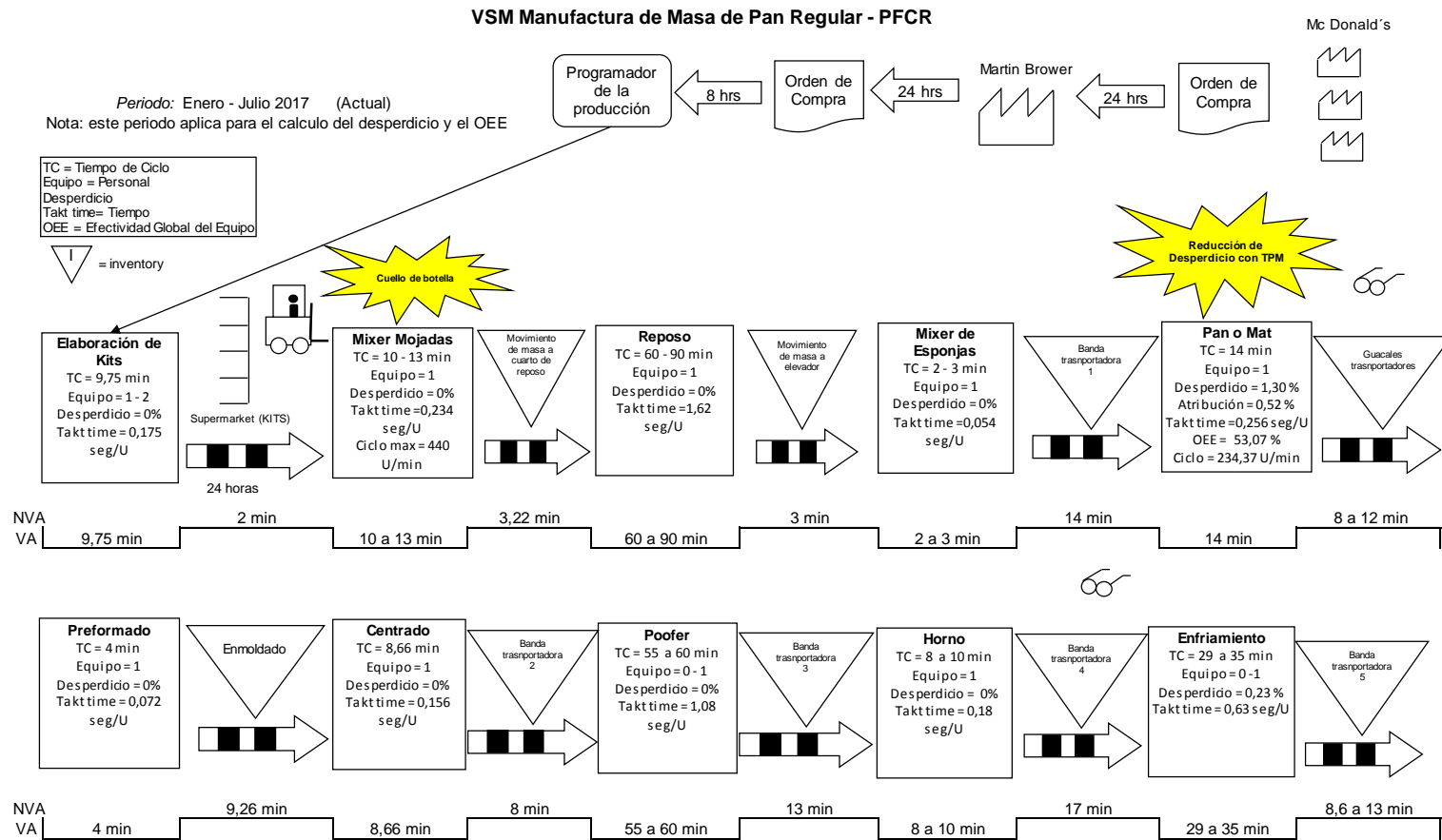


Figura 18 Value stream map de manufactura de pan regular de enero a julio del 2017

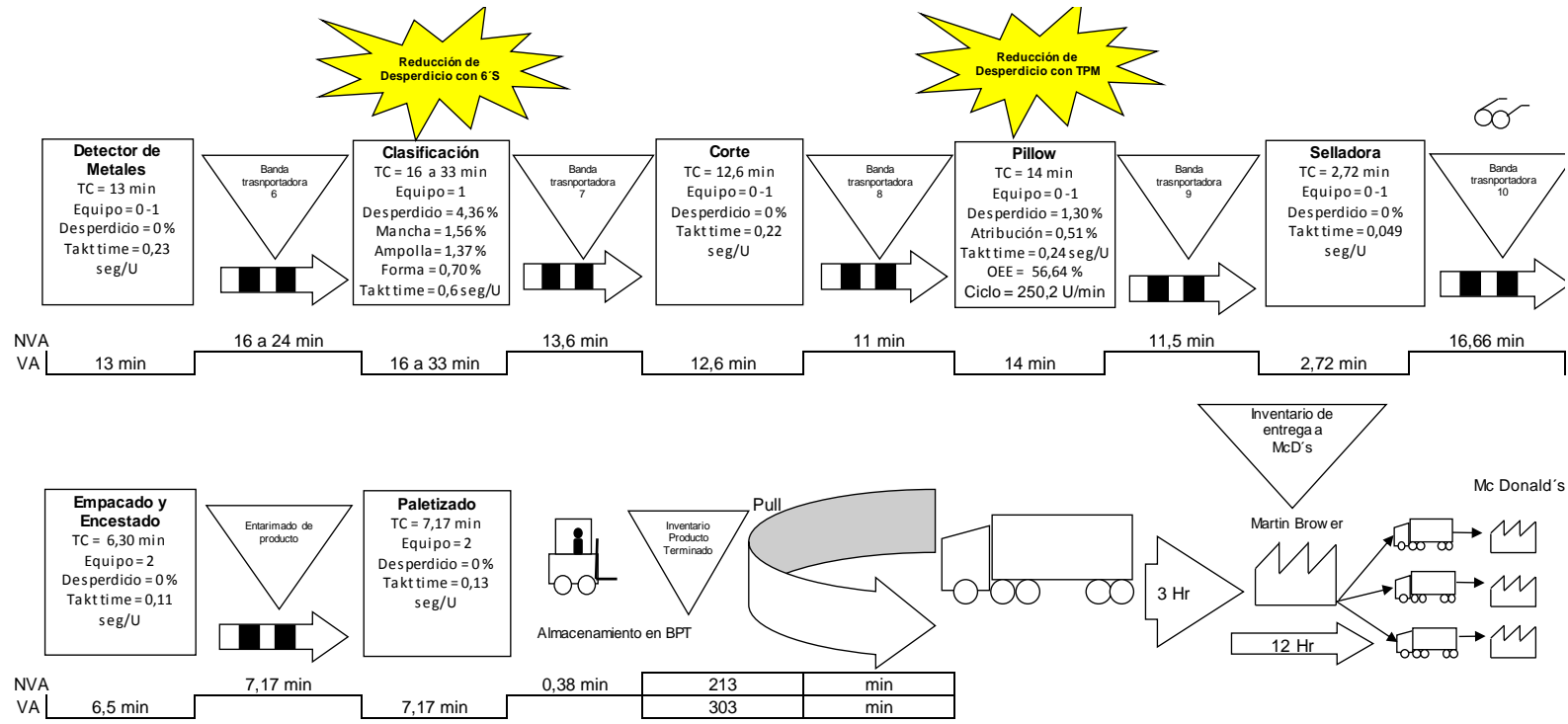


Figura 19 Continuación del Value Stream Map de manufactura de pan regular de enero a julio de 2017

En esta figura se observa el proceso de manufactura de una masa completa de pan regular, la cual pesa 200 kg, lo que es un equivalente a 3.333 unidades de pan.

2.4. Tabulación de datos utilizando cuadros y gráficos

En esta sección se presentarán las tablas y gráficos del OEE de los equipos Pan O Mat y Pillow N.º 1 de enero hasta julio del año 2017.

2.4.1 OEE del equipo Pan O Mat

Mes	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Enero	97,852%	54,436%	99,548%	53,026%
Febrero	97,680%	54,532%	99,439%	52,968%
Marzo	97,634%	54,558%	98,723%	52,587%
Abril	98,054%	54,324%	99,846%	53,185%
Mayo	99,139%	53,730%	99,952%	53,241%
Junio	100,000%	53,267%	99,993%	53,263%
Julio	99,961%	53,288%	99,993%	53,263%

Cuadro 27 Medición del OEE del equipo Pan O Mat de enero – julio del 2017

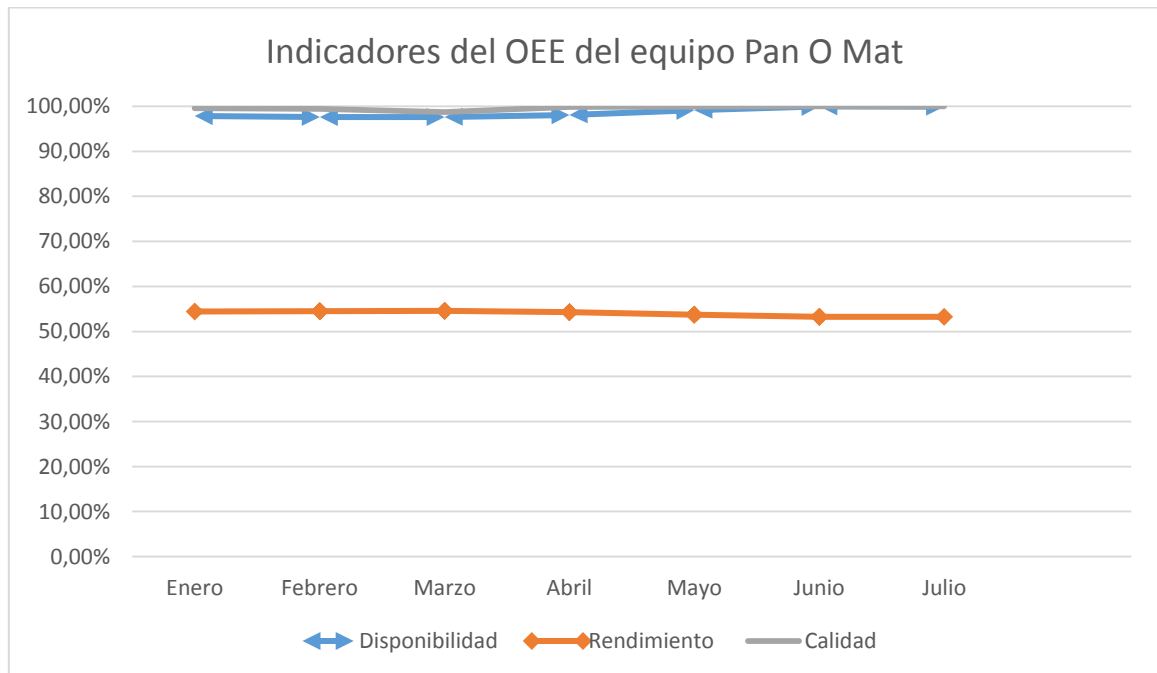


Figura 20 Disponibilidad, rendimiento y calidad del equipo Pan O Mat

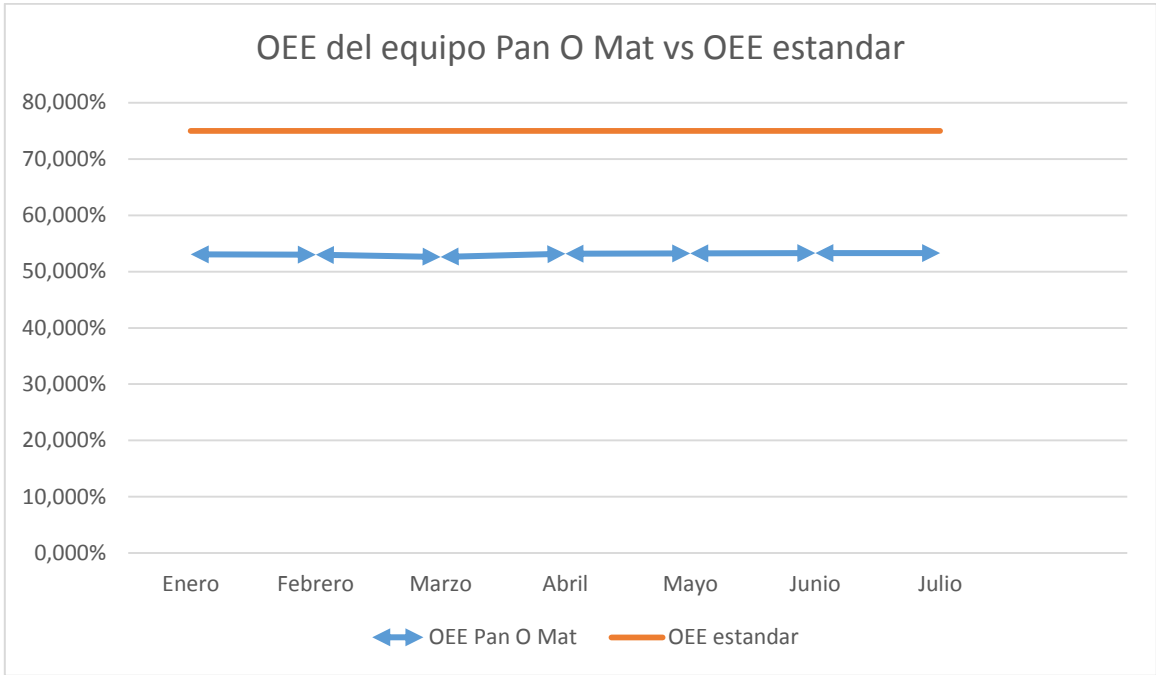


Figura 21 OEE de la Pan O Mat contra el estándar definido como aceptable

2.4.2 OEE del equipo Pillow N.º 1

Mes	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Enero	98,683%	57,623%	99,729%	56,710%
Febrero	100,000%	56,864%	99,975%	56,849%
Marzo	97,842%	58,118%	99,048%	56,322%
Abril	100,000%	56,864%	99,989%	56,858%
Mayo	99,834%	56,958%	99,698%	56,692%
Junio	98,292%	57,852%	99,013%	56,302%
Julio	99,700%	57,034%	99,850%	56,778%

Cuadro 28 Medición del OEE del equipo Pillow N.º 1 de enero – julio de 2017

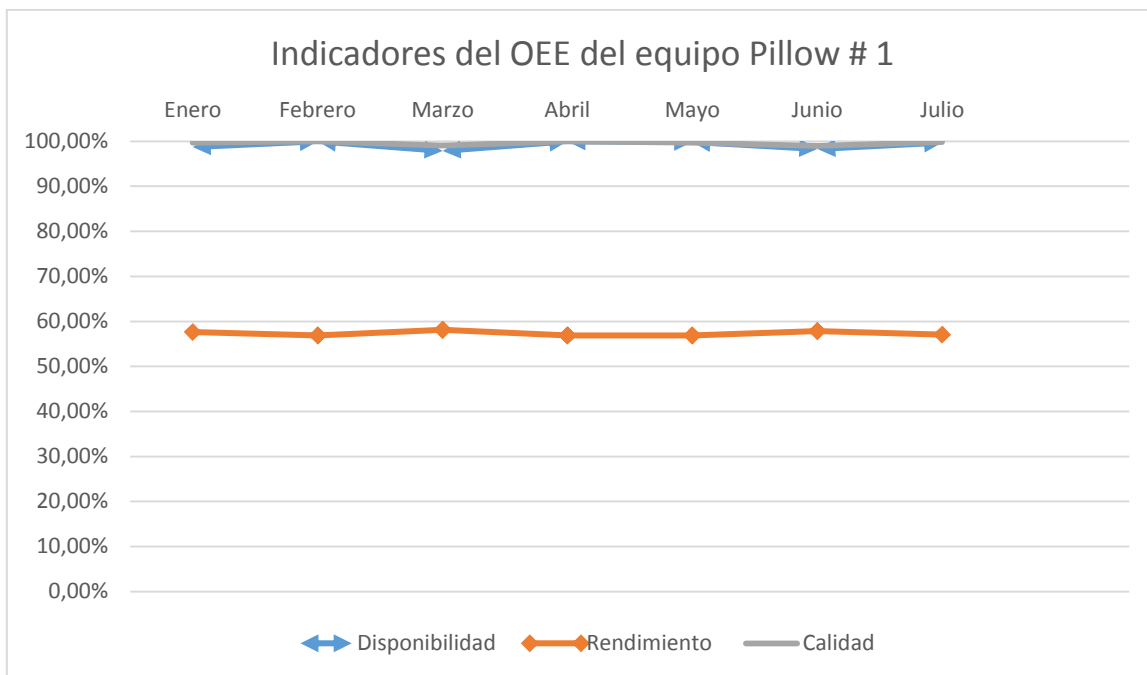


Figura 22 Disponibilidad, rendimiento y calidad del equipo Pillow # 1

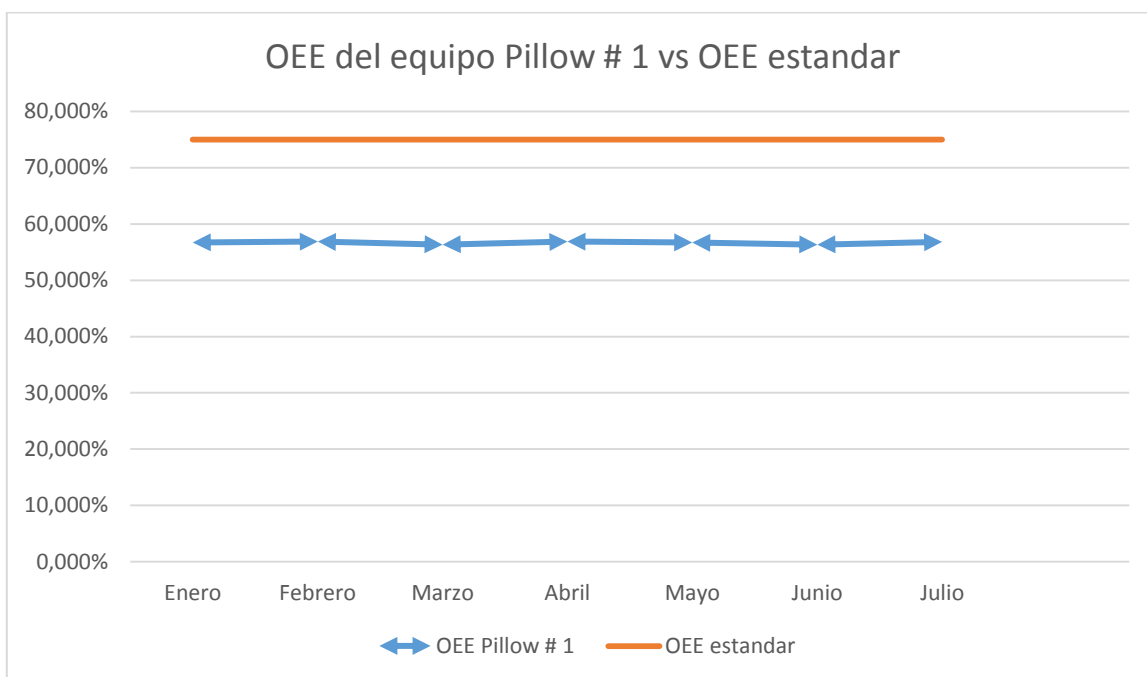


Figura 23 OEE de la Pillow # 1 contra el estándar definido como aceptable.

2.5 Diseño de la propuesta

Se debe aclarar que para la elaboración de los programas de mantenimiento preventivo y autónomo se deben ver las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 como el ensamble de un conjunto de piezas, las cuales tienen una determinada función y mantenimiento. Este “despiece” se encontrará en los anexos, en los que se puede consultar la función de las principales piezas que conforman el equipo.

2.5.1 Programa de mantenimiento autónomo

2.5.1.1 Capacitaciones

Con el fin de que el personal operativo realice actividades de mantenimiento básico, primero se definirán los puntos claves por abarcar en las capacitaciones. Estas se basarán en los sistemas de la maquinaria, así como en el personal que las recibirá y en los encargados de realizarlas.

Capacitación	Subtema	Personal por capacitar		Encargado de la capacitación
		Pan O Mat	Pillow	
Mecánica	Metrología	Operador	Operador	Técnico
	Uso de herramientas	Operador	Operador	Técnico
	Rodamientos	Operador	Operador	Técnico
	Muñoneras	Operador	Operador	Técnico
	Sistemas de transmisión	Operador	Operador	Técnico
	Lubricación	Operador	Operador	Técnico
Electricidad	Seguridad eléctrica	Operador	Operador	Técnico
	Uso de herramientas	Operador	Operador	Técnico
	Sensores	Operador	Operador	Técnico
	Protecciones eléctricas	Operador	Operador	Técnico
Neumática	Conceptos básicos de	Operador	Operador	Técnico

	neumático énfasis en aire comprimido			
	Seguridad con el equipo neumático	Operador	Operador	Técnico
	Elementos y simbología neumática	Operador	Operador	Técnico
	Mantenimiento básico de elementos neumáticos	Operador	Operador	Técnico

Cuadro 29 Programa de capacitación

Como se detalló en el plan de implementación, dos documentos de suma importancia son el instructivo de operación y las hojas de registro, las cuales facilitarán la implementación del mantenimiento autónomo.

2.5.1.1.1 Instructivo de operación

Banda boleadora			
Procedimiento	N°	Instrucción	Frecuencia
Antes de producción	1	Asegurarse que la banda transportadora esté seguramente fijada a los rodillos.	Diaria
	2	Asegurarse de que la banda transportadora esté limpia y no obstruida.	Diaria
	3	Revisar que no haya piezas sueltas.	Diaria
	4	Asegurarse de que las cadenas de los motores no estén obstruidas.	Diaria
	5	Revisar que las guardas de protección estén colocadas.	Diaria
	6	Revisar el estado del cableado del motor hacia el receptáculo.	Diaria
	7	Encender la banda transportadora.	Diaria
	8	Revisar la banda transportadora. La banda debe estar corriendo hacia adelante, fuera de la máquina.	Diaria
	9	Si la banda transportadora está corriendo hacia atrás, en contra de la dirección de la máquina, consultar a un técnico.	Diaria

	10	Apagar la maquina boleadora.	Diaria
Durante producción	11	Revisar la presión ejercida por las barras boleadoras. El ajustar la presión de las barras boleadoras afectará el formado de la pieza de masa. Para ajustar la presión de las barras boleadoras se recomienda primero apagar la fuente de energía de toda la máquina. Regular la presión de las barras boleadoras en la posición deseada. Encienda la máquina.	Diaria
	12	Revisar que el recolector de harina no se quede sin harina.	Diaria
	13	Revisar que las piezas de masa sean correctamente ubicadas en las copas de la Pan O Mat. Debe haber correcta sincronización entre la banda boleadora y la Pan o Mat, si no la hay, cambie la frecuencia de la banda por un número entre el siguiente intervalo de frecuencia 38 Hz a 45 Hz.	Diaria
	14	Revisar el panel de control.	Diaria
Final de producción	15	Presionar el botón de STOP del panel de control para detener el ciclo de la máquina bajo condiciones operativas normales.	Diaria
	16	Apague la máquina interrumpiendo la fuente de electricidad.	Diaria
	17	Limpiar la máquina boleadora.	Diaria

Cuadro 30 Instructivo de operación de la máquina banda boleadora

Pan O Mat			
Procedimiento	N°	Instrucción	Frecuencia
Antes de producción	1	Revisar que la máquina esté limpia.	Diaria
	2	Revisar que no haya piezas sueltas.	Diaria
	3	Revisar que las guardas de protección estén colocadas.	Diaria
	4	Revisar que las cadenas de los motores no estén obstruidas.	Diaria
	5	Encender la máquina.	Diaria
	6	Revisar la rotación del motor, cadenas, fajas y guacales.	Diaria
Durante producción	7	Revisar que las piezas de masa sean correctamente ubicadas en las copas de la Pan O Mat. Debe haber correcta sincronización entre la banda boleadora y la Pan o Mat.	Diaria
	8	Revisar que el peso de las piezas de masa corresponda con el estándar.	Diaria
	9	Revisar que las piezas de masa sean correctamente depositadas en la máquina aplanabolas.	Diaria
	10	Revisar el panel de control.	Diaria
Final de producción	11	Presionar el botón de STOP del panel de control para detener el ciclo de la máquina bajo condiciones operativas normales.	Diaria
	12	Apague la máquina interrumpiendo la fuente de electricidad.	Diaria
	13	Limpiar la máquina Pan O Mat.	Diaria

Cuadro 31 Instructivo de operación de la máquina Pan O Mat

Máquina aplanabolas			
Procedimiento	N°	Instrucción	Frecuencia
Antes de producción	1	Revisar que la máquina esté limpia.	Diaria
	2	Revisar que no haya piezas sueltas.	Diaria
	3	Revisar que las guardas de protección estén colocadas.	Diaria
	4	Revisar que las cadenas de los motores no estén obstruidas.	Diaria

	5	Encender la máquina.	Diaria
	6	Revisar la rotación del motor y las fajas.	Diaria
Durante producción	7	Revisar que las piezas de masa sean correctamente ubicadas en los moldes.	Diaria
	8	Revisar el panel de control.	Diaria
Final de producción	9	Presionar el botón de STOP del panel de control para detener el ciclo de la máquina bajo condiciones operativas normales.	Diaria
	10	Apague la máquina interrumpiendo la fuente de electricidad.	Diaria
	11	Limpiar la máquina aplanabolas.	Diaria

Cuadro 32 Instructivo de operación de la máquina aplana bolas

Pillow N.º 1			
Procedimiento	Nº	Instrucción	Frecuencia
Antes de producción	1	Revisar que la película de empaque esté cargada y bobinada.	Diaria
	2	Revisar que no haya piezas sueltas.	Diaria
	3	Revisar que las guardas de protección estén colocadas.	Diaria
	4	Revisar que las cadenas de los motores no estén obstruidas	Diaria
	5	Revisar que la máquina esté limpia.	Diaria
	6	Encender la máquina.	Diaria
	7	Esperar 10 minutos para permitir que la mordaza del cabezal alcance la temperatura adecuada.	Diaria
	8	Realizar pruebas de empaque.	Diaria
	9	Coloque el producto en la banda, empuje el producto a través del filamento de la empacadora para asegurar que el cabezal no aplastará el producto. Ajustar, si es necesario.	Diaria
	10	Revisar que el producto esté posicionado correctamente en la película de empaque. Si el producto no está siendo posicionado correctamente, tome medidas correctivas.	Diaria
Durante producción	11	Revisar la entrada del material de empaque.	Diaria
	12	Revisar la posición del producto.	Diaria

	13	Revisar el sellado central y vertical.	Diaria
	14	Revisar el corte de cuchillas.	Diaria
	15	Revisar los mensajes del panel de control.	Diaria
Final de producción	16	Presionar el botón de STOP en el panel de control, para detener el ciclo de empaque bajo condiciones operativas normales.	Diaria
	17	Apague la máquina interrumpiendo la fuente de electricidad.	Diaria
	18	Cortar la película de empaque sobre la mordaza y remover cualquier residuo de la mordaza y aletas.	Diaria
	19	Limpiar la empacadora.	Diaria

Cuadro 33 Instructivo de operación la máquina Pillow N.º 1

2.5.1.1.2 Registro

Banda boleadora		
Nº	Punto por verificar	Frecuencia
1	Estado de sujetadores.	Diario
2	Estado de pistón.	Diario
3	Correas de transmisión ajustadas.	Diario
4	Estado de rodillos.	Diario
5	Estado de engranes.	Diario
6	Estado de barras boleadoras.	Diario
7	Estado de banda (ajustada, deteriorada, etc.).	Diario
8	Estado de sistema zigzag	Diario
9	Lubricación de bujes y rodillos.	Quincenal
10	Lubricación general de cadenas de tracción.	Quincenal
11	Lubricación de cojinetes de motor succionador.	Quincenal
12	Lubricación de transmisión de guacal de la caída del zigzag.	Quincenal

Cuadro 34 Registro de mantenimiento autónomo de la máquina banda aplana bolas

Pan O Mat		
Nº	Punto por verificar	Frecuencia
1	Estado de eje de transmisión.	Diario
2	Estado de engranes.	Diario
3	Estado de cojinetes.	Diario
4	Estado de cadenas.	Diario
5	Estado de copas.	Diario

6	Estado de sistema de levas.	Diario
7	Estado de áreas metálicas exteriores.	Diario
8	Lubricación de cadenas portaguacales.	Quincenal
9	Lubricación de bujes de <i>sprokets</i> de cadena portaguacales.	Quincenal

Cuadro 35 Registro de mantenimiento autónomo de la máquina Pan O Mat

Máquina aplanabolas		
N°	Punto por verificar	Frecuencia
1	Estado de eje de transmisión.	Diario
2	Estado de engranes.	Diario
3	Estado de cojinetes.	Diario
4	Estado de cadenas.	Diario
5	Estado de banda.	Diario
6	Estado de rodillos aplanabolas.	Diario
7	Lubricación del sistema de rodillos aplanabolas.	Quincenal
8	Lubricación de bujes y rodillos de faja aplanabolas.	Quincenal

Cuadro 36 Registro de mantenimiento autónomo de la máquina aplanabolas

Pillow N.º 1		
N°	Punto por verificar	Frecuencia
1	Estado de banda (ajustada, deteriorada, etc.)	Diario
2	Estado de cuchilla	Diario
3	Estado de mordazas	Diario
4	Estado de yunque	Diario
5	Estado de almohadillas	Diario
6	Estado de resistencias	Diario
7	Estado de sujetadores	Diario
8	Estado de cadenas de transmisión	Diario
9	Lubricación de cadenas de tracción y chumaceras	Quincenal
10	Lubricación de rodillos de cabezal de sellado	Quincenal
11	Lubricación de ruedas de sellado lateral	Quincenal
12	Lubricación de chumaceras de la banda transportadora	Quincenal

Cuadro 37 Registro de mantenimiento autónomo de la máquina Pillow N.º 1

2.5.2 Implementación de las 5 S

2.5.2.1 Organización (Seiri) y orden (Seiton)

Con el objetivo de que cada operario pueda desarrollar los estándares de limpieza y mantenimiento básico, es imprescindible que tenga acceso a las herramientas necesarias de una manera que sea fácil y rápida de utilizarlas. Para esto se instalarán gabinetes de herramienta cerca del área de trabajo de los operarios. Estos gabinetes deben tener las herramientas necesarias para realizar ajustes mecánicos y eléctricos básicos. A continuación se presenta un listado mínimo del contenido de las gavetas.

- Juego de llaves y accesorios
- Juego de desatornilladores
- Alicates y tenazas
- Juego de cubos y accesorios
- Cuchillas
- Cortadoras de cables
- Espátulas

2.5.2.2 Limpieza (Seiso)

Banda boleadora			
N°	Procedimiento de limpieza	Asignado a	Frecuencia
1	Organizar el área para la limpieza.	Operador	Diario
2	Con la manguera de aire, sopletear toda la máquina para sacar el exceso de masa y harina.	Operador	Diario
3	Retirar la bandeja al deslizarla por debajo de la banda transportadora y remover el exceso de	Operador	Diario

	desperdicio.		
4	Para limpiar la espátula, localizarla debajo de la banda y remover el exceso de masa.	Operador	Diario
5	Para liberar el ensamble de la barra boleadora para la limpieza, liberar los seguros. Esto es todo lo que se requiere para girar barra boleadora lejos de la banda transportadora para la limpieza	Operador	Diario
6	Lentamente gire el ensamble de la barra boleadora hacia la posición de arriba, asegurándose de que está totalmente elevada y en una posición segura.	Operador	Diario
7	Localizar la cara inferior bajo las barras boleadoras y limpiar cuidadosamente. Continúe pasando un trapo a las partes restantes del ensamblaje de las barras boleadoras.	Operador	Diario
8	Con las barras boleadoras en posición elevada, limpie y raspe minuciosamente el exceso de masa de la banda transportadora.	Operador	Diario
9	Lentamente baje las barras boleadoras, y asegure los pasadores del ensamblaje de las barras boleadoras. Vuelva a colocar la bandeja de sobras.	Operador	Diario
10	Limpieza de la transmisión de guacal de la caída zigzag y cajón de resbaladero con cepillo.	Operador	Diario
11	Limpiar las cadenas de transmisión con un cepillo	Operador	Semanal
12	Remover el exceso de masa y harina de los rodillos.	Operador	Semanal
13	Limpiar el panel de control de cualquier residuo.	Operador	Semanal
11	Limpieza de motores según el procedimiento de motores.	Operador	Semanal

Cuadro 38 Procedimiento de limpieza de la máquina banda boleadora.

Pan O Mat			
N°	Procedimiento de limpieza	Asignado a	Frecuencia
1	Alistar equipo y útiles necesarios para la limpieza.	Operador	Diario
2	Retirar poco a poco las copas de transporte de masa de la siguiente forma: Retirar la primera fila de copas e ir colocándolas en una bolsa. Encender y apagar la máquina con el <i>switch</i> para dar paso al siguiente	Operador	Diario

	juego, repitiendo el procedimiento hasta retirar la totalidad de ellas e ir revisando el estado de las copas.		
3	Quitar las bandejas de recolección de harina y remover la harina con un cepillo.	Operador	Diario
4	Cubrir el motor con una bolsa.	Operador	Diario
5	Limpiar la estructura de la máquina	Operador	Diario
6	Llevar las copas al área de lavado, en donde serán limpiadas por el departamento de sanitización.	Operador / Departamento de sanitización	Diario
7	Dejar que la máquina se seque a temperatura ambiente.	Operador	Diario
8	Descubrir los motores.	Operador	Diario
9	Colocar las copas limpias, de la misma forma como se retiran en el punto 2.	Operador	Diario
10	Colocar las bandejas nuevamente.	Operador	Diario
11	Limpieza de paneles de control de cualquier residuo.	Operador	Semanal
12	Limpieza de cadenas de guacales y de transmisión con cepillo	Operador	Semanal
13	Limpieza de motores según el procedimiento de motores	Operador	Semanal

Cuadro 39 Procedimiento de limpieza de la máquina Pan O Mat.

Máquina aplanabolas			
N°	Procedimiento de limpieza	Asignado a	Frecuencia
1	Alistar equipo y útiles necesarios para la limpieza.	Operador	Diario
2	Con ayuda de la manguera de aire, retirar el exceso de harina y masa.	Operador	Diario
3	Raspar cualquier residuo de masa con una espátula plástica en la banda.	Operador	Diario
4	Raspar los rodillos aplanabolas con una espátula plástica y remueva cualquier residuo de masa de los rodamientos.	Operador	Diario
5	Retirar la bandeja al deslizarla por debajo de la máquina y remueva los residuos de masa y harina.	Operador	Diario
6	Para limpiar la espátula, localizarla debajo de la	Operador	Diario

	banda y remover el exceso de masa.		
7	Limpiar el resbaladero raspando el exceso de masa con una espátula.	Operador	Diario
8	Limpiar los paneles de transmisión lateral y remover cualquier residuo de harina.	Operador	Diario
9	Limpieza de las superficies externas de la máquina.	Operador	Diario
10	Limpieza de paneles de control de cualquier residuo.	Operador	Semanal
11	Limpieza de cadenas de transmisión con cepillo.	Operador	Semanal
11	Limpieza de motores según el procedimiento de motores.	Operador	Semanal

Cuadro 40 Procedimiento de limpieza de la máquina aplana bolas.

Pillow N.º 1			
Nº	Procedimiento de limpieza	Asignado a	Frecuencia
1	Alistar equipo y útiles necesarios para la limpieza.	Operador	Diario
2	Retirar la bandeja al deslizarla por debajo de la banda transportadora, y remover el desperdicio de pan.	Operador	Diario
3	Retirar con la manguera de aire todos los desperdicios de la máquina.	Operador	Diario
4	Limpiar todas las guardas con un trapo húmedo.	Operador	Diario
5	Barrer todos los escombros del equipo.	Operador	Diario
6	Remover cualquier desperdicio de la banda.	Operador	Diario
7	Remover cualquier material de sellado quemado acumulado en el cabezal. Si es necesario, limpiar las ranuras de la cuchilla, el yunque y la mordaza; remover estas piezas.	Operador	Diario
8	Limpieza de la estructura de la máquina.	Operador	Diario
9	Limpiar los rodillos de cualquier residuo.	Operador	Semanal
10	Limpieza de paneles de control de cualquier residuo.	Operador	Semanal
11	Limpieza de cadenas de transmisión con cepillo.	Operador	Semanal
12	Limpieza de motores según el procedimiento con motores.	Operador	Semanal

Cuadro 41 Procedimiento de limpieza de la máquina Pillow N.º 1

Motor			
N°	Procedimiento de limpieza	Asignado a	Frecuencia
1	Organizar el equipo para la limpieza.	Operador	Semanal
2	Asegúrese de que el equipo esté apagado.	Operador	Semanal
3	Con ayuda de la manguera de aire, retirar el exceso de harina, semilla, etc.	Operador	Semanal
4	En lugares en donde haya masa acumulada, retirarla con ayuda de la espátula.	Operador	Semanal
5	Inspeccionar visualmente para una limpieza óptima y que no quede nada oculto.	Operador	Semanal

Cuadro 42 Procedimiento de limpieza de motores

2.5.2.3 Estandarización (*Seiketsu*) y disciplina (*Shitsuke*)

De manera en que se cumplan y se mantengan las tres primeras S, estas se deberán estandarizar por medio auditorías. Estas auditorías estarán compuestas por un *checklist*; ubicado en los anexos, en donde se verificarán puntos claves de cada máquina, las cuales deben estar en óptimas condiciones para asegurar su correcto funcionamiento.

Banda boleadora		
N°	Punto a verificar	Frecuencia
1	Limpieza de banda	Diario
2	Limpieza de espátula debajo de banda	Diario
3	Limpieza de la bandeja	Diario
4	Limpieza de barras boleadoras	Diario
5	Limpieza de resbaladero zigzag	Diario
6	Limpieza de la transmisión de guacal de la caída zigzag	Diario
7	Limpieza de cajón debajo del resbaladero	Diario
8	Orden de gavetas de herramientas	Diario
9	Limpieza de cadenas de transmisión	Semanal
10	Limpieza de paneles	Semanal
11	Limpieza de motores	Semanal

Cuadro 43 Auditoria de orden y limpieza de la máquina banda transportadora

Pan O Mat		
N°	Punto por verificar	Frecuencia
1	Limpieza de copas	Diario
2	Limpieza de áreas exteriores metálicas	Diario
3	Limpieza de cadenas de guacales y de transmisión	Semanal
4	Limpieza de motores	Semanal

Cuadro 44 Auditoria de orden y limpieza de la máquina Pan o Mat

Máquina aplanabolas		
N°	Punto por verificar	Frecuencia
1	Limpieza de rodillos aplanabolas	Diario
2	Limpieza de espátula	Diario
3	Limpieza de resbaladero	Diario
4	Limpieza de sistema de transmisión lateral	Diario
5	Limpieza de paneles	Semanal
6	Limpieza de motores	Semanal
7	Limpieza de cadenas	Semanal

Cuadro 45 Auditoria de orden y limpieza de la máquina aplana bolas

Pillow N.º 1		
N°	Punto por verificar	Frecuencia
1	Limpieza de bandas	Diario
2	Limpieza de cabezal	Diario
3	Limpieza de bandeja	Diario
4	Orden de gavetas de herramientas	Diario
5	Limpieza de paneles	Semanal
6	Limpieza de motores	Semanal
7	Limpieza de cadenas	Semanal

Cuadro 46 Auditoria de orden y limpieza de la máquina pillow N.º 1

2.5.3 Programa de mantenimiento planificado

Máster de mantenimiento de la máquina Pan o Mat		
N°	Actividad	Frecuencia
1	Mantenimiento completo a sistema de rodillos aplanabolas.	Anual
2	Mantenimiento a tensor del sistema de levas.	Anual
3	Mantenimiento a motorreductor del rodillo jaula de ardilla.	Anual
4	Mantenimiento a motor succionador de harina.	Anual
5	Mantenimiento a eje de tracción y <i>bushing</i> sistema de levas.	Anual
6	Mantenimiento a caja reductora del eje activador de levas.	Anual
7	Mantenimiento a caja reductora de faja boleadora.	Anual
8	Cambio de guías boleadoras.	Anual
9	Cambio de faja boleadora.	Anual
10	Cambio de chumaceras y ejes rodillos faja boleadora.	Anual
11	Cambio de cadenas de tracción faja boleadora.	Anual
12	Cambio de cadena a eje activador de levas.	Anual
13	Cambio de faja de tortilla.	Anual
14	Mantenimiento a rodillo traccionado y de tracción faja tortilla.	Anual
15	Mantenimiento a motorreductor faja de tablillas.	Anual
16	Mantenimiento a motorreductor faja de tortillas.	Anual
17	Cambio de cadena de motorreductor faja de tortilla.	Anual
18	Limpieza y revisión del panel eléctrico.	Anual
19	Mantenimiento a cadena de guacales.	Anual
20	Mantenimiento del sistema neumático	Anual
21	Mantenimiento del motor principal de la banda boleadora.	Anual
22	Cambio de cuchilla de la banda boleadora.	Anual
23	Mantenimiento de turbina principal recuperador de harina.	Anual
24	Cambio de filtros recuperador de harina.	Anual
25	Revisión y cambio (si es necesario) de mangueras del recuperador de harina.	Anual
26	Mantenimiento del cono recibidor de harina del recuperador de harina.	Anual
27	Cambio de rodamientos y chumaceras Pan o Mat.	Anual

Cuadro 47 Master de mantenimiento de la máquina Pan O Mat

Máster de revisión de la máquina Pan O Mat		
N°	Actividad	Frecuencia
1	Revisión de temperatura, amperaje y ruido de la turbina recuperadora de harina.	Mensual
2	Revisión de cadenas de tracción principales.	Mensual
3	Revisión de <i>sprockets</i> y tensores.	Mensual
4	Revisión del eje de tracción y <i>bushings</i> .	Mensual
5	Revisión de temperatura, amperaje y ruido del motor jaula de ardilla.	Mensual
6	Revisión de <i>sprockets</i> y cadenas de rodillo jaula de ardilla.	Mensual
7	Revisión de la cadena principal de la faja boleadora.	Mensual
8	Revisión de <i>sprockets</i> y cadenas del sistema de rodillos aplanabolas.	Mensual
9	Revisión de temperatura, amperaje y ruido del motor de la turbina de harina.	Mensual
10	Revisión de las cadenas de tracción principales, <i>sprockets</i> y tensores.	Mensual
11	Revisión de ejes y <i>bushings</i> .	Mensual
12	Revisión de temperatura, amperaje y ruido del motor jaula de ardilla.	Mensual
13	Revisión de poleas y banda del rodillo jaula de ardilla.	Mensual
14	Revisión de cadena principal de faja boleadora.	Mensual
15	Revisión de cadenas de transportadores de tablillas.	Mensual
16	Revisión de <i>sprockets</i> de cadenas de guacales, cadena portaguacales.	Mensual
17	Revisión de chumaceras de cadena portaguacales.	Mensual
18	Revisión de cadenas, <i>sprockets</i> y tensores de caja principal.	Mensual
19	Revisión de guías boleadoras, faja boleadora y faja de tortillas.	Mensual
20	Revisión de rodillos de faja de tortilla.	Mensual
21	Revisión temperatura amperaje y ruido de motorreductor de la faja de tortilla.	Mensual
22	Revisión de rodillos de banda boleadora, faja de tracción y poleas.	Mensual
23	Revisión de sensores.	Mensual
24	Revisión de caja de cambios.	Mensual
25	Revisión del rodillo aplanabolas.	Mensual

Cuadro 48 Master de revisión de la máquina Pan O Mat

Máster de lubricación de la Máquina Pan O Mat		
N°	Actividad	Frecuencia
1	Lubricación de los cojinetes del motor succionador.	Mensual
2	Lubricación de cadenas portaguacales.	Mensual
3	Lubricación de transmisión del guacal de la caída del zigzag.	Mensual
4	Revisión/nivelación de la caja reductora de sistema de rodillos aplanabolos.	Mensual
5	Lubricación de sistema de rodillos aplanabolos.	Mensual
6	Lubricación general de bujes de <i>sprokets</i> de cadena portaguacales.	Mensual
7	Lubricación general de cadenas de tracción.	Mensual
8	Lubricación de bujes y rodillos de faja aplanabolos.	Mensual
9	Lubricación de chumaceras de la banda boleadora.	Mensual

Cuadro 49 Master de lubricación de la máquina Pan O Mat

Master de mantenimiento de la máquina Pillow N.º 1		
N°	Actividad	Frecuencia
1	Mantenimiento o cambio de <i>cluth</i> freno de nylon.	Anual
2	Cambio de sierra de corte nylon.	Anual
3	Mantenimiento a ejes y ruedas de sellado lateral.	Anual
4	Mantenimiento completo a unidades de sellado lateral.	Anual
5	Cambio de faja de entrada de sellado pillow.	Anual
6	Cambio de hules de sellado inferior.	Anual
7	Cambio de mangueras de succión de sellado lateral.	Anual
8	Mantenimiento a motorreductor principal de pillow.	Anual
9	Cambio de pistón de movimiento principal de la mordaza de sellado.	Anual
10	Mantenimiento a rodillos de tracción de nylon.	Anual
11	Mantenimiento a rodillos de faja entrada de producto.	Anual
12	Mantenimiento a turbina de succión.	Anual
13	Mantenimiento completo a cabezal de sellado.	Anual
14	Mantenimiento completo a sistema eléctrico y panel.	Anual
15	Mantenimiento completo a sistema neumático.	Anual
16	Cambio de sellos teflonados transversales.	Anual
17	Cambio de chumaceras.	Anual
18	Cambio de tubitos de soplado.	Anual
19	Cambio de almohadillas de sellado.	Anual

Cuadro 50 Master de mantenimiento de la máquina Pillow N.º 1

Máster de revisión de la máquina Pillow N.º 1		
Nº	Actividad	Frecuencia
1	Revisión completa del cabezal.	Mensual
2	Revisión de temperatura y amperaje de turbina de succión.	Mensual
3	Revisión de los rodillos de transición debajo del cabezal del sellado.	Mensual
4	Revisión de rodillos de la faja de entrada a Pillow.	Mensual
5	Revisión de rodillos de transición entrada a cabezal.	Mensual
6	Revisión de pistón de movimiento principal de la mordaza de sellado.	Mensual
7	Revisión de temperatura y amperaje de motorreductor principal.	Mensual
8	Revisión de nivel de aceite de caja reductora principal.	Mensual
9	Revisión de sistema de sellado lateral.	Mensual
10	Revisión de mangueras de succión y tubitos de soplado.	Mensual
11	Revisión de fajitas de salida del cabezal.	Mensual
12	Revisión de sierra de corte nylon.	Mensual
13	Revisión de <i>clutch</i> y freno del nylon.	Mensual
14	Revisión de trampa de turbina de succión.	Mensual
15	Revisión general de sistema de sellado central.	Mensual
16	Revisión del sistema eléctrico y panel.	Trimestral
17	Revisión de sensor.	Mensual

Cuadro 51 Master de revisión de la máquina Pillow N.º 1

Máster de lubricación de la máquina Pillow N.º 1		
Nº	Actividad	Frecuencia
1	Limpieza y lubricación de cadenas de tracción y chumaceras.	Mensual
2	Lubricación de rodillos de cabezal de sellado.	Mensual
3	Lubricación de ruedas de sellado lateral.	Mensual
4	Lubricación de chumaceras de la banda.	Mensual

Cuadro 52 Master de lubricación de la máquina Pillow N.º 1

3. Interpretación de resultados

3.1. Análisis de resultados

a. Análisis de tendencia en el porcentaje de desperdicio por falla mecánica, de enero a julio de 2017

En el siguiente cuadro se mostrarán el porcentaje de desperdicio de los tres productos elaborados en Panifresh y el costo que estos generaron en la empresa durante el periodo de enero a julio de 2017.

Producto	Promedio desperdicio por “no calidad”	Promedio desperdicio por falla mecánica	Total de desperdicio	Costo
Regular	4.36 %	1.3 %	5.67 %	\$ 29.694,00
Cuarto de libra	2.12 %	0.63 %	2.76 %	\$ 15.043,55
Big Mac	4.7 %	1.4 %	6.11 %	\$ 14.591,93
Total	3.731 %	1.11 %	4.85 %	\$ 59.329,48

Cuadro 53 Porcentajes de desperdicio y costos generados por pan regular, cuarto de libra y big mac durante enero a julio de 2017

Estos desperdicios generaron un costo total de \$ 59 329,48 de enero a julio de 2017. De la misma manera que en el año 2016, el producto que mayor costo generó debido al desperdicio fue el pan regular. Durante el mismo periodo del año 2017 el porcentaje de desperdicio de pan regular fue del 5,67%. Este desperdicio es debido a dos variables, desperdicio por “no calidad” y desperdicio por falla mecánica. A continuación se presentará una figura del comportamiento del porcentaje de desperdicio por “no calidad” y falla mecánica de enero a julio del año 2017.

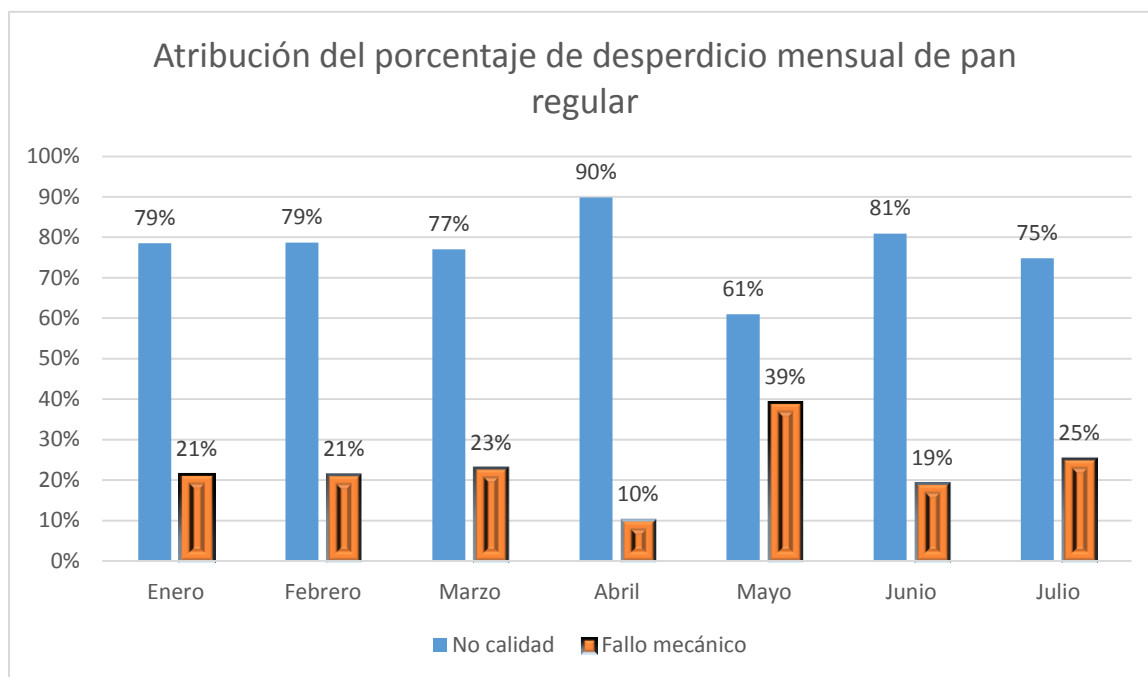


Figura 24 Porcentaje de desperdicio por no calidad y fallo mecánico durante el periodo de enero a julio del 2017.

En general, a partir de la figura anterior se puede decir que 23% del desperdicio de pan regular fue debido a falla mecánica y 77 % se debió a “no calidad”. En la siguiente figura se puede observar este comportamiento durante el periodo de enero a julio de 2017.

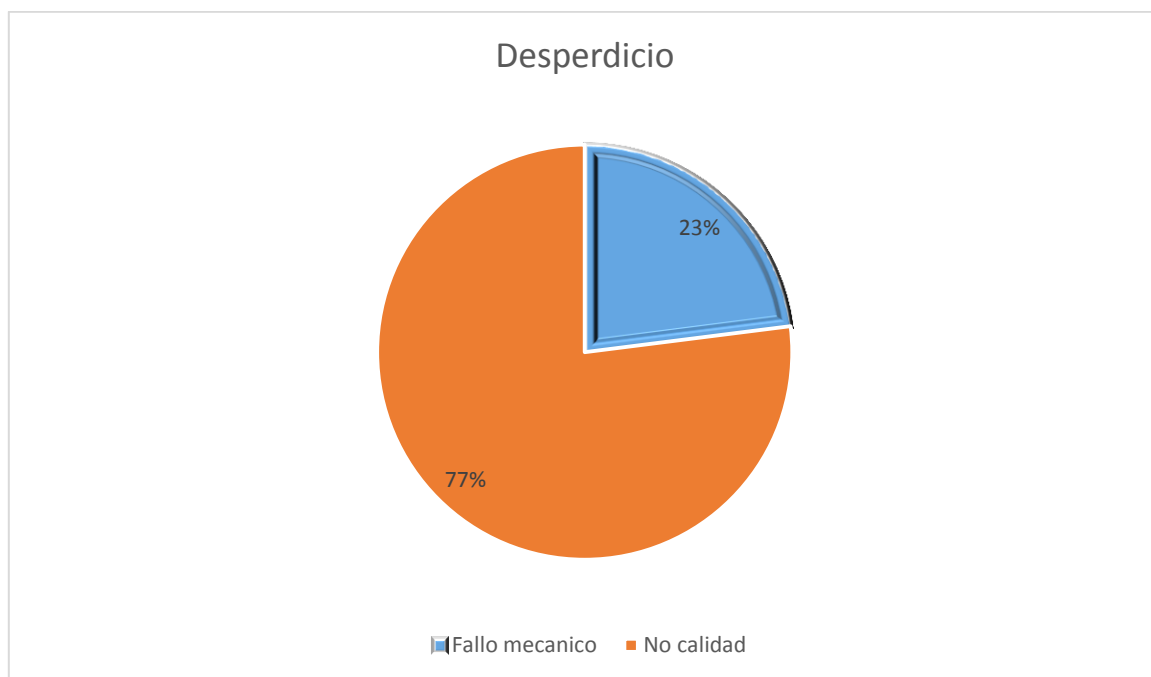


Figura 25 Porcentaje de desperdicio por no calidad y fallo mecánico durante enero a julio del año 2017

A partir de los datos anteriormente expuestos, se puede pronosticar la tendencia del porcentaje de desperdicio por falla mecánica, lo cual indicará si tiende a aumentar o a disminuir, según el comportamiento que presentó durante los primeros siete meses del año 2017.

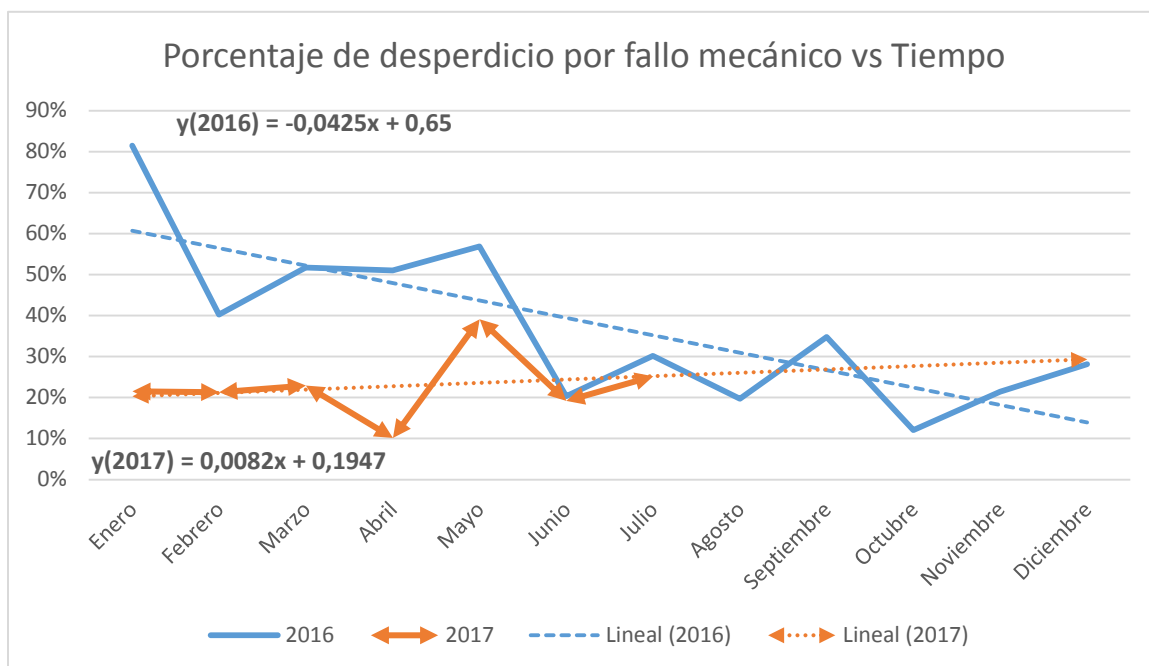


Figura 26 Tendencia del porcentaje de desperdicio por fallo mecánico el año 2016 y de enero a julio del 2017

En la figura 26 se observa el comportamiento del porcentaje de desperdicio por falla mecánica durante el año 2016 y durante el periodo de enero a julio del año 2017. De acuerdo con la figura anterior, se define que durante el año 2016 la tendencia lineal está dada por la fórmula $Y = -0.0425 \cdot X + 0.65$. Esto quiere decir que en cada mes del año 2016 el porcentaje de desperdicio por falla mecánica disminuirá 4,25%. Sin embargo, en el primer semestre del año 2017 el porcentaje lo dará la fórmula siguiente: $Y = 0.0082 \cdot X + 0.1947$, la cual indica que en cada mes el porcentaje de desperdicio aumentará 0.82%, debido a que la tendencia es de carácter alcista.

Según lo planteado anteriormente se puede predecir que en el siguiente semestre del año 2017 el porcentaje de desperdicio por falla mecánica aumentará,

ya que este refleja tendencia a crecer si no se toman medidas preventivas que contrarresten las fallas mecánicas que afectan el proceso de producción.

b. Análisis del indicador disponibilidad

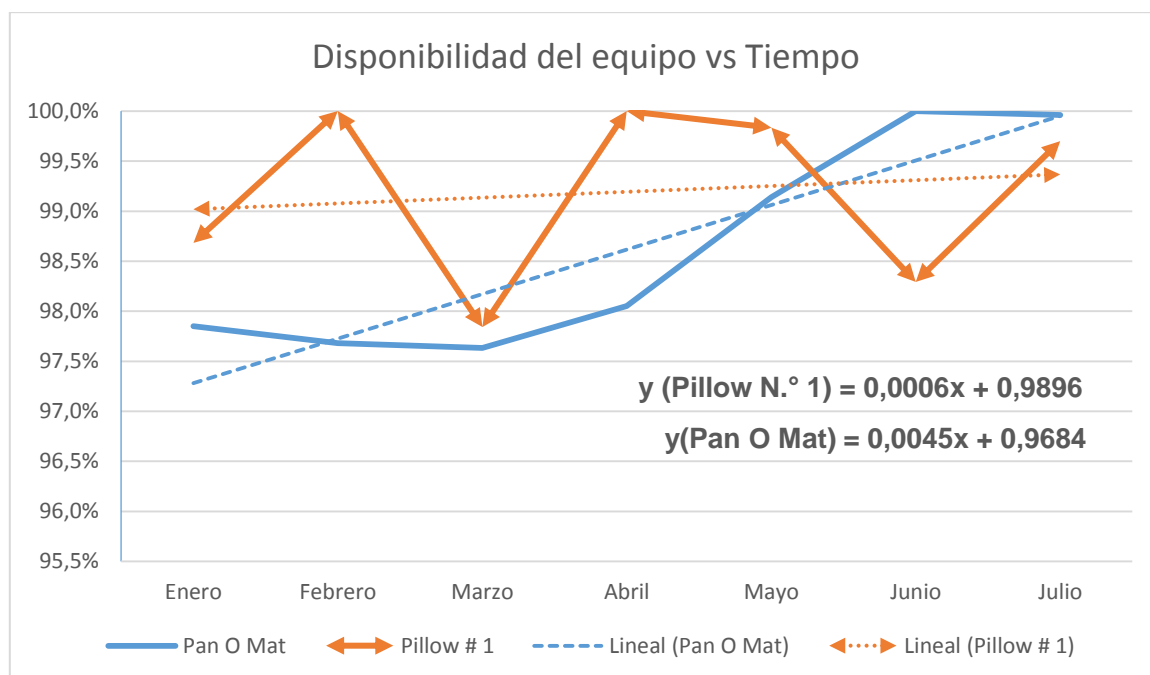


Figura 27 Tendencia de la disponibilidad de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 de enero a julio del 2017

En la figura anterior se puede observar el comportamiento del porcentaje de disponibilidad que tuvieron las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante el periodo de enero a julio de 2017.

Al analizar la línea de la máquina Pan o Mat en la figura N.º 27 se puede ver un incremento en el porcentaje de disponibilidad que se mantiene estable en los últimos dos meses de junio y julio. La fórmula de la tendencia del porcentaje de disponibilidad de la máquina Pan O Mat está definida por $Y = 0.0045X + 0.9684$. Esta fórmula indica que por cada mes la disponibilidad del equipo ascenderá 0.45%. Además, se puede observar un incremento controlado de la disponibilidad,

ya que no se presenta variabilidad de un mes a otro, lo cual es un indicador positivo. Esto se puede ver reflejado en el periodo de marzo a junio, en el que se ve un incremento constante y después, durante junio y julio del 2017, estuvo disponible para la producción de pan regular sin ninguna variación 99 % del tiempo.

Si se observa la línea del porcentaje de disponibilidad de la máquina Pillow N.º 1, se puede determinar que hay mucha variabilidad. En un mes está disponible para la producción de pan regular durante el tiempo asignado para elaboración del pan regular; o sea, 100 %, pero luego decae. Sin embargo, los porcentajes de disponibilidad superan 97%, lo cual indica que su disponibilidad ha sido alta. La tendencia del porcentaje de disponibilidad está representada por la fórmula $Y = 0.0006X + 0.9896$. Esto indica que por mes la disponibilidad tenderá a aumentar 0.06 %, el cual es un porcentaje muy bajo que debido a la variabilidad se puede predecir que podría disminuir en cualquier momento.

Sin embargo, hay dos factores que afectan directamente la disponibilidad de la maquinaria, que son los tiempos de preparaciones y de las averías. Al hacer énfasis en las averías se encuentra el comportamiento reflejado en la siguiente figura. La figura 28 muestra la tendencia de las averías durante el periodo de enero a julio del 2017 en las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1.

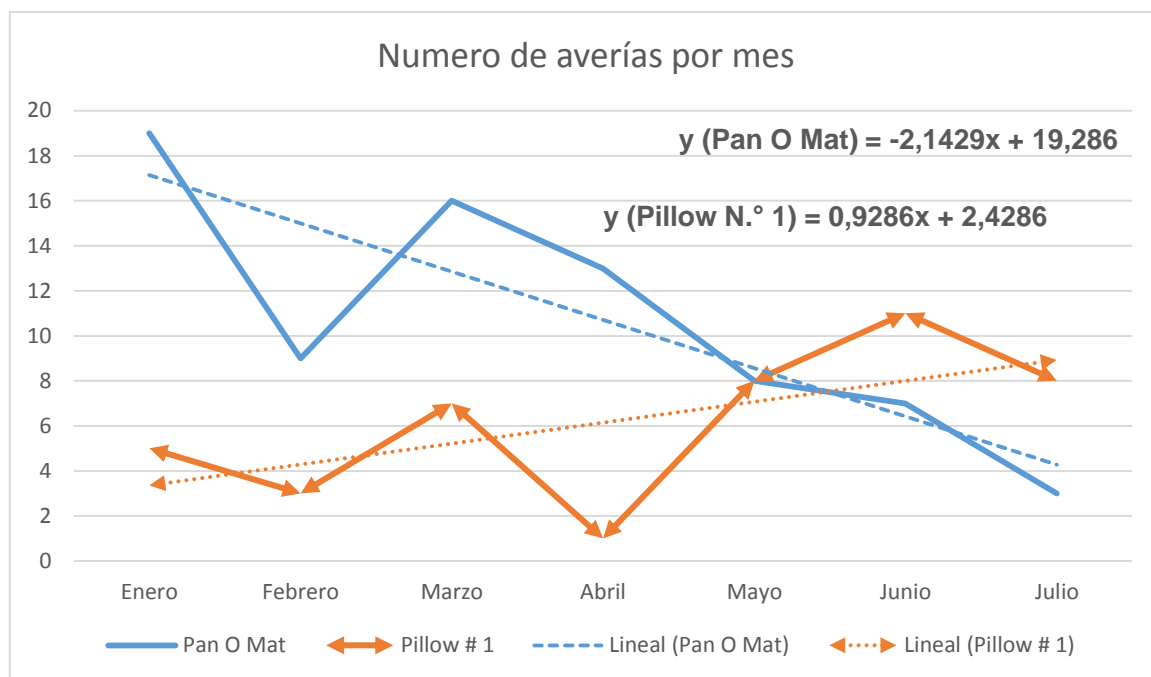


Figura 28 Numero de averías por mes presentadas en las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 de enero a julio del 2017.

Al observar la línea de la máquina Pan O Mat en la figura anterior se puede ver que tiende a descender. Esta tendencia se explica con la fórmula $Y = -2,1429X + 19,286$, la cual indica que por mes disminuirá en 2,1429 averías. Esto reafirma el comportamiento del porcentaje de la disponibilidad, ya que al disminuir las averías el tiempo en el que la maquinaria estuvo realmente produciendo aumenta, por lo cual la disponibilidad del equipo aumenta.

Sin embargo, el comportamiento de las averías de la máquina Pillow N.º 1 tiende a ascender. La fórmula de esta tendencia es: $Y = 0,9286X + 2,4286$. Esto indica que por mes se aumentará en 0,9286 averías; en otras palabras, una avería por mes. Esta tendencia de las averías complementa el comportamiento del porcentaje de disponibilidad de la máquina Pillow N.º 1, en que la tendencia de ascenso del porcentaje de disponibilidad es de 0,06%, un porcentaje de mejora

que se puede considerar bajo. Entonces, al aumentar las averías aumenta el tiempo de paradas por falla mecánica, lo cual puede explicar la baja tendencia de ascenso de la disponibilidad de la máquina Pillow N.º 1.

La variabilidad presentada anteriormente se debe, principalmente, a la mala gestión del mantenimiento, debido a que solo se enfoca en mantenimientos correctivos, y deja de lado los mantenimientos preventivos. Con ello la implementación del TPM cambiará esta dinámica al enfocarse en mantenimientos preventivos, lo que tiene efecto en la disminución de averías y en el aumento de la disponibilidad.

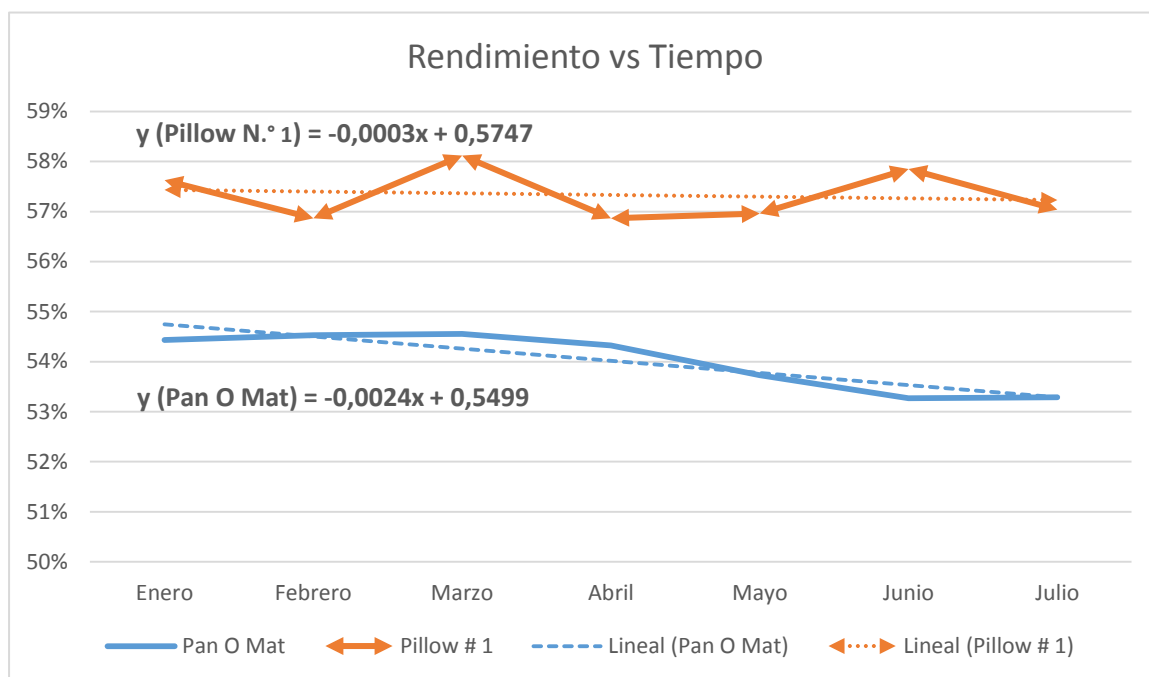


Figura 29 Rendimiento de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante enero a julio del 2017

c. Análisis del indicador de rendimiento

En la figura anterior se puede apreciar el comportamiento de las máquinas Pan

O Mat y Pillow N.º 1 con base en su rendimiento durante los primeros siete meses del año 2017. De acuerdo con la figura 29 se determina que la fórmula de la tendencia del rendimiento de la máquina Pan O Mat es $Y = -0,0024X + 0,5499$. Esto indica que por cada mes que transcurra el rendimiento de la máquina Pan o Mat descenderá 0,24%. La tendencia del rendimiento de la máquina Pillow N.º 1 está representada por la fórmula $Y = -0,0003X + 0,5747$, de la misma manera que anteriormente esta fórmula de tendencia indica que por cada mes del año 2017 el rendimiento de la máquina Pillow N.º 1 descenderá 0,03 %.

Este indicador es el que presentó el porcentaje más bajo de los indicadores definidos para el cálculo del OEE. Esto es debido a que el rendimiento es un reflejo de dos principales pérdidas, las cuales son tiempo de paradas y reducción de la velocidad de operación. Sin embargo, la principal pérdida que afecta el porcentaje del rendimiento es la debida a que ambas máquinas están operando a una velocidad reducida. En la figura 18 del *Value Stream Map* se dijo que el cuello de botella que afecta el ciclo de operación está ubicado en la mezcladora, la cual limita la línea de producción a una velocidad máxima de 2.200 docenas por hora o a 440 unidades por minuto. Pero la velocidad de producción de la máquina Pan O Mat es de 234.375 unidades por minuto y la de velocidad de producción de la máquina Pillow N.º 1 es de 250,2 unidades por minuto, lo cual indica que, aunque la velocidad máxima de producción sea de 440 unidades por minuto, los ciclos de producción de las máquinas no superan 60 % de la velocidad máxima a la cual se

podría operar, lo cual se puede observar en la siguiente figura.

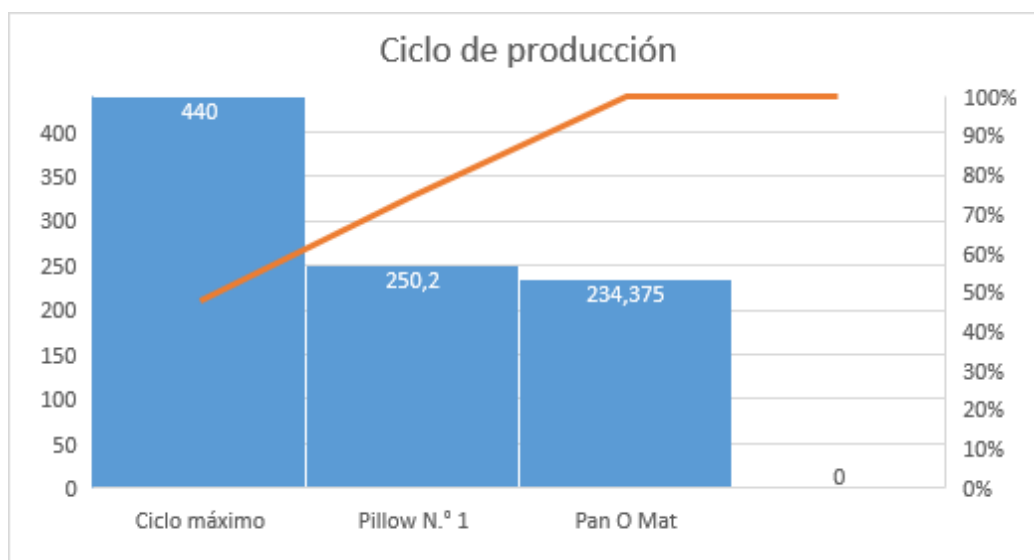


Figura 30 Porcentaje de ciclo de producción de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 con respecto al ciclo de producción máximo.

d. Análisis del indicador calidad

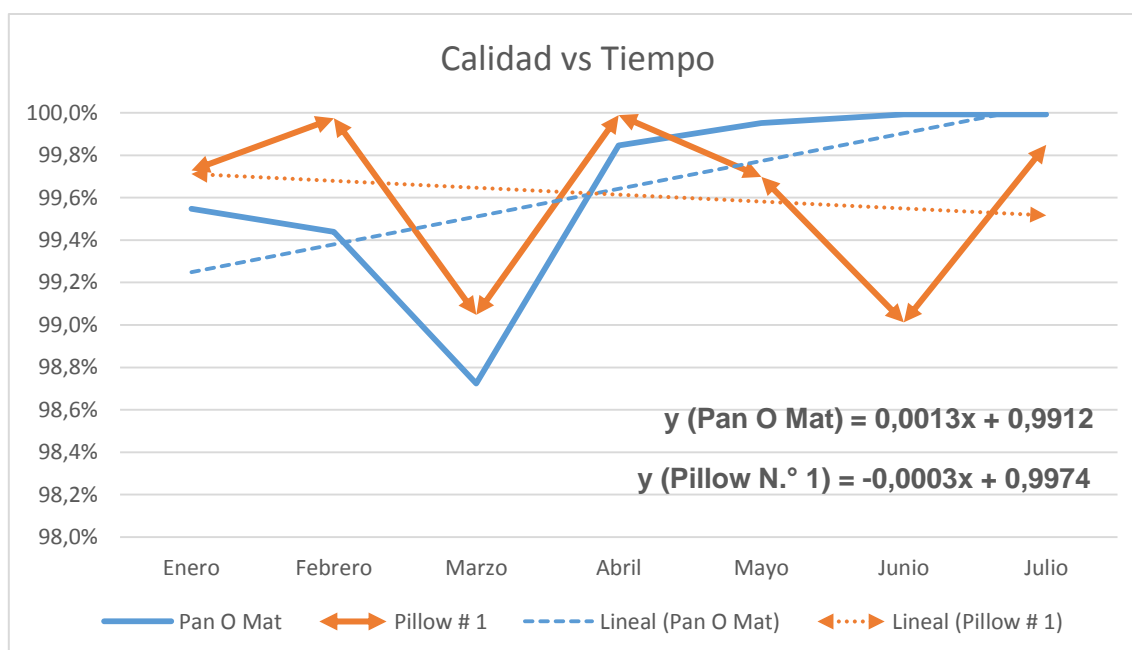


Figura 31 Tendencia de la calidad de producción de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 de enero a julio del 2017.

A partir de la figura anterior se puede observar el comportamiento de los porcentajes de calidad de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 durante el periodo de enero a julio del 2017.

Al analizar la línea de la máquina Pan O Mat en la figura 32 se puede ver que predomina una tendencia alcista, la cual está definida por la siguiente fórmula $Y = 0,0013X + 0,9912$. Esto significa que por cada mes la calidad tenderá a aumentar 0,13 %. La tendencia del porcentaje de calidad de la máquina Pillow N.º 1 está definida por la fórmula $Y = - 0,0003X + 0,9974$. En esta ocasión la calidad de producción de la máquina Pillow N.º 1 tiende a disminuir 0,03% por mes, debido a la variación presente durante el periodo de estudio.

Aunque el porcentaje de calidad de ambas máquinas sea superior a 98%, no se deben dejar de lado las dos principales pérdidas que afectan la calidad, sobre todo cuando se presenta variabilidad y la tendencia es de carácter descendiente. Dos de las seis grandes pérdidas que afectan la calidad de producción son los productos defectuosos y reprocesados y la puesta en marcha sin producto real.

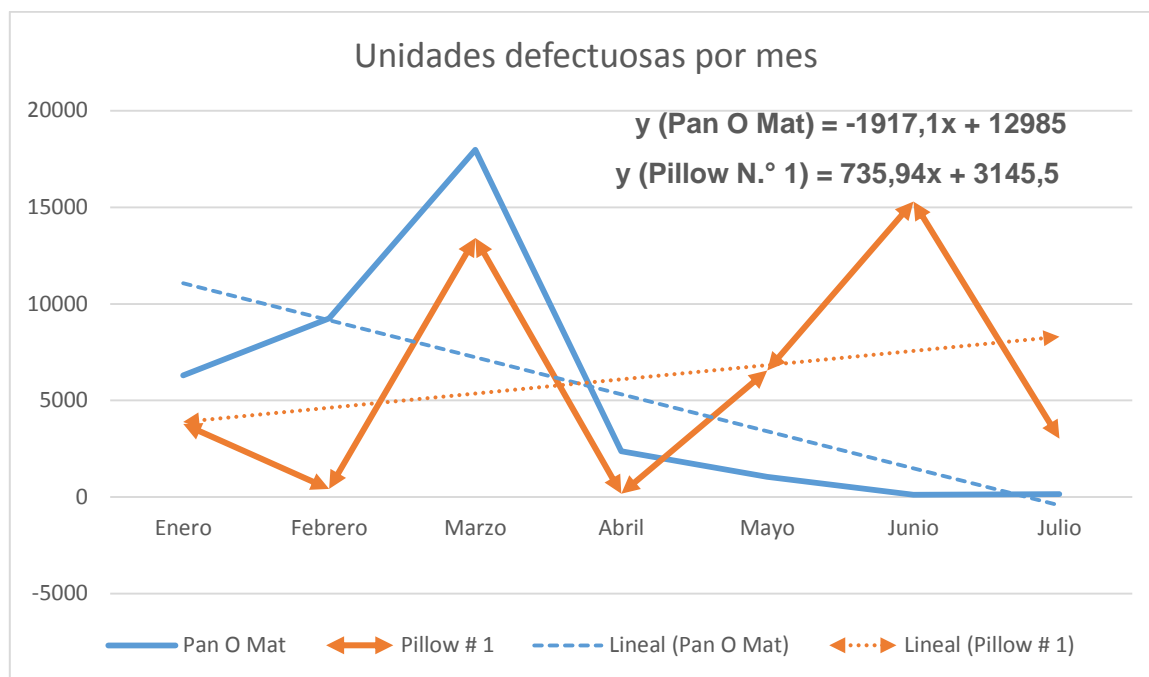


Figura 32 Unidades defectuosas producto de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 de enero a julio del 2017.

En la figura anterior se puede apreciar el comportamiento de las unidades defectuosas pertenecientes a las máquinas Pan o Mat y Pillow N.º 1. Esta figura muestra que la tendencia de las unidades defectuosas de la máquina Pan O Mat es a la baja, la cual está definida por la fórmula $Y = -1917,1X + 12985$. Esta fórmula indica que durante cada mes se dejarán de producir 1.971 unidades defectuosas, lo que es un indicador positivo debido a que la Pan O Mat define la calidad del producto, porque una mala gestión del mantenimiento de esta máquina puede producir defectos en el producto. Esto se debe a que la máquina Pan O Mat es la encargada del formado de la pieza de pan, por lo cual si se presentan averías que afectan su funcionamiento aumentaría el desperdicio. No obstante, la tendencia del porcentaje de calidad de la máquina Pillow N.º 1 es de carácter alcista. Esta tendencia está definida por la fórmula $Y = 735,94X + 3145,5$, la cual

indica que por cada mes que transcurra se producirán 735,94 unidades defectuosas debido al mal empaque ocasionado por averías. De la misma manera, como en los gráficos anteriores de la máquina Pillow N.º 1, el gráfico de la figura 32 presenta mucha variabilidad. En un mes no se produce desperdicio pero en el siguiente aumenta drásticamente. Esto se puede deber a una mala gestión por parte del departamento de mantenimiento y producción, el cual podrían no registrar las pérdidas durante los meses de febrero y abril. De ahí la necesidad de implementar un programa en el que se incorporen esos departamentos con la finalidad de una correcta administración.

e. Análisis de la efectividad global de los equipos

Las mediciones del OEE de enero a julio del 2017 en las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 reflejan un promedio para la máquina Pan O Mat de 53,076% y para la máquina Pillow N.º 1 de 56,644%; los cuales se pueden observar en el cuadro 54. Estos porcentajes promedio están por debajo del porcentaje de 65%, que es considerado como inaceptable.

Mes	OEE Pan O Mat	OEE Pillow N.º 1
Enero	53,026%	56,710%
Febrero	52,968%	56,849%
Marzo	52,587%	56,322%
Abril	53,185%	56,858%
Mayo	53,241%	56,692%
Junio	53,263%	56,302%
Julio	53,263%	56,778%
Promedio	53,076%	56,644%

Cuadro 54 Resumen del OEE de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 de enero a julio del 2017

En la siguiente figura se puede observar el OEE de las máquinas Pan O Mat

y Pillow N.º 1 con respecto al OEE estándar, considerado como inaceptable y también aceptable.

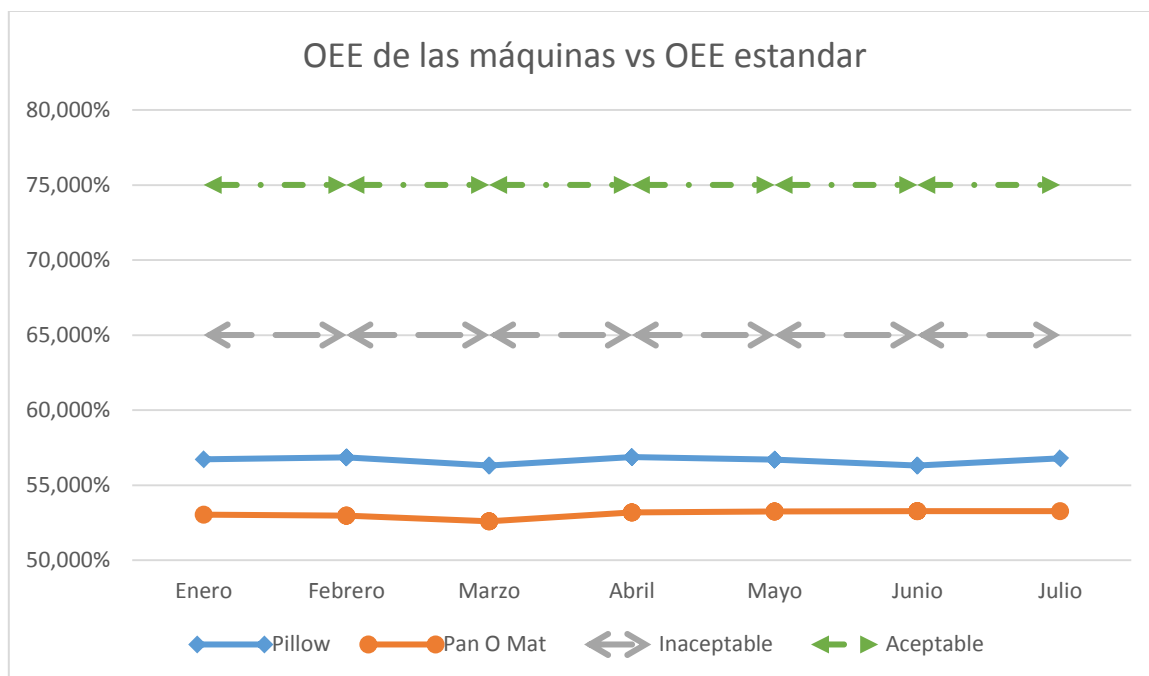


Figura 33 OEE de las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1 con respecto al estándar definido como inaceptable y aceptable en el periodo de enero a julio del 2017

Como se aprecia en la figura anterior, el OEE de las máquinas es menor a 65% por lo cual se considera inaceptable. Como se expuso anteriormente, el OEE no solo se ve afectado por las averías presentes en la maquinaria, sino que se ve afectado también por cualquier elemento que forme parte, ya sea positiva o negativamente, de los indicadores de disponibilidad, rendimiento o desempeño y calidad. Regresando a estos indicadores, el que determina el porcentaje del OEE menor a 65% fue el rendimiento. Por eso, para alcanzar un nivel aceptable del OEE se debe enfocar en este indicador de rendimiento, que es el que se ve afectado por los tiempos de paradas y por la reducción de la velocidad de producción. Con las capacitaciones de los operarios y las actividades preventivas

realizadas por los mismos operarios y técnicos es posible disminuir los tiempos de parada, hasta llegar a la identificación oportuna de futuras averías que afecten no solo el rendimiento sino también los demás indicadores que conforman el OEE.

f. Análisis del mantenimiento preventivo actual contra el mantenimiento autónomo y planificado de la propuesta

Como se había aclarado anteriormente, el mantenimiento preventivo actual está dividido en tres documentos, el máster de mantenimiento, el máster de revisión y el máster de lubricación.

La comparación hecha entre el máster de mantenimiento y las actividades realizadas por los técnicos determinó que para la máquina Pan O Mat se realizan únicamente 31% de las actividades propuestas, y para la máquina Pillow N.º1 solo 32% de esas actividades se llevan a cabo. Con el plan de mantenimiento preventivo propuesto se procurará corregir esto. También se actualizará tanto el máster como las órdenes de mantenimiento, de tal manera que el jefe de mantenimiento y los técnicos estén al tanto de las actividades que se realizan. Además, se pretende disminuir las averías que se presentan con frecuencia al agregar actividades que las contrarresten.

Por otro lado, el modelo de la propuesta presenta un nuevo programa de mantenimiento, el cual se denomina mantenimiento autónomo, que tiene como objetivo realizar inspecciones de la maquinaria de tal manera que se puedan prevenir averías, ya que estas revisiones serán diarias y antes los técnicos solo realizaban inspecciones mensuales.

El mantenimiento autónomo servirá de insumo para el mantenimiento preventivo, de forma que no se espere hasta que se presente una avería para aplicar el debido mantenimiento, sino que se evite la aparición de la avería.

g. Análisis del uso del Value Stream Map, el actual y el futuro

El uso del *Value Stream Map, el actual y el futuro*, tiene un precio invaluable en la visualización del estado futuro de la empresa, ya que muestra el progreso de las áreas que estuvieron fuera de control. En la figura 34 se pueden visualizar los cambios positivos en las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1, al desarrollar este proyecto y llevar las máquinas a las condiciones establecidas en el estándar como aceptables.

En el cuadro de información de la máquina Pan O Mat se puede ver que el OEE, al aumentarse a 75% tendrá efecto positivo en el desperdicio generado por esta máquina, al llevarlo de 1,3 %, según el *Value Stream Map* actual de la figura 18, a 0,97 %, según el *Value Stream Map* futuro de la figura 34. Este incremento también afectará positivamente el rendimiento de la máquina que procesará una masa completa de pan en 10,5 minutos, lo que antes hacía en 14 minutos. Esto indica que al mejorar el OEE se mejorará el rendimiento y habrá mejoras significativas en la producción y reducción del desperdicio.

De la misma manera, el impacto en mejorar el OEE en la máquina Pillow será positivo, ya que de pasar de un OEE de 56,64% a 75%, que es el aceptable, el desperdicio de esta máquina llegaría a disminuir de 1,30% a 0,97%, lo que mejora el rendimiento de la máquina, ya que procesaría una masa completa de pan

regular en 10,5 min y actualmente esta se procesa en 14 min.

De esa manera, el implementar el TPM tendrá un efecto sustancial en el rendimiento de la maquinaria, que es el indicador más bajo del OEE, y al mismo tiempo se reduce el desperdicio generado por las máquinas.

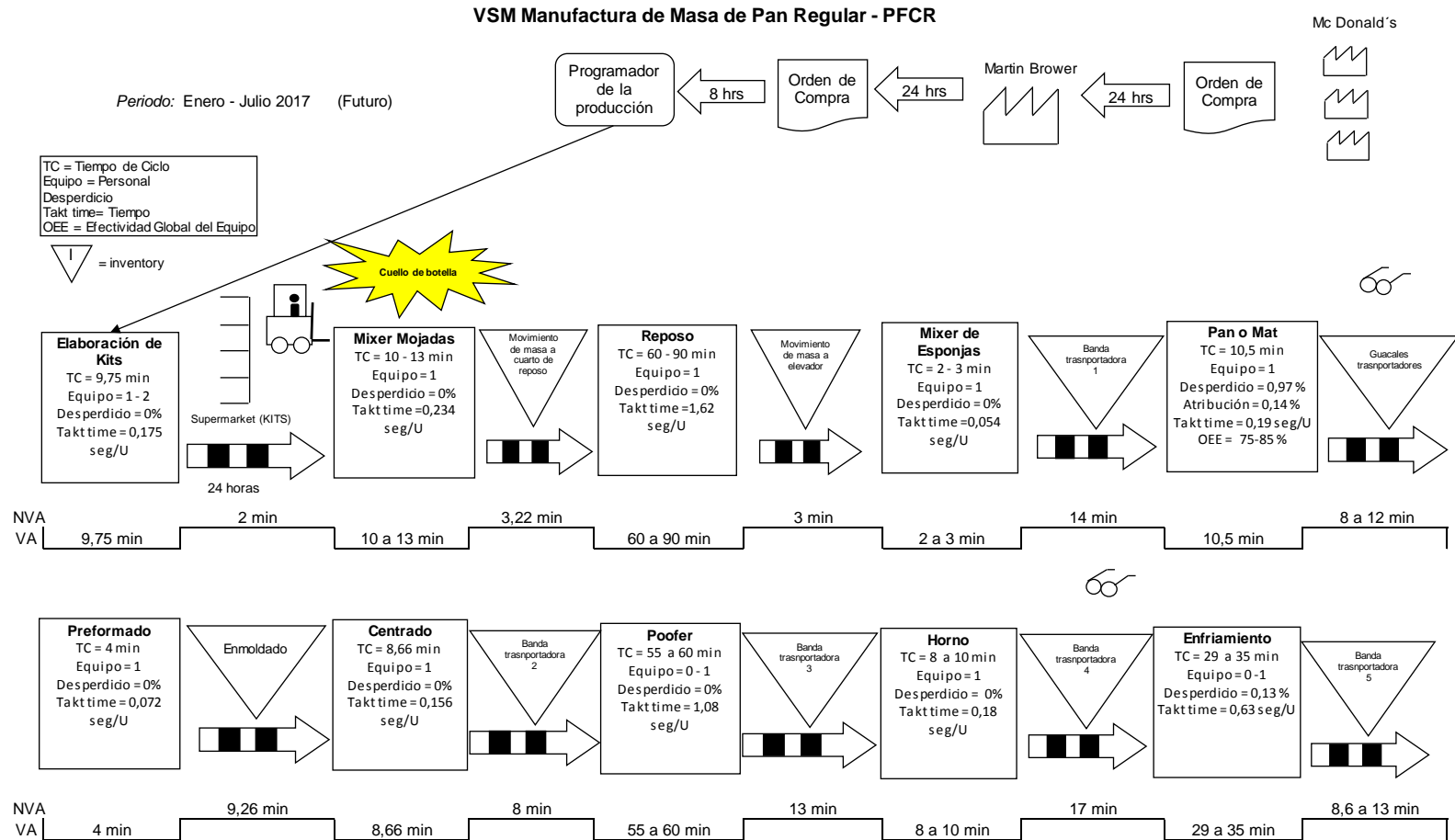


Figura 34 Value stream map de manufactura de pan regular futuro

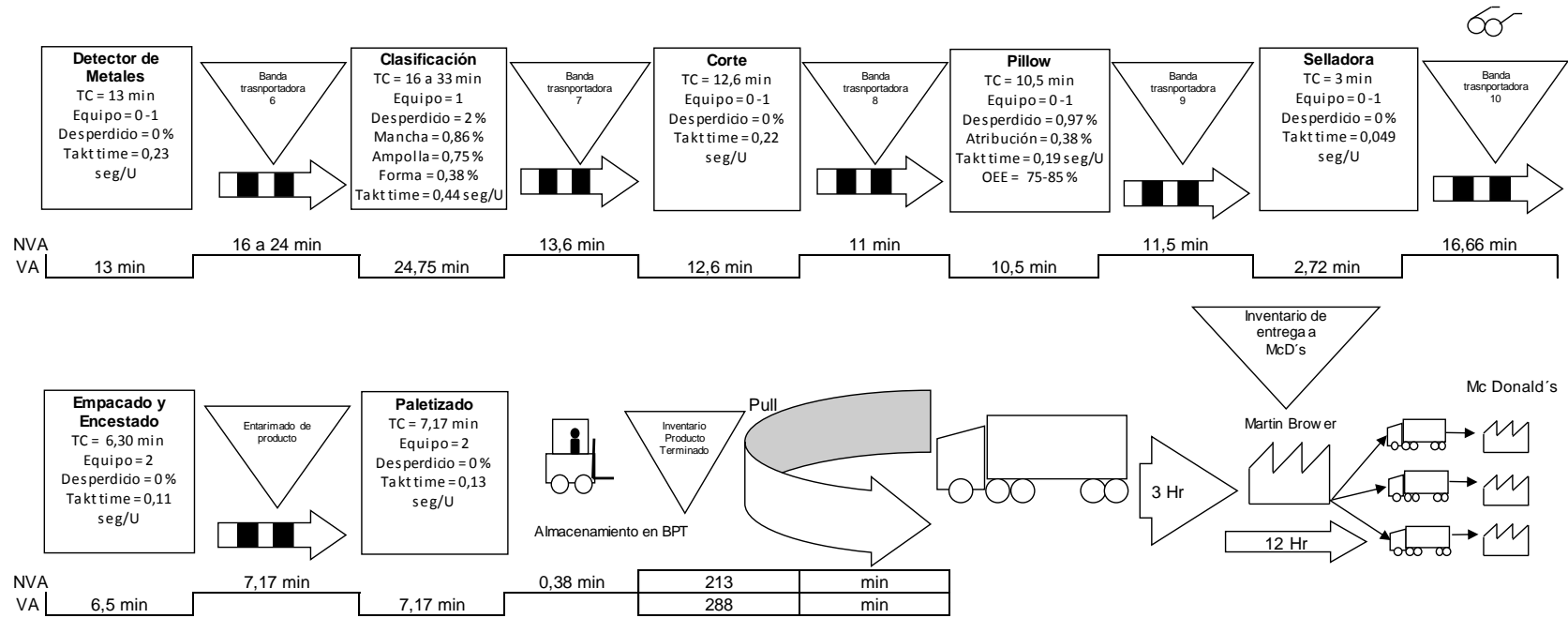


Figura 35 Continuación del Value Stream Map de manufactura de pan regular

3.2. Evaluación económica

Con el objetivo de cumplir con lo expuesto en este proyecto es indispensable contar con el recurso humano, que en este proyecto serán un ingeniero con grado de bachillerato, un técnico especializado en el área electromecánica del departamento de mantenimiento y dos operarios pertenecientes al área de producción y empaque.

De acuerdo con el Ministerio de Trabajo y Seguridad social, el salario mínimo para un profesional de grado de bachiller universitario es de ₡524.477,85 mensuales. El salario mínimo de un técnico electromecánico es de ₡12.829,63 por jornada ordinaria. El salario mínimo de un operador de máquinas en general es de ₡10.877,41 por jornada ordinaria.

La jornada ordinaria diurna está compuesta por ocho horas al día y se trabaja seis días a la semana. Suponiendo que un mes tiene cuatro semanas, los salarios mensuales de un técnico y de un operario serían:

$$\text{Tecnico} = 12\,829,63 * \frac{\text{₡}}{\text{dia}} * \frac{6 \text{ dias}}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} = \text{₡ } 307\,911,12$$

$$\text{Operario} = 10\,877,41 * \frac{\text{₡}}{\text{dia}} * \frac{6 \text{ dias}}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} = \text{₡ } 261\,057,84$$

Por lo tanto, el costo mensual del recurso humano para el desarrollo de este proyecto será la suma de los salarios del ingeniero, el técnico y los dos operarios.

$$\text{Costo recurso humano} = \text{₡ } 524\,477,85 + \text{₡ } 307\,911,12 + 2 * \text{₡ } 261\,057,84$$

$$\text{Costo recurso humano} = \text{₡ } 1\,354\,504,65$$

Una vez abarcado el costo del recurso humano se deben aclarar las

inversiones en equipo necesario para llevar a cabo este proyecto. Las compras serían gabinetes de herramientas, los cuales serán ubicados en el área de producción y empaque, de tal manera que los operarios de las máquinas Pan O Mat y la Pillow N.º 1 tengan acceso a estos gabinetes. Se cotizaron dos gabinetes de herramientas con las herramientas incluidas, de marca FORCE y modelo 50223S-116 MM. El precio de cada gabinete de herramientas es de ₡312.264,20; por lo tanto, a continuación se consigna el monto de la inversión en los dos gabinetes.

$$\text{Costo de gabinetes} = 2 * ₡ 312 264,20 = ₡ 624 528,4$$

Durante el primer mes el costo solo será el salario del ingeniero a cargo del proyecto, debido a que es la etapa de recolección de datos para la implementación del proyecto. En el siguiente mes se incorporará todo el recurso humano y el equipo cotizado. En los siguientes meses de implementación solo se abarcará el recurso humano. A continuación se presenta un cuadro con los costos asignados por mes durante los cuatro meses considerados en el cronograma de actividades.

Mes	Recurso humano	Equipo	Total
Agosto	₡ 524 477,85	₡ -	₡ 524.477,85
Septiembre	₡ 1 354 504,65	₡ 624 528,40	₡1 979 033,05
Octubre	₡ 1 354 504,65	₡ -	₡ 1 354 504,65
Noviembre	₡ 1 354 504,65	₡ -	₡ 1 354 504,65
Total	₡ 4 587 991,80	₡ 624 528,40	₡ 5 212 520,20

Cuadro 55 Costo económico mensual del proyecto

3.2.1 Análisis financiero

El siguiente análisis financiero representa la relación entre los ingresos proyectados y los gastos generados debido al desperdicio de producción.

El objetivo es determinar la rentabilidad del proyecto, en base a la recuperación de la inversión inicial de ₪ 5 212 520,20. Para esto se define un ahorro del 5 % anual en el costo del desperdicio de producción debido a la implementación del proyecto. A partir de los reportes de producción de los años 2015, 2016 y 2017 se proyectó el desperdicio que será generado en el año 2018, debido a que en ese año se empezará a ver los resultados del proyecto. A continuación se presentara un cuadro con el costo del desperdicio de los años 2015, 2016 y 2017 y además el costo del desperdicio del año 2018 que se proyectó.

Escala de tiempo	Costo del desperdicio	Proyección
2015	₪ 48 853 087	
2016	₪ 78 112 996	
2017	₪ 40 780 793	
2018		₪47 843 332

A partir de la proyección anterior, se determina que el costo del desperdicio de producción durante el 2018 será de ₪47 843 332, a partir de este dato se proyectará un ahorro anual del 5 %, el cual es de ₪2 392 166.61, este ahorro servirá de base para determinar la rentabilidad del proyecto.

Con la inversión inicial y el flujo neto anual se procede a calcular el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Se utilizará la ecuación 7 expuesta en el marco teórico para realizar el cálculo del VAN, la cual es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Cabe destacar que para el caculo de la TIR se utilizara la ecuación 8 expuesta

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

en el marco teórico, mostrada a continuación:

Para exponer los cálculos del VAN y el TIR se utilizará el software Microsoft Excel, debido a su utilidad en cálculos financieros y contables. Se utilizará una tasa de interés del 7 %, que es la tasa fijada por Panifresh para proyectos de inversión y además se establecerá un periodo de 10 años para este proyecto, el cual fue asignado por Panifresh.

Análisis financiero		
Periodo (año)	Ahorro anual	Valor Actual Neto
1	₡ 2.392.166,61	-₡ 2 820 353,52
2	₡ 2.511.774,94	-₡ 626 472,02
3	₡ 2.637.363,68	₡ 1 526 402,36
4	₡ 2.769.231,87	₡ 3 639 036,09
5	₡ 2.907.693,46	₡ 5 712 181,35
6	₡ 3.053.078,14	₡ 7 746 576,22
7	₡ 3.205.732,04	₡ 9 742 945,02
8	₡ 3.366.018,64	₡ 11 701 998,52
9	₡ 3.534.319,58	₡ 13 624 434,19
10	₡ 3.711.035,55	₡ 15 510 936,49
TIR		50%

Cuadro 56 Análisis financiero, cálculo del VAN y TIR.

En el cuadro anterior se logra apreciar que para el final del periodo se tendrá un

valor actual neto de ₡15 510 936,49; el cual es mayor a cero, lo que indica que generará beneficios, ya que el valor a obtener en el futuro será mayor al que se invertirá inicialmente, por lo que se acepta su factibilidad económica. La tasa interna de retorno es del 50 %, lo cual indica que la tasa de recuperación de la inversión es mayor a la tasa exigida por Panifresh del 7 %, con lo cual se determina la rentabilidad del proyecto.

A continuación se presentará un gráfico con el comportamiento del retorno de la inversión; para esto se utilizara los datos obtenidos a partir del valor actual neto, en el cual se estima que en 3 años aproximadamente se retornara la inversión inicial del proyecto.

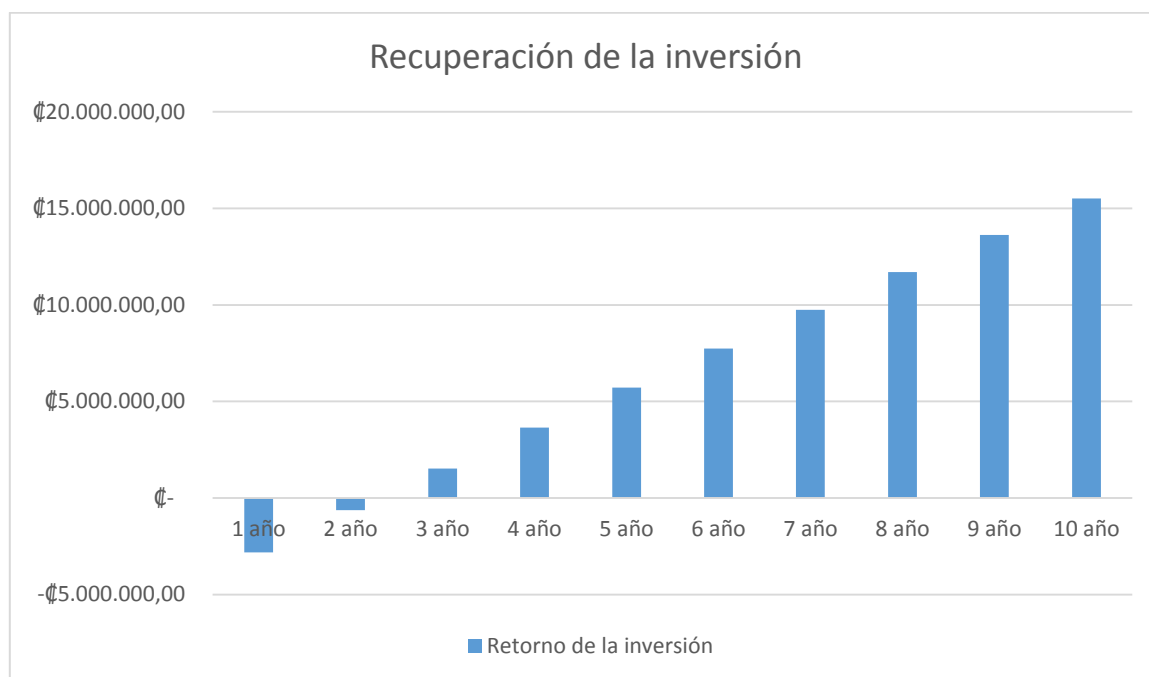


Figura 36 Retorno de la inversión

3.3. Cronograma de implementación

A continuación se presenta el cronograma de actividades para la implementación del *mantenimiento productivo total* en la empresa. La frecuencia de la realización de las actividades fue definida a partir de la experiencia adquirida por el investigador, ya que se llevaba una bitácora en la que se registraba cuándo se empezaba y se terminaba cada actividad; además de que el tiempo de algunas actividades fue definido por la empresa. Cabe destacar que el cronograma se presentará en cuatro hojas y cada hoja pertenecerá a cuatro meses del año, de manera que se facilite su comprensión.

Actividad	Subactividad	Agosto																											
		L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J			
		7	8	9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	
Colectar historial del equipo e informacion de desempeño	Reportes de mantenimiento	█																											
	Reportes de producción	█																											
Efectividad total del equipo	Realizar mediciones detalladas								█	█	█	█	█	█	█														
	Fijar prioridades																												
	Establecer directrices y metas claras																												
Evaluar las perdidas escondidas y fijar mejoras prioritarias	Value stream map																												
Mantenimiento Autónomo	Capacitación para la inspeccion general																												
	Desarrollo de estandares de limpieza y atencion basica																												
Valoración de condición y restauraciones	Limpieza inicial																												
	Corregir fuentes de suciedad																												
	Inspeccion autonoma																												
Organización y orden en el lugar de trabajo 5's																													
Program de mantenimiento planificado	Mantenimiento preventivo																												
Mejores practicas	Auditorias																												
Medición de la efectividad del equipo	Realizar mediciones detalladas																												
	Establecer directrices y metas claras																												
Prevención de problemas	Reforzamiento de los estandares de limpieza y atencion basica																												
	Mantenimeinto con calidad																												

Cuadro 57 Cronograma de implementación de agosto

Actividad	Subactividad	Septiembre																													
		V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Colectar historial del equipo e informacion de desempeño	Reportes de mantenimiento																														
	Reportes de producción																														
Efectividad total del equipo	Realizar mediciones detalladas																														
	Fijar prioridades																														
	Establecer directrices y metas claras																														
Evaluar las perdidas escondidas y fijar mejoras prioritarias	Value stream map																														
Mantenimiento Autónomo	Capacitación para la inspeccion general																														
	Desarrollo de estandares de limpieza y atencion basica																														
Valoración de condición y restauraciones	Limpieza inicial																														
	Corregir fuentes de suciedad																														
	Inspeccion autonoma																														
	Organización y orden en el lugar de trabajo 5's																														
Program de mantenimiento planificado	Mantenimiento preventivo																														
Mejores practicas	Auditorias																														
Medición de la efectividad del equipo	Realizar mediciones detalladas																														
	Establecer directrices y metas claras																														
Prevención de problemas	Reforzamiento de los estandares de limpieza y atencion basica																														
	Mantenimeinto con calidad																														

Cuadro 58 Cronograma de implementación de septiembre

Actividad	Subactividad	Octubre																																	
		D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	
Colectar historial del equipo e informacion de desempeño	Reportes de mantenimiento																																		
	Reportes de producción																																		
Efectividad total del equipo	Realizar mediciones detalladas																																		
	Fijar prioridades																																		
	Establecer directrices y metas claras																																		
Evaluar las perdidas escondidas y fijar mejoras prioritarias	Value stream map																																		
Mantenimiento Autónomo	Capacitación para la inspeccion general																																		
	Desarrollo de estandares de limpieza y atencion basica																																		
Valoración de condición y restauraciones	Limpieza inicial																																		
	Corregir fuentes de suciedad																																		
	Inspeccion autonoma																																		
	Organización y orden en el lugar de trabajo 5's																																		
Program de mantenimiento planificado	Mantenimiento preventivo																																		
Mejores practicas	Auditorias																																		
Medición de la efectividad del equipo	Realizar mediciones detalladas																																		
	Establecer directrices y metas claras																																		
Prevención de problemas	Reforzamiento de los estandares de limpieza y atencion basica																																		
	Mantenimeinto con calidad																																		

Cuadro 59 Cronograma de implementación de octubre

Actividad	Subactividad	Noviembre																														
		M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Colectar historial del equipo e información de desempeño	Reportes de mantenimiento																															
	Reportes de producción																															
Efectividad total del equipo	Realizar mediciones detalladas																															
	Fijar prioridades																															
	Establecer directrices y metas claras																															
Evaluar las pérdidas escondidas y fijar mejoras prioritarias	Value stream map																															
Mantenimiento Autónomo	Capacitación para la inspección general																															
	Desarrollo de estándares de limpieza y atención básica																															
Valoración de condición y restauraciones	Limpieza inicial																															
	Corregir fuentes de suciedad																															
	Inspección autónoma																															
	Organización y orden en el lugar de trabajo 5's																															
Programa de mantenimiento planificado	Mantenimiento preventivo																															
Mejores practicas	Auditorias																															
Medición de la efectividad del equipo	Realizar mediciones detalladas																															
	Establecer directrices y metas claras																															
Prevención de problemas	Reforzamiento de los estándares de limpieza y atención básica																															
	Mantenimiento con calidad																															

Cuadro 60 Cronograma de implementación de noviembre

CONCLUSIONES

Al finalizar el diseño del programa de ***mantenimiento de producción total*** mediante la metodología empleada, y de acuerdo con la experiencia adquirida durante el desarrollo de la investigación, las conclusiones son las siguientes:

1. Se definieron los indicadores por los que se rige el OEE en la maquinaria considerada como el cuello de botella. Con estos indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad se determinó dónde se encontraban los principales puntos de falla. Esto con la finalidad de facilitar el conocimiento sobre el área en donde deben centrarse las acciones preventivas, con tal de evitar las anomalías que generan esta ineficiencia y poder aumentar de manera positiva los indicadores y, por ende, el OEE. Por lo tanto, se considera que para aumentar el OEE de la maquinaria se deben disminuir las pérdidas de tiempo generadas por falla mecánica, aumentando el tiempo de producción.
2. Se definió la relación entre la producción y los recursos necesarios para llegar a alcanzar altos niveles de producción y evitar pérdidas. Durante el análisis de los reportes de producción y mantenimiento y, además, durante el desarrollo del *Value Stream Map*, se localizaron los principales elementos que limitan el proceso de producción. Se estableció que para alcanzar altos niveles de producción se debe adecuar la velocidad de producción actual a la máxima que es capaz de generar la línea, la cual está limitada a 2.200 docenas por hora, debido a que la velocidad actual es de 60%, la capacidad

máxima. Se establecen actividades preventivas con el objetivo de evitar pérdidas por desperdicios, al encontrar que el desperdicio se debe principalmente a la mala gestión del mantenimiento, debido que al analizar el master de mantenimiento preventivo con respecto a las órdenes de trabajo y a las entrevistas realizadas al gerente y el gestor de calidad y ambiente de la empresa, se determinó que el programa de mantenimiento preventivo fue alterado negativamente, de tal manera que las actividades que debían de realizar los técnicos fueron disminuyendo. Por lo cual el departamento de mantenimiento no contaba con un programa de mantenimiento preventivo, lo que repercutió en la aplicación de mantenimiento correctivo.

3. Se definió la relación entre actividades que deben efectuarse en los sectores administrativos y las que corresponden a sectores operativos. Se determinó que para una correcta implementación del TPM se debe incorporar a la parte administrativa, debido a que este sector es el encargado de los registros necesarios para llevar a cabo los estudios con los que se definirá en donde se debe centrar el proyecto. Además, al definir las actividades realizadas por el área de producción se logró optimizar las tareas de mantenimiento preventivo, debido a que los operadores lograrán identificar anomalías antes de que ocurra una avería al realizar inspecciones.
4. Se estableció el plan de capacitación de los operarios con el objetivo de realizar mantenimiento básico. Esto se hizo según los sistemas presentes

en la maquinaria, como sistemas mecánicos, eléctricos y neumáticos, con el fin de que se encarguen de tareas de mantenimiento en las que no sea necesario personal especializado, lo que permitirá que los técnicos se encarguen de tareas complejas.

5. Se establecen las actividades de mantenimiento con la duración y frecuencia con las que se deben realizar, con el objetivo de mantener los equipos en óptimas condiciones, lo que generará un impacto positivo en la calidad y en los costos del producto. Debido a que, si ocurre alguna anomalía en estas máquinas, como por ejemplo la máquina Pan O Mat, podría producir un paro en la producción; debido a que es una línea continua, o causar alguna deformidad en la producción, generando un porcentaje considerable del desperdicio debido a fallo mecánico.
6. Se logró estimar el costo que tendría la implementación del programa de ***mantenimiento productivo total*** en la empresa. Al fijar el recurso humano necesario para realizar el programa de ***mantenimiento productivo total***, así como el equipo necesario para que los operarios realicen el mantenimiento autónomo, lo que genera una inversión inicial de ₡ 5 212 520,20; la cual se puede apreciar en la evaluación económica a partir de la página 132.
7. Se determinó la rentabilidad del proyecto, al obtener el valor actual neto de ₡15 510 936,49, el cual es mayor a cero, lo que indica que la inversión generara ganancias, por lo tanto, se considera como un proyecto rentable. Además, a partir del tercer año se logra ver ganancias, generadas por la

implementación del proyecto, debido a que en 3 años la inversión es pagada en su totalidad y en el transcurso de los siguientes años se mantendrá generando ganancias. Mediante las proyecciones futuras de ahorro y la inversión inicial se pudo calcular la tasa interna de retorno, la cual indica la factibilidad de un proyecto, en este caso la tasa interna de retorno es del 50%, lo que hace un proyecto rentable ya que supera la rentabilidad mínima que es fijada por Panifresh del 7%.

RECOMENDACIONES

1. Los técnicos de mantenimiento llevan una bitácora en la cual registran las actividades realizadas durante el día, los repuestos utilizados y quién realizó esas labores. Esta bitácora permanece en el taller de mantenimiento y no se lleva un registro digital, por lo cual se recomienda registrar la bitácora de mantenimiento de sus técnicos, de tal manera que se pueda tener de referencia en la recolección de datos, ya que actualmente los reportes de mantenimiento son realizados por el sector administrativo de producción, y no por el departamento de mantenimiento.
2. No se tiene conocimiento de los manuales de la maquinaria. En la oficina de mantenimiento se encuentran manuales de algunas máquinas, pero el personal de mantenimiento no tiene conocimiento de esto. Además, cuando se compran las máquinas usualmente son traídas del exterior, pero antes de ser enviadas a Costa Rica son enviadas a Guatemala, en donde se les da mantenimiento, y los manuales de estas máquinas se quedan en

Guatemala. Entonces, al llegar a Costa Rica lo hacen sin los manuales. Por esto se recomienda administrar los manuales de la maquinaria presente en la empresa, de tal manera que el personal de mantenimiento pueda usarlos de referencia ante alguna anomalía, y coordinar con la casa matriz para el envío de manuales pertenecientes a la empresa en Costa Rica.

3. Actualmente el departamento de mantenimiento solo se ocupa de mantenimientos correctivos, que es uno de los principales factores que motivaron este proyecto. Por tal motivo se recomienda realizar este mismo estudio de ***mantenimiento productivo total*** sobre los demás equipos, ya que solo se implementó en los dos equipos considerados como cuello de botella de la línea de producción.
4. Durante la recolección de datos se encontró que el ciclo nominal con el que se consignan algunos datos en los reportes de mantenimiento es basado en características de la línea de producción de la planta ubicada en Guatemala, la cual opera bajo condiciones diferentes de las de la planta de Costa Rica. Por eso se recomienda realizar un estudio en el que se actualicen estos datos de manera que cuenten con valores exactos de producción.
5. Actualmente no se tiene conocimiento de los principales proveedores de los repuestos claves de la maquinaria, como por ejemplo el cabezal de la Pillow N.º 1. Cuando se necesita un repuesto clave se hace el pedido a la empresa matriz en Guatemala y esta se encarga de comprar el repuesto y enviarlo a Costa Rica. Por otro lado, hay repuestos que se mandan a hacer, como en el caso de los rodillos, pero el dato de este repuesto no es registrado por el

supervisor de repuestos. Por ese motivo se recomienda una completa coordinación y un registro de los proveedores, e información relevante de los repuestos.

BIBLIOGRAFÍA

Nakajima, S. (1988). Introducción Al TPM. Cambridge, Massachusetts: Productivity Press.

Rey, F. (2001). Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo. España: Fundación Confemetal.

Álvarez, H. (2017). CÓMO IMPLICAR AL PERSONAL OPERATIVO EN LOS PROCESOS DE MEJORA CONTINUA. Junio, 2017, de APSOLUTI GROUP CO
Sitio web: <http://www.ceroaverias.com/wordpress/2017/01/19/como-implicar-al-personal-operativo-en-los-procesos-de-mejora-continua-responsable/>

Pérez, R. (2011). IMPLEMENTACIÓN DE TPM: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL ®. 11 de julio de 2017, de Action Group Sitio web: <http://www.actiongroup.com.ar/implementacion-de-tpm-mantenimiento-productivo-total/>

Dounce, E. (2007). LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. México: PATRIA, S.A. DE C.V.

García, S. (2009). MANTENIMIENTO CORRECTIVO. Organización y gestión de la reparación de averías. RENOVETEC, 4, pp.5-10.

Guadalupe, J. (NA). MANTENIMIENTO PREVENTIVO. Septiembre 3, 2017, de SIMA Sitio web:

<http://www.mantenimientoplanificado.com/j/%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>

Labaien, E. & Carrasco, G. (12 de noviembre de 2009). MANTENIMIENTO PREDICTIVO. 3 de septiembre de 2017, de PREDICTOVE Ingenieros S.L. Sitio web:

<http://www.coiig.com/COIIG/dmdocuments/Formacion%20IKASI/cursos%20presenciales/mantenpredic.documentacion.pdf>

Botero, G. (1991). Manual de mantenimiento. Santafé, Bogotá: SENA.

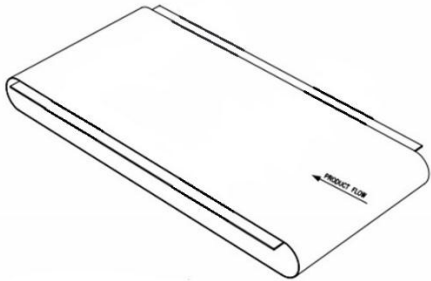
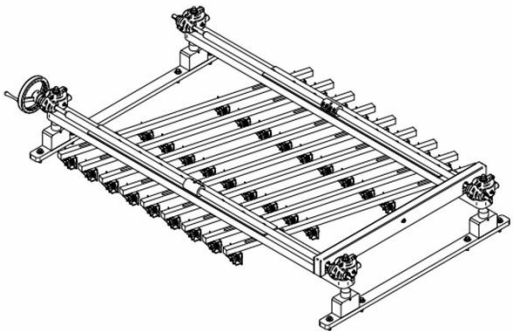
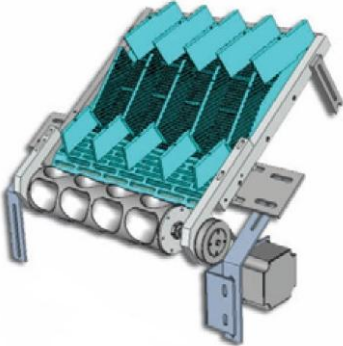
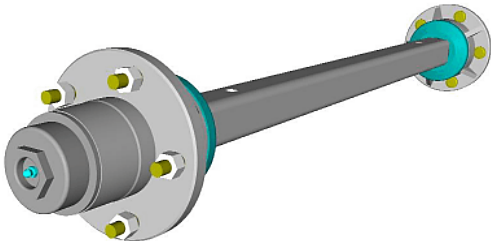
Cuatrecasas, L. y Torrel, F. (2010). TPM en un entorno Lean Management. Barcelona: Profit.

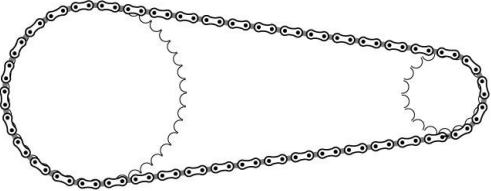



Stamatis, D. (2010). The OEE Primer. New York: Productivity Press.


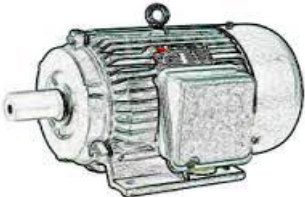
Primo, H. (2015). Productividad y su medición. 12 de septiembre de 2017, de TPM Pro sitio web: <http://www.tpmpro.com/>


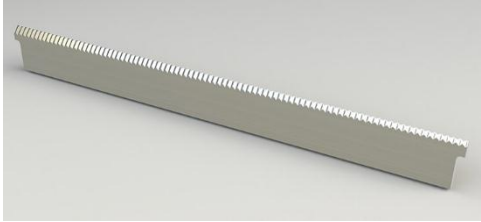
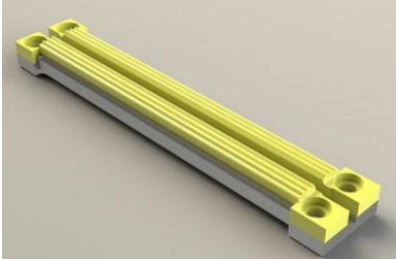

ANEXOS


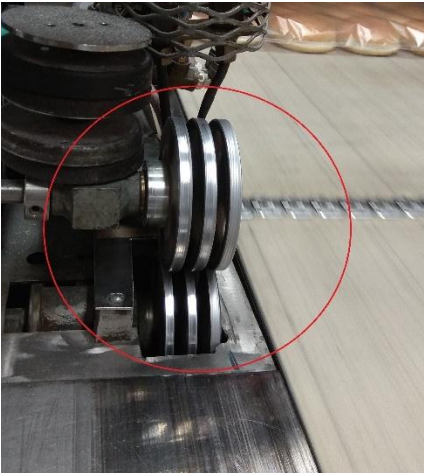
a) Principio de funcionamiento de las piezas que conforman las máquinas Pan O Mat y Pillow N.º 1

Máquina	Componente / Fotografía	Funcionamiento
Pan O Mat	<p>Banda boleadora</p> 	<p>Es un sistema de transporte formado por una banda, la cual mueve el producto de un punto a otro. Esta banda permite el movimiento de las piezas de masa entre las barras boleadoras.</p>
Pan O Mat	<p>Barras boleadoras</p> 	<p>Ensamble de barras por donde se deslizan las piezas de pan, cuya presión realizada contra la banda y el movimiento de esta origina el formado esférico de la pieza de masa.</p>
Pan O Mat	<p>Sistema zigzag</p> 	<p>Se encarga de esparcir harina alrededor de la masa, para evitar que se pegue durante la etapa de preformado. Además de que permite la colocación de las piezas de masa en las copas transportadoras.</p>
Pan O Mat / Pillow	<p>Rodillos ejes</p> 	<p>Se encarga de guiar el movimiento rotacional a un conjunto de elementos como piñones.</p>

Pan O Mat / Pillow	<p style="text-align: center;">Cadenas</p> 	Encargada de transmitir el movimiento entre ruedas dentadas.
Pan O Mat / Pillow	<p style="text-align: center;">Sprockets o piñones</p> 	Rueda con dientes en el borde, encargada de transmitir movimiento a partir de otros elementos como piñones.
Pan O Mat / Pillow	<p style="text-align: center;">Rodamiento</p> 	Elemento mecánico el cual reduce la fricción entre un eje y otro elemento ensamblado a este, facilitando el desplazamiento.
Pan O Mat	<p style="text-align: center;">Fajas de transmisión</p> 	Es un tipo de transmisión mecánica basada en la unión de una o más poleas, a partir de estas fajas. Esta faja se tensa en las poleas y ejerce una fuerza de fricción que provoca el movimiento de una polea a otra.


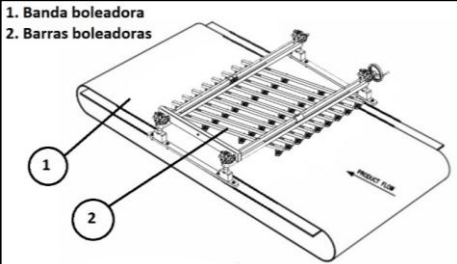
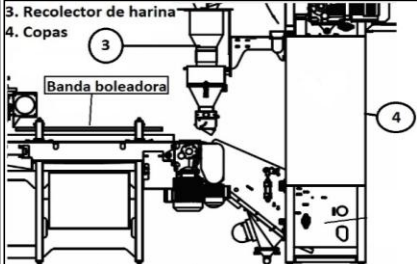
Pan O Mat	<p style="text-align: center;">Sistema de levas</p> 	<p>Permite la rotación de las copas con el objetivo de depositar las piezas de masa en la máquina aplanabolas</p>
Pan O Mat	<p style="text-align: center;">Rodillo aplana bolas</p> 	<p>Rodillo de acero inoxidable encargado de aplastar las bolas de masa. La moldea en forma de tortilla, para ser ubicada en los moldes.</p>
Pan O Mat / Pillow	<p style="text-align: center;">Chumaceras</p> 	<p>Pieza de metal en la que descansa un eje, principalmente da apoyo al movimiento rotacional del eje.</p>
Pan O Mat / Pillow	<p style="text-align: center;">Motor</p> 	<p>Máquina que se encarga de transformar la energía eléctrica en mecánica.</p>

Pillow	<p style="text-align: center;">Mordaza</p> 	Se encarga de realizar el sellado transversal del paquete.
Pillow	<p style="text-align: center;">Cuchilla</p> 	Se encarga de realizar el corte trasversal del paquete.
Pillow	<p style="text-align: center;">Yunque</p> 	Soporte de acero que provee una superficie de corte al amortiguar el impacto de la cuchilla.
Pan O Mat / Pillow	<p style="text-align: center;">Banda transportadora</p> 	Es un sistema de transporte formado por una banda la cual mueve el producto de un punto a otro.

Pillow	<p style="text-align: center;">Pistón</p> 	<p>Dispositivo que permite el movimiento de la mordaza para realizar el sellado transversal.</p>
Pillow	<p style="text-align: center;">Ruedas de sellado lateral</p> 	<p>Se encarga de realizar el sellado lateral del paquete, por medio de dos ruedas ubicadas en los extremos de la máquina por donde pasará el paquete.</p>

Cuadro 61 Elementos que conforman las máquinas Pan o Mat y Pillow N.º 1


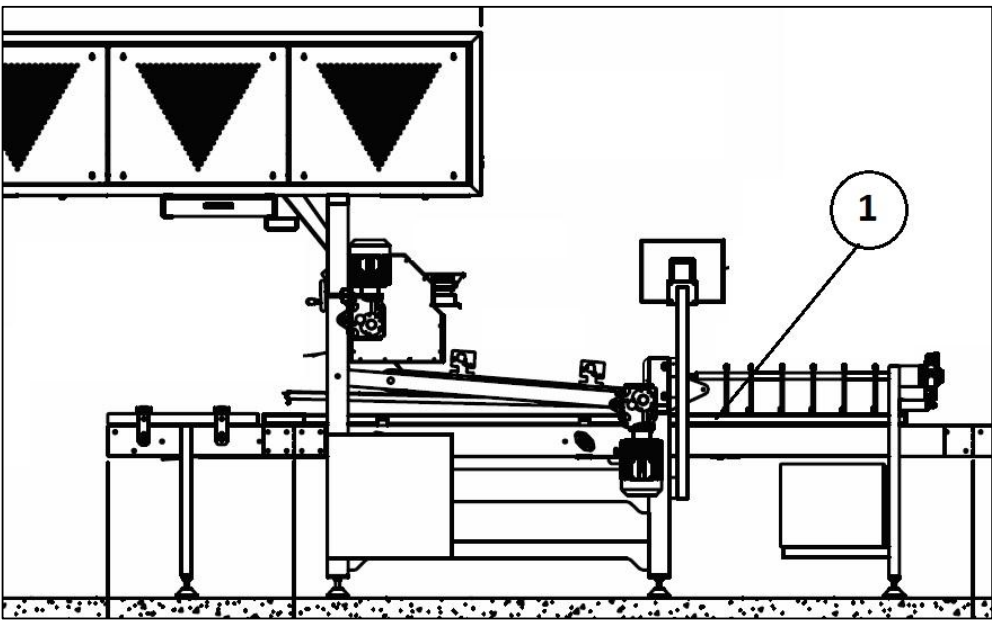
b) Instructivo de operación

 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo	Realizado por:
Linea: 1	Revisado por:
Area : Producción	
Equipo: Banda boleadora	Tarea a realizar por:
Codigo equipo: PREL02	
Descripción: Instructivo de operación	
INSTRUCCIONES GENERALES	
ANTES DE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Asegúrese que la banda transportadora (1) este seguramente fijada a los rodillos. 2. Asegurarse que la banda transportadora este limpia y no obstruida. 3. Revisar que no haya piezas sueltas. 4. Asegurarse que las cadenas de motores no estén obstruidas. 5. Revisar que las guardas de protección estén colocadas. 6. Revisar el estado del cableado del motor hacia el receptáculo. 7. Encender la banda transportadora. 8. Revisar la banda transportadora, la banda debe estar corriendo hacia adelante, fuera de la máquina. 9. Si la banda transportadora está corriendo hacia atrás, en contra de la dirección de la máquina consultar a un técnico. 10. Apagar la máquina boleadora. 	
DURANTE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar la presión ejercida por las barras boleadoras (2). El ajustar la presión de las barras boleadoras afectara el formado de la pieza de masa. Para ajustar la presión de las barras boleadoras se recomienda primero apagar la fuente de energía de toda la máquina. Regule la presión de las barras boleadoras en la posición deseada. Encienda la máquina. 2. Revisar que el recolector de harina (3) no se quede sin harina. 3. Revisar que las piezas de masa sean correctamente ubicadas en las copas de la Pan O Mat (4). Debe de haber correcta sincronización entre la banda boleadora y la Pan O Mat, si no lo hay cambie la frecuencia de la banda por un número entre el siguiente intervalo de frecuencia 38 HZ a 45 HZ. 4. Revisar el panel de control. 	
FINAL DE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Presionar el botón de STOP del panel de control para detener el ciclo de la máquina bajo condiciones operativas normales. 2. Apague la máquina interrumpiendo la fuente de electricidad. 3. Limpiar la máquina boleadora. 	
 <p>1. Banda boleadora 2. Barras boleadoras</p>	 <p>3. Recolector de harina 4. Copas</p> <p>Banda boleadora</p>

Cuadro 62 Instructivo de operación de la banda boleadora

 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo	Realizado por:
Línea: 1	Revisado por:
Area : Producción	
Equipo: Pan O Mat	Tarea a realizar por:
Codigo equipo:PREL03	
Descripción:Instructivo de operación	
INSTRUCCIONES GENERALES	
ANTES DE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar que la máquina este limpia. 2. Revisar que no haya piezas sueltas. 3. Revisar que las guardas de protección estén colocadas. 4. Revisar que las cadenas de los motores no estén obstruidas. 5. Encender la máquina. 6. Revisar la rotación del motor, cadenas, fajas y guacales. 	
DURANTE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar que las piezas de masa sean correctamente ubicadas en las copas de la Pan O Mat (1). Debe de haber correcta sincronizacion entre la banda boleadora y la Pan O Mat. 2. Revisar que el peso de las piezas de masa corresponda con el estandar. 3. Revisar que las piezas de masa sean correctamente depositadas en la máquina aplana bolas (2). 4. Revisar panel de control. 	
FINAL DE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Presionar el botón de STOP del panel de control para detener el ciclo de la máquina bajo condiciones operativas normales. 2. Apague la máquina interrumpiendo la fuente de electricidad. 3. Limpiar la máquina Pan O Mat. 	
<p>1. Copas 2. Máquina aplana bolas</p> 	

Cuadro 63 Instructivo de operación de la máquina Pan o Mat


 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo	Realizado por:
Linea: 1	Revisado por:
Area : Producción	
Equipo: Máquina aplanabolas	Tarea a realizar por:
Codigo equipo: PREL04	
Descripción: Instructivo de operación	
INSTRUCCIONES GENERALES	
ANTES DE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar que la máquina este limpia. 2. Revisar que no haya piezas sueltas. 3. Revisar que las guardas de protección estén colocadas. 4. Revisar que las cadenas de los motores no estén obstruidas. 5. Encender la máquina. 6. Revisar la rotación del motor y fajas. 	
DURANTE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar que las piezas de masa sean correctamente ubicadas en los moldes (1). 2. Revisar panel de control. 	
FINAL DE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Presionar el botón de STOP del panel de control para detener el ciclo de la máquina bajo condiciones operativas normales. 2. Apague la máquina interrumpiendo la fuente de electricidad. 3. Limpiar la máquina aplanabolas. 	
	

Cuadro 64 Instructivo de operación de la máquina aplanabolas


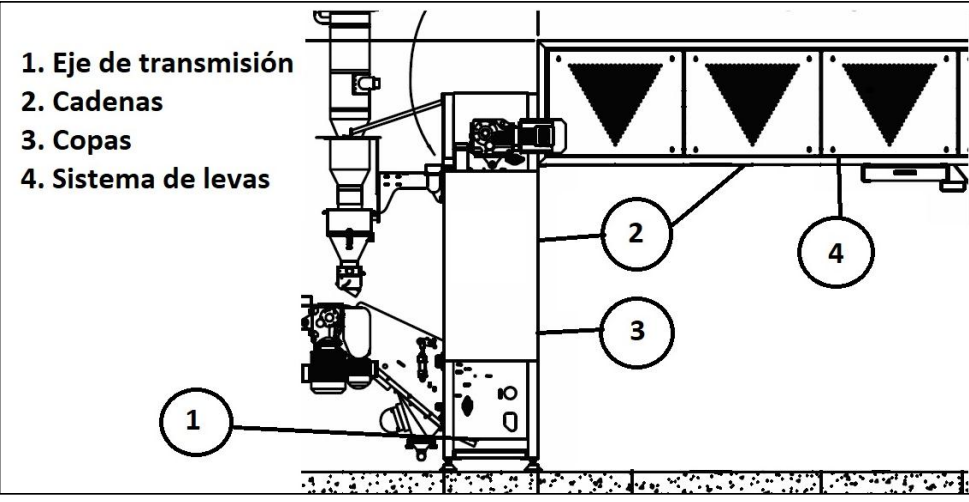
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo	Realizado por:
Linea: 1	Revisado por:
Area : Empaque	
Equipo: Pillow # 1	Tarea a realizar por:
Codigo equipo: EMEC02	
Descripción: Instructivo de operación	
INSTRUCCIONES GENERALES	
ANTES DE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar que la película de empaque (1) este cargado y bobinado. 2. Revisar que no haya piezas sueltas. 3. Revisar que las guardas de protección estén colocadas. 4. Revisar que las cadenas de los motores no estén obstruidas 5. Revisar que la máquina este limpia. 6. Encender la máquina. 7. Esperar 10 minutos para permitir que la mordaza del cabezal (2) alcance la temperatura adecuada. 8. Realizar pruebas de empaque. 9. Coloque el producto en la banda (3), empuje el producto a través del filamento de la empacadora para asegurar que el cabezal no aplastaran el producto. Ajustar si es necesario. 10. Revisar que el producto este posicionado correctamente en la película de empaque. Si el producto no está siendo posicionado correctamente, tome medidas correctivas. 	
DURANTE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar la entrada del material de empaque. 2. Revisar la posición del producto. 3. Revisar el sellado central y vertical. 4. Revisar corte de cuchillas. 5. Revisar mensajes del panel de control (4). 	
FINAL DE PRODUCCIÓN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Presionar el botón de STOP en el panel de control, para detener el ciclo de empaque bajo condiciones operativas normales. 2. Apague la maquina interrumpiendo la fuente de electricidad. 3. Cortar la película de empaque sobre la mordaza y remover cualquier residuo de la mordaza y aletas. 4. Limpiar la empacadora. 	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p>1. Película de empaque 2. Cabezal 3. Banda 4. Panel de control</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p>1. Película de empaque</p> </div> </div>	

Cuadro 65 Instructivo de operación de la máquina Pillow N.º 1


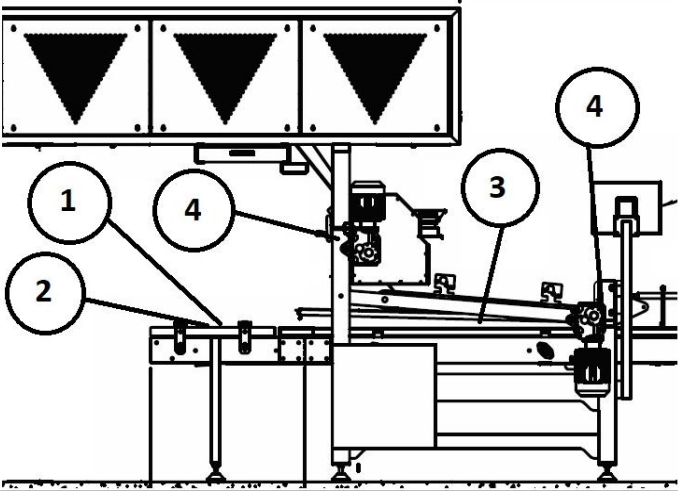
c) Registro

 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO		
Datos de equipo	Realizado por:	
Línea: 1	Revisado por:	
Área : Producción		
Equipo: Banda boleadora	Tarea a realizar por:	
Código equipo: PREL02		
Descripción: Registro		
REGISTRO DE DATOS		
FRECUENCIA DIARIA		
Puntos a verificar	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	
Estado de sujetadores (1)		
Estado de pistón (2)		
Correas de transmisión ajustadas (3)		
Estado de rodillos (4)		
Estado de engranes		
Estado de barras boleadoras (5)		
Estado de banda (6) (ajustada, deteriorada, etc.)		
Estado de sistema zigzag (7)		
FRECUENCIA QUINCENAL		
Puntos a verificar	1° quincena	2° quincena
Lubricación de bujes y rodillos		
Lubricación general de cadenas de tracción.		
Lubricación de cojinetes de motor succionador. (8)		
Lubricación de transmisión de guacal de la caída del zigzag		
1. Sujetadores 2. Piston 3. Correas 4. Rodillos 5. Barras boleadoras 6. Banda 7. Sistema zigzag 8. Motor		7. Sistema zigzag 


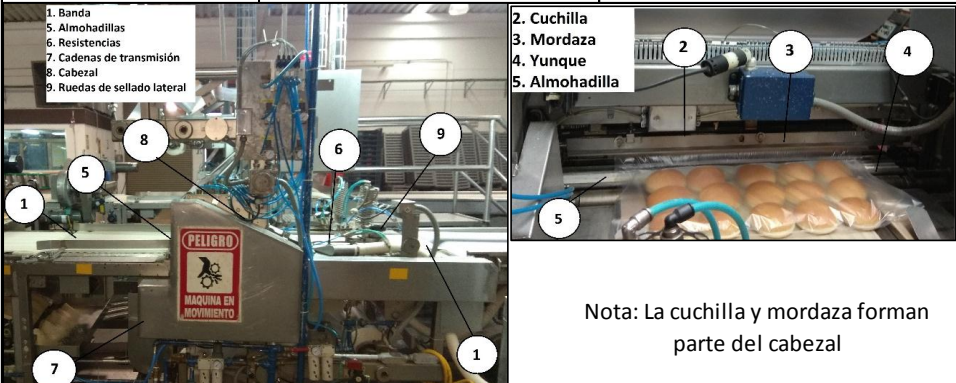
Cuadro 66 Registro de datos de la banda boleadora

 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo	Realizado por:
Linea: 1	Revisado por:
Area : Producción	
Equipo: Pan O Mat	Tarea a realizar por:
Codigo equipo: PREL03	
Descripción: Registro	
REGISTRO DE DATOS	
FRECUENCIA DIARIA	
Puntos a verificar	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
Estado de eje de transmisión (1)	
Estado de engranes	
Estado de cojinetes	
Estado de cadenas (2)	
Estado de copas (3)	
Estado de sistema de levas (4)	
Estado áreas metálicas exteriores	
FRECUENCIA QUINCENAL	
Puntos a verificar	1° quincena 2° quincena
Lubricación de cadenas porta guacales	
Lubricación de bujes de sprokets de cadena porta guacales	
	

Cuadro 67 Registro de datos de la máquina Pan o Mat


		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO																																	
Datos de equipo		Realizado por:																																	
Línea: 1		Revisado por:																																	
Área : Producción		Tarea a realizar por:																																	
Equipo: Maquina Aplanabolas		Tarea a realizar por:																																	
Código equipo: PREL04		Tarea a realizar por:																																	
Descripción: Registro		Tarea a realizar por:																																	
REGISTRO DE DATOS																																			
FRECUENCIA DIARIA																																			
Puntos a verificar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
Estado de eje de transmisión (1)																																			
Estado de engranes																																			
Estado de cojinetes																																			
Estado de cadenas (2)																																			
Estado de banda (3)																																			
Estado de rodillos aplanabolas (4)																																			
FRECUENCIA QUINCENAL																																			
Puntos a verificar	1° quincena										2° quincena																								
Lubricación de sistema de rodillos aplanabolas																																			
Lubricación de bujes y rodillos de faja aplanabolas																																			
1. Eje de transmisión 2. Cadenas 3. Banda 4. Rodillos																																			

Cuadro 68 Registro de datos de la máquina aplanabolas

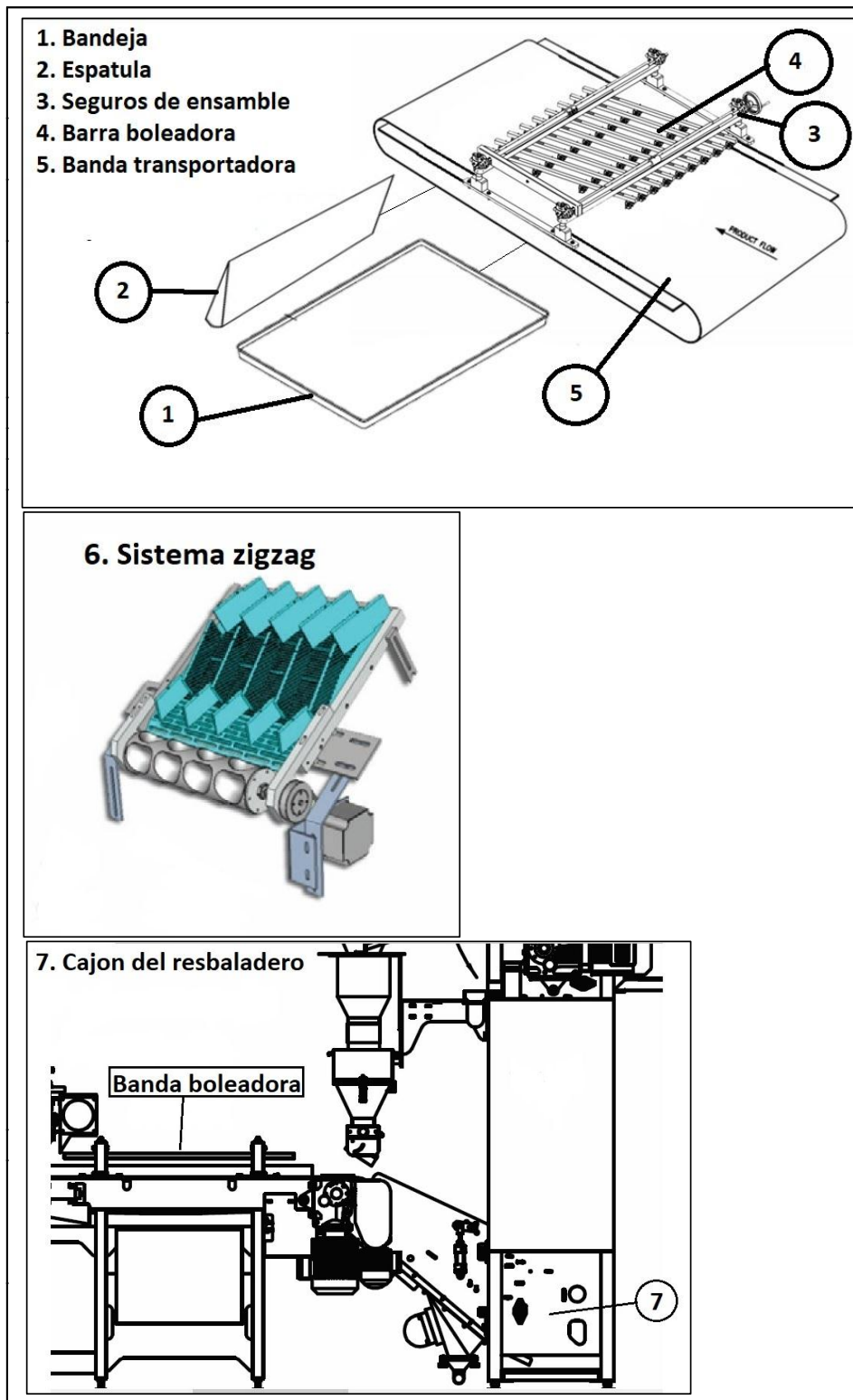
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo	Realizado por:
Línea: 1	Revisado por:
Área : Empaque	Tarea a realizar por:
Equipo: Pillow # 1	Tarea a realizar por:
Código equipo: EMEC02	Tarea a realizar por:
Descripción: Registro	Tarea a realizar por:
REGISTRO DE DATOS	
FRECUENCIA DIARIA	
Puntos a verificar	1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
Estado de banda (1) (ajustada, deteriorada, etc)	[Grid for daily inspection data]
Estado de cuchilla (2)	[Grid for daily inspection data]
Estado de mordazas (3)	[Grid for daily inspection data]
Estado de yunque (4)	[Grid for daily inspection data]
Estado de almohadillas (5)	[Grid for daily inspection data]
Estado de resistencias (6)	[Grid for daily inspection data]
Estado de sujetadores	[Grid for daily inspection data]
Estado de cadenas de transmisión (7)	[Grid for daily inspection data]
FRECUENCIA QUINCENAL	
Puntos a verificar	1° quincena 2° quincena
Lubricación de cadenas de tracción y chumaceras	[Grid for 15-day inspection data]
Lubricación de rodillos de cabezal de sellado (8)	[Grid for 15-day inspection data]
Lubricación de ruedas de sellado lateral (9)	[Grid for 15-day inspection data]
Lubricación de chumaceras de la banda transportadora	[Grid for 15-day inspection data]
	
Nota: La cuchilla y mordaza forman parte del cabezal	

Cuadro 69 Registro de datos de la máquina Pillow N.º 1

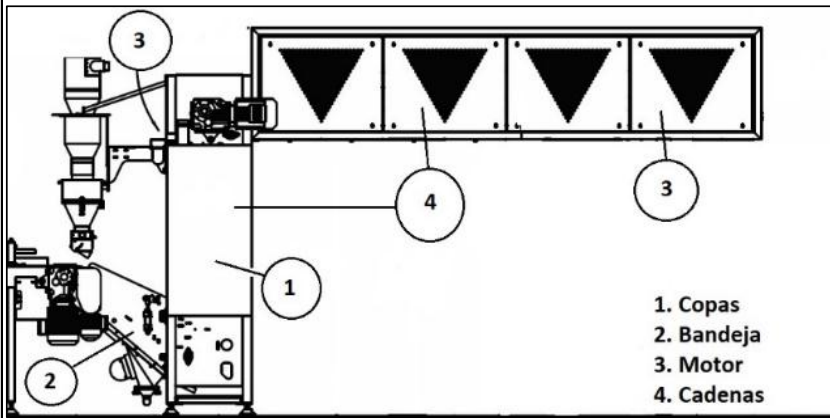
d) Limpieza

 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo	Realizado por:
Linea: 1	
Area : Producción	Revisado por:
Equipo: Banda boleadora	
Codigo equipo: PREL02	Tarea a realizar por:
Descripción: Limpieza	
REQUERIMIENTOS DE LIMPIEZA	
Utiles de limpieza: Espátula de 3", esponjas, cepillo, manguera de aire, limpiadores.	
Equipo de limpieza: Lentes, botas , tapones de oído y mascarillas.	
PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA	
Frecuencia diaria	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Organizar el área para la limpieza. 2. Con la manguera de aire, sopletear toda la máquina, para sacar el exceso de masa y harina. 3. Retirar la bandeja (1) al deslizarla por debajo de la banda transportadora y remover el desperdicio de masa. 4. Para limpiar la espátula, (2) localizarla debajo de la banda y remover el exceso de masa. 5. Para liberar el ensamble de la barra boleadora para la limpieza, liberar los seguros (3). Esto es todo lo que se requiere para girar barra boleadora lejos de la banda transportadora para la limpieza. 6. Lentamente gire el ensamble de la barra boleadora (4) hacia la posición de arriba, asegurándose que está totalmente elevada y en una posición segura. 7. Localizar la cara inferior bajo las barras boleadoras y limpiar cuidadosamente. Continúe pasando un trapo a las partes restantes del ensamblaje de las barras boleadoras. 8. Con las barras boleadoras en posición elevada, limpie y raspe minuciosamente el exceso de masa de la banda transportadora (5). 9. Lentamente baje las barras boleadoras, y asegure los pasadores del ensamblaje de las barras boleadoras. Vuelva a colocar la bandeja de sobras. 10. Limpieza de la transmisión de guacal de la caída zigzag (6) y cajón de resbaladero (7) con un cepillo. 	
Frecuencia semanal	
<ol style="list-style-type: none"> 11. Limpiar las cadenas de transmisión con un cepillo 12. Remover el exceso de harina de los rodillos con solución de limpieza. 13. Limpiar el panel de control de cualquier residuo. 14. Limpieza de motores según el procedimiento de motores. 	


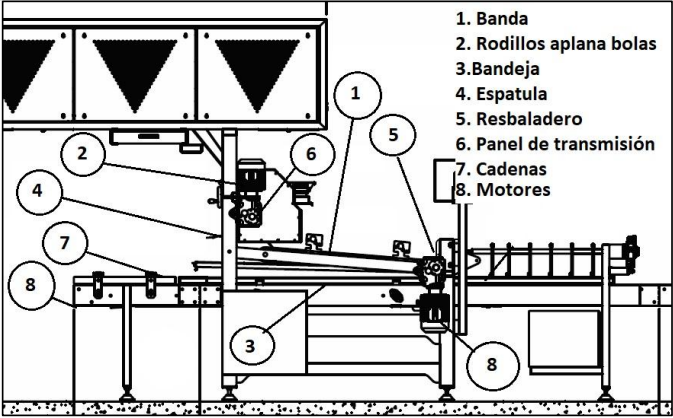
Cuadro 70 Instructivo de limpieza de la banda boleadora




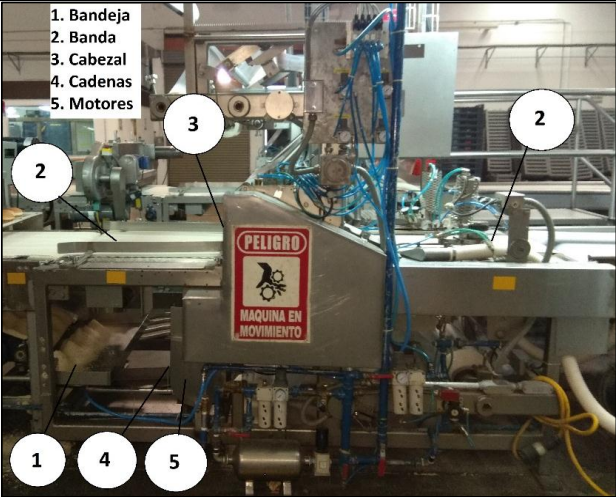
Cuadro 71 Imágenes guía del instructivo de limpieza de la banda boleadora

 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo	Realizado por:
Linea: 1	Revisado por:
Area : Producción	
Equipo: Pan O Mat	Tarea a realizar por:
Codigo equipo: PREL03	
Descripción: Limpieza	
REQUERIMIENTOS DE LIMPIEZA	
Útiles de limpieza: Espátula de 3", toallas, limpiadores, cepillo, manguera de aire.	
Equipo de limpieza: Lentas, botas, tapones de oído y mascarillas.	
PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA	
Frecuencia diaria	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Alistar el equipo y útiles necesarios para la limpieza. 2. Retirar poco a poco las copas de transporte de masa (1) de la siguiente forma: Retirar la primera fila de copas, e ir colocándolas en una bolsa, encender y apagar la máquina con el switch, para dar paso al siguiente juego repitiendo el procedimiento hasta retirar la totalidad de las mismas e ir revisando el estado de las copas. 3. Quitar la bandeja de recolección de harina y remover la harina con un cepillo (2). 4. Cubrir el motor (3) con una bolsa. 5. Limpiar la estructura de la máquina.. 6. Llevar las copas al área de lavado, donde serán limpiadas por el departamento de sanitización. 7. Dejar que la maquina se seque a temperatura ambiente. 8. Descubrir los motores. 9. Colocar las copas limpias, de la misma forma como se retiran en el punto 2. 10. Colocar la bandeja nuevamente. 	
Frecuencia semanal	
<ol style="list-style-type: none"> 11. Limpieza de paneles de control de cualquier residuo. 12. Limpieza de cadenas de guacales y de transmisión con cepillo (4). 13. Limpieza de motores según el procedimiento de motores. 	
 <p>1. Copas 2. Bandeja 3. Motor 4. Cadenas</p>	

Cuadro 72 Instructivo de limpieza de la máquina Pan o Mat

 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo	Realizado por:
Linea: 1	Revisado por:
Area : Producción	
Equipo: Máquina aplanadora	Tarea a realizar por:
Código equipo: PREL04	
Descripción: Limpieza	
REQUERIMIENTOS DE LIMPIEZA	
Útiles de limpieza: Espátula de 3", esponjas, cepillo, manguera de aire, limpiadores y manguera de agua.	
Equipo de limpieza: Lentes, botas, tapones de oído y mascarillas.	
PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA	
Frecuencia diaria	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Alistar el equipo y útiles necesarios para la limpieza. 2. Con ayuda de la manguera de aire, retirar el exceso de harina y masa, etc. 3. Raspe cualquier residuo de masa con una espátula plástica en la banda (1). 4. Raspe los rodillos aplanadores (2) con una espátula plástica y remueva cualquier residuo de masa de los rodamientos. 5. Retirar la bandeja (3) al deslizarla por debajo de la máquina y remueva los residuos de masa y harina. 6. Para limpiar la espátula (4), localizarla debajo de la banda y remover el exceso de masa. 7. Limpie el resbaladero (5) raspando el exceso de masa con una espátula. 8. Limpie los paneles de transmisión lateral (6) y remueva cualquier residuo de harina. 9. Cepille las superficies externas de la máquina y limpie con solución esterilizada y agua caliente. 	
Frecuencia semanal	
<ol style="list-style-type: none"> 10. Limpieza de paneles de control de cualquier residuo. 11. Limpieza de cadenas de transmisión (7) con cepillo. 12. Limpieza de motores según el procedimiento de motores. 	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Banda 2. Rodillos aplanadora 3. Bandeja 4. Espátula 5. Resbaladero 6. Panel de transmisión 7. Cadenas 8. Motores

Cuadro 73 Instructivo de limpieza de la máquina aplanadora


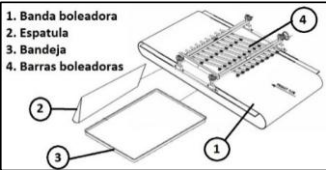
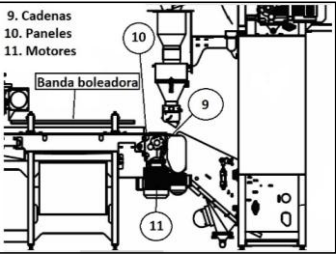
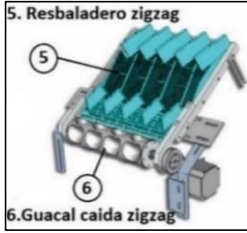
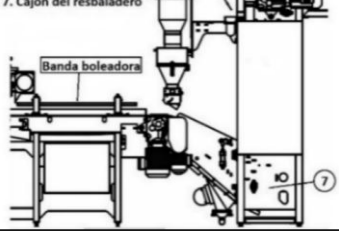
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo	Realizado por:
Linea: 1	Revisado por:
Area: Empaque	
Equipo: Pillow # 1	Tarea a realizar por:
Codigo equipo: EMEC02	
Descripción: Limpieza	
REQUERIMIENTOS DE LIMPIEZA	
Utiles de limpieza: Espátula de 3", esponjas, cepillo, manguera de aire, limpiadores y manguera de agua..	
Equipo de seguridad: Lentes, botas , tapones de oído y mascarillas.	
PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA	
Frecuencia diaria	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Alistar el equipo y útiles necesarios para la limpieza. 2. Retirar la bandeja (1) al deslizarla por debajo de la banda transportadora y remover el desperdicio de pan. 3. Retirar con la manguera de aire, todos los desperdicios de la maquina. 4. Limpiar todas las guardas con un trapo humedo. 5. Barrer todos los escombros del equipo. 6. Remover cualquier desperdicio de la banda (2). 7. Remover cualquier material de sellado quemado acumulado en el cabezal (3). Si es necesario limpiar las ranuras de la cuchilla, yunque y la mordaza, remover estas piezas. 8. Limpiar la estructura de la máquina. 	
Frecuencia semanal	
<ol style="list-style-type: none"> 9. Limpiar los rodillos de cualquier residuo. 10. Limpieza de paneles de control de cualquier residuo. 11. Limpieza de cadenas de transmisión (4) con cepillo. 12. Limpieza de motores según el procedimiento de motores (5). 	
<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 10px;"> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bandeja 2. Banda 3. Cabezal 4. Cadenas 5. Motores </div>  </div>	

Cuadro 74 Instructivo de limpieza de la máquina Pillow N.º 1


 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo	Realizado por:
Linea: 1	Revisado por:
Area :Producción y empaque	
Equipo: Motor	Tarea a realizar por:
Codigo equipo:	
Descripción: Limpieza	
REQUERIMIENTOS DE LIMPIEZA	
Utiles de limpieza: Espátulas, Limpiadores, manguera de aire.	
Equipo de seguridad: Guantes, Lentes, Botas, Tapones de Oído y Mascarillas	
PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA	
Frecuencia semanal	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Organizar equipo para la limpieza. 2. Asegúrese que el equipo este apagado. 3. Con ayuda de la manguera de aire, retirar el exceso de harina, semilla, etc. 4. En lugares donde haya masa acumulada, retirarla con ayuda de la espátula. 5. Inspeccionar visualmente para una limpieza óptima y que no quede nada oculto. 	
	

Cuadro 75 Instructivo de limpieza de motores

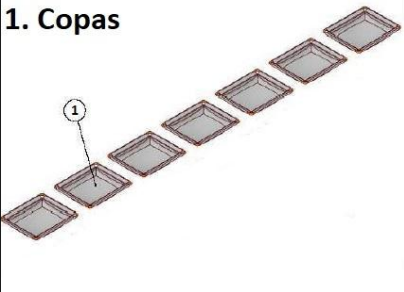
e) Auditorias

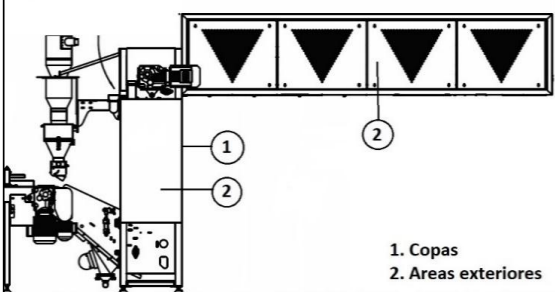
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Datos de equipo Linea: 1 Area : Producción Equipo: Banda boleadora Codigo equipo: PREL02 Descripción: Auditoria	Realizado por: Revisado por: Tarea a realizar por:
REGISTRO DE DATOS	
FRECUENCIA DIARIA	
Puntos a verificar	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33
1. Limpieza de banda	
2. Limpieza de espátula debajo de banda	
3. Limpieza de la bandeja	
4. Limpieza de barras boleadoras	
5. Limpieza de resbaladero zigzag	
6. Limpieza de la transmisión de guacal de la caída zigzag	
7. Limpieza de cajón debajo del resbaladero	
8. Orden de gavetas de herramientas	
FRECUENCIA SEMANAL	
Puntos a verificar	1 semana 2 semana 3 semana 4 semana
9. Limpieza de cadenas de transmisión	
10. Limpieza de paneles	
11. Limpieza de motores	
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div>	

Cuadro 76 Auditorias de limpieza de la banda boleadora

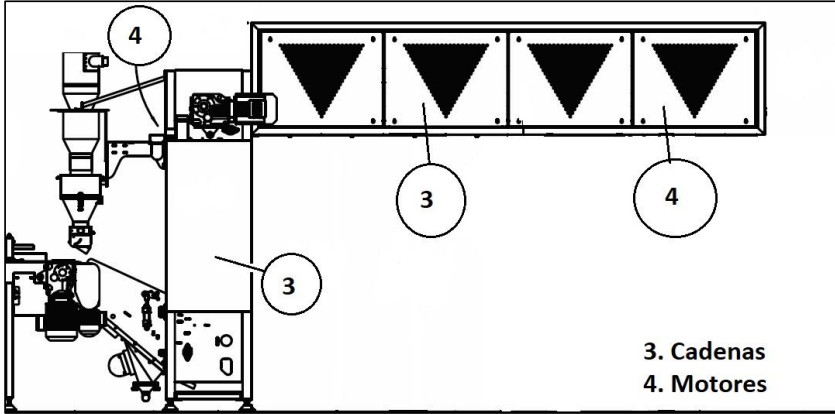
		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO																																	
Datos de equipo		Realizado por:																																	
Linea: 1		Revisado por:																																	
Area : Producción		Tarea a realizar por:																																	
Equipo: Pan O Mat																																			
Codigo equipo: PREL03																																			
Descripción: Auditoria																																			
REGISTRO DE DATOS																																			
FRECUENCIA DIARIA																																			
Puntos a verificar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
1. Limpieza de copas																																			
2. Limpieza de áreas exteriores metálicas																																			
FRECUENCIA QUINCENAL																																			
Puntos a verificar	1 semana								2 semana								3 semana								4 semana										
3. Limpieza de cadenas de guacales y de transmisión																																			
4. Limpieza de motores																																			

1. Copas




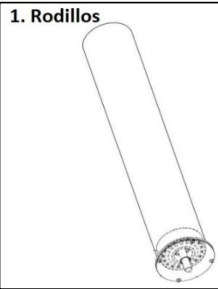
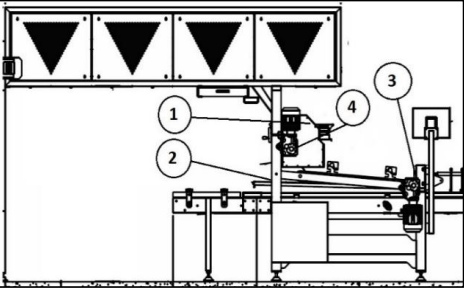
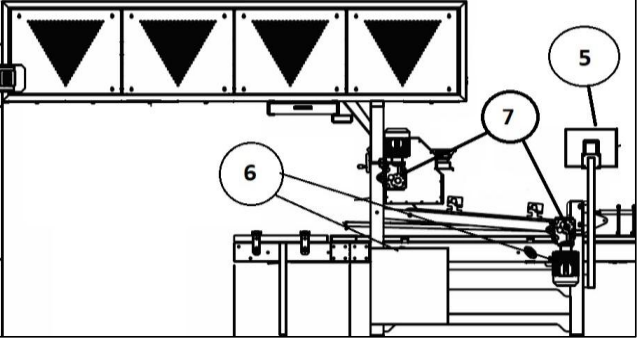


1. Copas
2. Areas exteriores




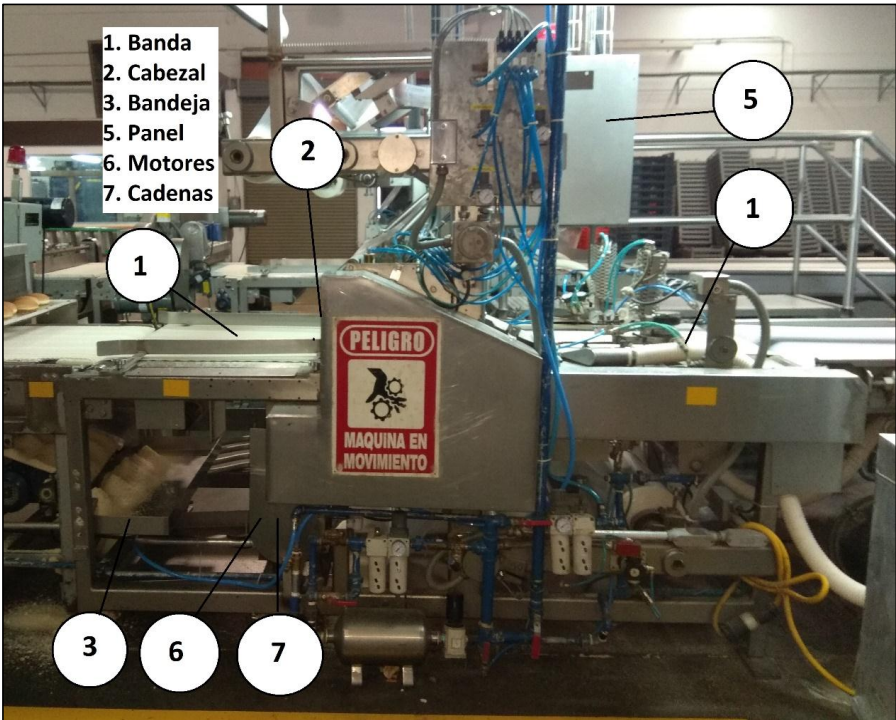
3. Cadenas
4. Motores

Cuadro 77 Auditorias de limpieza de la máquina Pan o Mat

		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO																																			
Datos de equipo		Realizado por:																																			
Línea: 1		Revisado por:																																			
Área : Producción		Tarea a realizar por:																																			
Equipo: Máquina aplanadora		Descripción: Auditoría																																			
Código equipo: PREL04		Descripción: Auditoría																																			
REGISTRO DE DATOS																																					
FRECUENCIA DIARIA																																					
Puntos a verificar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33				
1. Limpieza de rodillos aplanadora																																					
2. Limpieza de espátula																																					
3. Limpieza de resbaladero																																					
4. Limpieza de sistema de transmisión lateral																																					
FRECUENCIA QUINCENAL																																					
Puntos a verificar	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana																																	
5. Limpieza de paneles																																					
6. Limpieza de motores																																					
7. Limpieza de cadenas																																					
1. Rodillos		1. Rodillos 2. Espátula 3. Resbaladero 4. Transmisión lateral																																			
																																					
5. Paneles 6. Motores 7. Cadenas																																					


Cuadro 78 Auditorias de limpieza de la máquina aplanadora

		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO																																
Datos de equipo		Realizado por:																																
Linea: 1		Revisado por:																																
Area : Empaque		Tarea a realizar por:																																
Equipo: Pillow # 1																																		
Codigo equipo: EMEC02																																		
Descripción: Auditoria																																		
REGISTRO DE DATOS																																		
FRECUENCIA DIARIA																																		
Puntos a verificar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
1. Limpieza de bandas																																		
2. Limpieza de cabezal																																		
3. Limpieza de bandeja																																		
4. Orden de gavetas de herramientas																																		
FRECUENCIA QUINCENAL																																		
Puntos a verificar	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana																														
5. Limpieza de paneles																																		
6. Limpieza de motores																																		
7. Limpieza de cadenas																																		




Cuadro 79 Auditorias de limpieza de la máquina Pillow N.º 1

f) Master de mantenimiento preventivo

	PROGRAMA MANTENIMIENTO PREVENTIVO		ORDEN DE TRABAJO No:	MA 10
	Linea de Hamburguesa			
FECHA DE SOLICITUD DE LA TAREA:		FECHA DE REALIZACIÓN DE LA TAREA:		
TRABAJO ASIGNADO A:				
TRABAJO ASIGNADO POR:				
EQUIPO:	Banda Boleadora	VISTO BUENO JEFE DE MECÁNICOS		MECÁNICO
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Preventivo	NOMBRE:		
		FIRMA:		
		FECHA:		
TIEMPO ESTIMADO DE FINALIZACIÓN DE LA TAREA: ____ 8 ____ HRS				
TIEMPO UTILIZADO: ____ HRS				
PONGA UN CHECK SI NO HAY PARTES SUELTAS DE LA MÁQUINA QUE SE REALIZO MTO.				
INSTRUCCIONES:				
1. Mantenimiento motor principal				
2. Cambio de banda boleadora				
3. Cambio de chumaceras y ejes rodillos faja boleadora				
4. Cambio de cuchilla				
5. Revisión de barras boleadoras				
6. Revisión del sistema neumático				
7. Mantenimiento a caja reductora de faja boleadora				
8. Cambio de cadenas de traccion faja boleadora				
REPUESTOS UTILIZADOS:				
COMENTARIOS DEL MECÁNICO (si no es suficiente este espacio por favor utilice el reverso de la hoja)				
EL MECÁNICO ASIGNADO EN ESTA ORDEN SERÁ EL RESPONSABLE DIRECTO DE LA TAREA. TIENE QUE DEJAR PROBADOS LOS EQUIPOS Y ESTAR SEGUROS DE QUE EL TRABAJO HA QUEDADO A LA PERFECCION. NO OLVIDAR DEJAR LOS EQUIPOS LIMPIOS, CON SUS GUARDAS DE PROTECCIÓN Y EL ÁREA DE TRABAJO ORDENADA.				

Cuadro 80 Orden de trabajo del master de mantenimiento preventivo de la banda boleadora


	PROGRAMA MANTENIMIENTO PREVENTIVO		ORDEN DE TRABAJO No:	MA 11
	Linea de Hamburguesa			
FECHA DE SOLICITUD DE LA TAREA:		FECHA DE REALIZACIÓN DE LA TAREA:		
TRABAJO ASIGNADO A:				
TRABAJO ASIGNADO POR:				
EQUIPO: Recuperador de harina		VISTO BUENO JEFE DE MECÁNICOS		MECÁNICO
TIPO DE MANTENIMIENTO: Preventivo		NOMBRE:		
		FIRMA:		
		FECHA:		
TIEMPO ESTIMADO DE FINALIZACIÓN DE LA TAREA: ____ 8 ____ HRS TIEMPO UTILIZADO: _____ HRS				
PONGA UN CHECK SI NO HAY PARTES SUELTAS DE LA MÁQUINA QUE SE REALIZO MTO.				
INSTRUCCIONES:				
1, Mantenimiento de turbina principal				
2, Cambio de filtros				
3, Revisión y cambio (si es necesario) de mangueras				
4, Mantenimiento al sistema neumático				
5, Mantenimiento del cono receptor de harina				
6, Mantenimiento a motor succionador de harina				
REPUESTOS UTILIZADOS:				
COMENTARIOS DEL MECÁNICO (si no es suficiente este espacio por favor utilice el reverso de la hoja)				
<p style="text-align: center;"> EL MECÁNICO ASIGNADO EN ESTA ORDEN SERÁ EL RESPONSABLE DIRECTO DE LA TAREA. TIENE QUE DEJAR PROBADOS LOS EQUIPOS Y ESTAR SEGUROS DE QUE EL TRABAJO HA QUEDADO A LA PERFECCION. NO OLVIDAR DEJAR LOS EQUIPOS LIMPIOS, CON SUS GUARDAS DE PROTECCIÓN Y EL ÁREA DE TRABAJO ORDENADA. </p>				

Cuadro 81 Orden de trabajo del master de mantenimiento preventivo del recuperador de harina


	PROGRAMA MANTENIMIENTO PREVENTIVO	ORDEN DE TRABAJO No: MA 33
Linea de Hamburguesa		
FECHA DE SOLICITUD DE LA TAREA:		FECHA DE REALIZACIÓN DE LA TAREA:
TRABAJO ASIGNADO A:		
TRABAJO ASIGNADO POR:		
EQUIPO: Pillow 1	VISTO BUENO JEFE DE MECÁNICOS	MECÁNICO
TIPO DE MANTENIMIENTO: Preventivo	NOMBRE:	
	FIRMA:	
	FECHA:	
TIEMPO ESTIMADO DE FINALIZACIÓN DE LA TAREA: _____ 8 _____ HRS TIEMPO UTILIZADO: _____ HRS		
PONGA UN CHECK SI NO HAY PARTES SUELTAS DE LA MÁQUINA QUE SE REALIZO MTO.		
INSTRUCCIONES:		
1, Mantenimiento o cambio de cluth freno de nylon		
2, Cambio de sierra de corte nylon		
3, Mantenimiento a ejes y ruedas de sellado lateral		
4, Mantenimiento completo a unidades de sellado lateral		
5, Cambio de faja de entrada de sellado pillow		
6, Cambio de hules de sellado inferior		
7, Cambio de mangueras de succion de sellado lateral		
8, Mantenimiento a motorreductor principal de pillow		
9, Cambio de piston de movimiento principal de la mordaza de sellado		
10, Mantenimiento a rodillos de traccion de nylon		
11, Mantenimiento a rodillos de faja entrada de producto		
12, Mantenimiento a turbina de succion		
13, Mantenimiento completo a cabezal de sellado		
14, Mantenimiento completo a sistema electrico y panel		
15, Mantenimiento completo a sistema neumatico		
16, Cambio de sellos teflonados transversales		
17, Cambio de chumaceras		
18, Cambio de tubitos de soplado		
19, Cambio de almohadillas de sellado		
REPUESTOS UTILIZADOS:		
COMENTARIOS DEL MECÁNICO (si no es suficiente este espacio por favor utilice el reverso de la hoja)		
EL MECÁNICO ASIGNADO EN ESTA ORDEN SERÁ EL RESPONSABLE DIRECTO DE LA TAREA. TIENE QUE DEJAR PROBADOS LOS EQUIPOS Y ESTAR SEGUROS DE QUE EL TRABAJO HA QUEDADO A LA PERFECCION. NO OLVIDAR DEJAR LOS EQUIPOS LIMPIOS, CON SUS GUARDAS DE PROTECCIÓN Y EL ÁREA DE TRABAJO ORDENADA.		

Cuadro 83 Orden de trabajo del master de mantenimiento preventivo de la máquina Pillow N.º 1

g) Master de revisión

	PROGRAMA MANTENIMIENTO	ORDEN DE TRABAJO No: 7
	PREVENTIVO	
Linea de Hamburguesa		
FECHA DE SOLICITUD DE LA TAREA:	FECHA DE REALIZACIÓN DE LA TAREA:	
TRABAJO ASIGNADO A:		
TRABAJO ASIGNADO POR:		
EQUIPO: Pa O Mat	VISTO BUENO JEFE DE MECÁNICOS	MECÁNICO
TIPO DE MANTENIMIENTO: Preventivo	NOMBRE:	
	FIRMA:	
	FECHA:	
TIEMPO ESTIMADO DE FINALIZACIÓN DE LA TAREA: ____ 3 ____ HRS		
TIEMPO UTILIZADO: ____ HRS		
PONGA UN CHECK SI NO HAY PARTES SUELTAS DE LA MÁQUINA QUE SE REALIZO MTO.		
INSTRUCCIONES:		
1. Revisión de temperatura, amperaje y ruido de turbina recuperadora harina		
2. Revisión de cadenas de tracción principales		
3. Revisión de sprockets y tensores		
4. Revisión de eje de tracción y bushings		
5. Revisión de temperatura, amperaje y ruido motor jaula de ardilla		
6. Revisión de sprockets y cadenas rodillo jaula de ardilla		
7. Revisión de cadena principal faja boleadora		
8. Revisión de sprockets y cadenas sistema de rodillos aplanabolas		
9. Revisión de temperatura, amperaje y ruido de motor turbina de harina.		
10. Revisión de cadenas de tracción principales, sprockets y tensores.		
11. Revisión de ejes y bushings.		
12. Revisión de temperatura amperaje y ruido de motor jaula de ardilla		
13. Revisión de poleas y banda de rodillo jaula de ardilla		
14. Revisión de cadena principal de faja boleadora.		
15. Revisión de cadenas de transportadores de tablillas.		
16. Revisión de sprockets de cadenas de guacales, cadena portaguacales		
17. Revisión de chumaceras de cadena portaguacales		
18. Revisión de cadenas, sprockets y tensores de caja principal,		
19. Revisión de guías boleadoras, faja boleadora, faja de tortillas		
20. Revisión de rodillos de faja de tortilla.		
21. Revisión temperatura amperaje y ruido de motorreductor faja de tortilla		
22. Revisión de rodillos de banda boleadora, faja de tracción y poleas.		
23. Revisión de sensores		
24. Revisión de caja de cambios		
25. Revisión de rodillo aplanabolas		
REPUESTOS UTILIZADOS:		
COMENTARIOS DEL MECÁNICO (si no es suficiente este espacio por favor utilice el reverso de la hoja)		
<p>EL MECÁNICO ASIGNADO EN ESTA ORDEN SERÁ EL RESPONSABLE DIRECTO DE LA TAREA. TIENE QUE DEJAR PROBADOS LOS EQUIPOS Y ESTAR SEGUROS DE QUE EL TRABAJO HA QUEDADO A LA PERFECCION. NO OLVIDAR DEJAR LOS EQUIPOS LIMPIOS, CON SUS GUARDAS DE PROTECCIÓN Y EL ÁREA DE TRABAJO ORDENADA.</p>		

Cuadro 84 Orden de trabajo del master de revisión preventivo de la máquina Pan o Mat

		PROGRAMA MANTENIMIENTO PREVENTIVO		ORDEN DE TRABAJO No: 17
Línea de Hamburguesa				
FECHA DE SOLICITUD DE LA TAREA:		FECHA DE REALIZACIÓN DE LA TAREA:		
TRABAJO ASIGNADO A:				
TRABAJO ASIGNADO POR:				
EQUIPO:	Pillow Pack	VISTO BUENO JEFE DE MECÁNICOS		MECÁNICO
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Preventivo	NOMBRE:		
		FIRMA:		
		FECHA:		
TIEMPO ESTIMADO DE FINALIZACIÓN DE LA TAREA: ____ 4 ____ HRS TIEMPO UTILIZADO: ____ HRS				
PONGA UN CHECK SI NO HAY PARTES SUELTAS DE LA MÁQUINA QUE SE REALIZO MTO.				
INSTRUCCIONES:				
1. Revisión completa del cabezal				
2. Revisión de temperatura y amperaje de turbina de succión				
3. Revisión de los rodillos de transición debajo del cabezal del sellado				
4. Revisión de rodillos de la faja de entrada a pillow				
5. Revisión de rodillos de transición entrada a cabezal				
6. Revisión de pistón de movimiento principal de la mordaza de sellado				
7. Revisión de temperatura y amperaje de motorreductor principal				
8. Revisión de nivel de aceite de caja reductora principal				
9. Revisión de sistema de sellado lateral				
10. Revisión de mangueras de succión y tubitos de soplado				
11. Revisión de fajitas de salida del cabezal				
12. Revisión de sierra de corte nylon				
13. Revisión de clutch y freno del nylon				
14. Revisión de trampa de turbina de succión				
15. Revisión general de sistema de sellado central				
16. Revisión de sistema eléctrico y panel				
17. Revisión de sensor				
REPUESTOS UTILIZADOS:				
COMENTARIOS DEL MECÁNICO (si no es suficiente este espacio por favor utilice el reverso de la hoja)				
EL MECÁNICO ASIGNADO EN ESTA ORDEN SERÁ EL RESPONSABLE DIRECTO DE LA TAREA. TIENE QUE DEJAR PROBADOS LOS EQUIPOS Y ESTAR SEGUROS DE QUE EL TRABAJO HA QUEDADO A LA PERFECCIÓN. NO OLVIDAR DEJAR LOS EQUIPOS LIMPIOS, CON SUS GUARDAS DE PROTECCIÓN Y EL ÁREA DE TRABAJO ORDENADA.				

Cuadro 85 Orden de trabajo del master de revisión preventivo de la máquina Pillow N.º 1

