

**DOCUMENTACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO QUE INCIDEN  
EN EL DESEMPEÑO DE EMPAQUE DE PASTAS CORTAS Y SOBRE EL  
INDICADOR DE OEE**

**JULIÁN ANDRÉS SAAVEDRA SÁNCHEZ**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y  
BIOMATERIALES  
PALMIRA  
2020**

**DOCUMENTACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO QUE INCIDEN  
EN EL DESEMPEÑO DE EMPAQUE DE PASTAS CORTAS Y SOBRE EL  
INDICADOR DE OEE**

**JULIÁN ANDRÉS SAAVEDRA SÁNCHEZ**

**Proyecto aplicado para optar al título de Especialista en Procesos de  
Alimentos y Biomateriales**

**DIRECTOR  
CAMPO ELÍAS RIAÑO LUNA  
Ing. Químico  
Ph.D. Ead-TI, MSc**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y  
BIOMATERIALES  
PALMIRA  
2020**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Palmira, 22 de mayo de 2020**

## **Responsabilidad del autor sobre el contenido**

El autor conoce el acuerdo 006 de 2008: Estatuto de Propiedad Intelectual de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y sus artículos 39 (sobre cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de este proyecto) y 40 para autorización de uso por parte de la Universidad para fines de consulta e inclusión en catálogos bibliográficos. El contenido aquí expuesto es responsabilidad del autor.

Julián Andrés Saavedra Sánchez

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios.

A mi familia, especialmente a mis padres por su amor y consejos incondicionales en cada decisión que tomo.

A la compañía por permitirme crecer a nivel personal y profesional.

A mis compañeros de trabajo, ingenieros de producción, operarios y auxiliares de empaque por su apoyo para mejorar los resultados de la compañía.

Al director del proyecto por su valiosa guía y conocimientos transmitidos.

Julián Andrés Saavedra Sánchez

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>16</b>
<b>3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1 Definición del problema</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2 Justificación</b> .....	<b>17</b>
<b>4 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1 Generalidades sobre las pastas alimenticias</b> .....	<b>19</b>
<b>4.2 Elaboración de pastas</b> .....	<b>19</b>
<b>4.2.1. Composición de las pastas</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2.2 Aporte nutricional</b> .....	<b>20</b>
<b>4.3. Clasificación de las pastas</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3.1. Pastas largas</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3.2. Pastas cortas</b> .....	<b>21</b>
<b>4.4. Empaque de pastas (Partes de una empacadora de pastas cortas)</b> .....	<b>21</b>
<b>4.4.1 Pesadora multicabezal</b> .....	<b>21</b>
<b>4.4.2 Porta bobinas</b> .....	<b>22</b>
<b>4.4.3 Formador</b> .....	<b>22</b>
<b>4.4.4 Mordaza</b> .....	<b>22</b>
<b>4.4.5 Banda transportadora</b> .....	<b>22</b>
<b>4.4.6 Detector de metales</b> .....	<b>22</b>
<b>4.4.7 Enfardadora</b> .....	<b>22</b>
<b>4.4.8 Horno</b> .....	<b>23</b>
<b>4.5 Insumos para empaque</b> .....	<b>23</b>
<b>4.5.1 Láminas</b> .....	<b>23</b>
<b>4.5.2 Termoencogibles</b> .....	<b>24</b>
<b>4.6 Indicador de eficiencia global de empaque</b> .....	<b>25</b>

4.6.1 OEE.....	25
4.6.2 Disponibilidad.....	27
4.6.3 Rendimiento.....	28
4.6.4 Calidad .....	28
<b>5 METODOLOGÍA.....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Materiales y métodos .....</b>	<b>29</b>
5.1.1 Variables de entrada .....	29
5.1.2 Variables de salida .....	29
<b>5.2 Diseño de investigación.....</b>	<b>30</b>
5.2.1 Formulación de hipótesis .....	30
5.2.2 Modalidad de la investigación.....	30
5.2.3 Tipo de investigación.....	31
5.2.4 Muestra.....	31
5.2.5 Información bibliográfica.....	32
5.2.6 Recolección de la información.....	32
5.2.7 Pasos para calcular el OEE .....	33
<b>6 DESARROLLO DEL PROYECTO.....</b>	<b>35</b>
<b>6.1 Propuestas para realización de mediciones y mejora del sistema .....</b>	<b>35</b>
6.1.1 Ajuste de lista de paradas no programadas .....	35
6.1.2 Ajuste de lista de paradas programadas.....	36
6.1.3 Reducción de tiempos de cambio.....	36
6.1.4 Ajuste para ingreso de paradas .....	36
6.1.5 Ajuste distribución del área y cercanía de insumos .....	37
6.1.6 Gestión visual.....	37
6.1.6.2 Sistema de visualización en tiempo real .....	38
6.1.7 Ajuste del proceso de enfardado .....	38
6.1.8 Ajuste para actualización de velocidades .....	39
<b>7 RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
7.1 OEE General.....	42
7.2 Indicadores por máquina .....	44
7.3 Indicadores por operario .....	48

7.4 Rendimiento .....	51
7.5 Calidad.....	52
7.6 Disponibilidad.....	54
7.7 Paradas sin registro .....	61
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo A Tablas de paradas no programadas.....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo B Paradas programadas más importantes.....</b>	<b>67</b>
<b>Anexo C Parada 240 .....</b>	<b>69</b>
<b>Anexo D Parada 244 .....</b>	<b>70</b>
<b>Anexo E Parada 248 .....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo F Parada 270 .....</b>	<b>72</b>
<b>Anexo G Parada 290.....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo H Tablas de velocidades.....</b>	<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>76</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Clasificación de OEE.....	27
Tabla 2 Variables de entrada y salida .....	30
Tabla 3 Indicador general pastas cortas.....	42
Tabla 4 Variables en estudio máquina .....	45
Tabla 5 Prueba de Kolmogorov-Smirnov OEE empacadoras A y B .....	46
Tabla 6 Análisis de varianza para OEE máquinas A y B .....	47
Tabla 7 Variables en estudio operarios .....	49
Tabla 8 Desperdicio .....	52
Tabla 9 Paradas no programadas (Pareto), seis mediciones.....	58
Tabla 10 Correlación disponibilidad y paradas .....	60
Tabla 11 Paradas sin registro .....	62
Tabla 12 Lista de paradas no programadas .....	65
Tabla 13 Frecuencia de paradas programadas .....	67
Tabla 14 Velocidades empacadora A .....	74
Tabla 15 Velocidades empacadora B .....	75

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Diagrama 1 Ajuste y seguimiento de OEE .....	33
Diagrama 2 Relación gramaje-velocidad empacadora A.....	40
Diagrama 3 Relación gramaje-velocidad empacadora B.....	40
Diagrama 4 Indicador general pastas cortas.....	42
Diagrama 5 Incremento producción pastas cortas.....	43
Diagrama 6 Comportamiento de variables empacadora A.....	44
Diagrama 7 Comportamiento de variables empacadora B.....	44
Diagrama 8 Histograma para OEE.....	46
Diagrama 9 Pareto estandarizado para OEE empacadoras .....	47
Diagrama 10 Comportamiento de variables operarios .....	48
Diagrama 11 OEE Operarios .....	50
Diagrama 12 Comportamiento rendimiento empacadoras A y B .....	51
Diagrama 13 Relación producción - rendimiento.....	52
Diagrama 14 Relación calidad - desperdicio .....	53
Diagrama 15 Pareto paradas primera medición .....	55
Diagrama 16: Pareto paradas segunda medición .....	55
Diagrama 17: Pareto paradas tercera medición .....	55
Diagrama 18: Pareto paradas cuarta medición .....	56
Diagrama 19: Pareto paradas quinta medición .....	56
Diagrama 20: Pareto paradas sexta medición.....	57
Diagrama 21 Disminución de tiempo de parada .....	58
Diagrama 22 Paradas no programadas.....	60
Diagrama 23 Dispersión disponibilidad – paradas .....	61
Diagrama 24 Comportamiento paradas sin registro.....	62
Diagrama 25 Paradas programadas más importantes .....	68
Diagrama 26 Parada 240: Cambio de referencia producto, empacadora y enfardadora .....	69
Diagrama 27 Parada 244: Cambio de rollo de lámina .....	70
Diagrama 28 Parada 248: Gestión entrega de turno .....	71
Diagrama 29 Parada 270: Cambio rollo termo.....	72
Diagrama 30 Parada 290: Alimentación personal .....	73

## ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo A Tablas de paradas no programadas .....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo B Paradas programadas más importantes .....</b>	<b>67</b>
<b>Anexo C Parada 240 .....</b>	<b>69</b>
<b>Anexo D Parada 244 .....</b>	<b>70</b>
<b>Anexo E Parada 248.....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo F Parada 270.....</b>	<b>72</b>
<b>Anexo G Parada 290 .....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo H Tablas de velocidades .....</b>	<b>74</b>

## GLOSARIO

**CALIDAD:** indica qué porcentaje de lo producido pasó los controles de calidad y es considerado como apto para el cliente, es decir, porcentaje de la producción total que se produce sin defectos (Proalnet 2017).

**DISPONIBILIDAD:** capacidad de un elemento para realizar una función requerida bajo condiciones asignadas en un momento dado de tiempo (Cruz 2017). Corresponde a las horas productivas respecto a las horas disponibles, pero a estas últimas se les restan las horas de paradas programadas. Esta variable es la más importante para evaluar OEE del personal operativo (operarios y auxiliares) (Proalnet 2017).

**INDICADOR:** es un indicio expresado numéricamente o conceptualmente sobre el grado de eficiencia en las operaciones de un área o equipo. Facilita el control y la toma de decisiones (Cardenas Sosa 2008).

**OEE:** Overall Equipment Efficiency o Eficiencia General de los Equipos es un indicador porcentual que mide la eficiencia productiva de una maquinaria, mediante el cálculo de los parámetros fundamentales de producción industrial, a saber, rendimiento, calidad y disponibilidad (Orozco Barragán y Peláez Motta 2009).

**PARADAS NO PROGRAMADAS:** paradas que se producen de forma inesperada, generalmente asociadas a fallas mecánicas o eléctricas del equipo y en los cuales debe intervenir el área de mantenimiento (Proalnet 2017).

**PARADAS PROGRAMADAS:** son paradas para actividades inherentes al proceso, necesarias para dar continuidad al empaque, por ejemplo, cambios de rollo de lámina, cambios de rollo de termoencogible, cambios de referencia, etc. (Falconi 2014).

**PASTA ALIMENTICIA:** producto preparado cuya palabra “pasta” es el término que se emplea en italiano para designar a la “masa”. Los ingredientes básicos habituales son la harina o sémola de trigo y agua. Entre los ingredientes alternativos se incluyen la harina de patata (empleada en los ñoquis) y de maíz (productos sin gluten). Entre los ingredientes adicionales se encuentran: huevo, colorantes naturales como las espinacas o el tomate y, en el caso de algunos productos para EEUU, vitaminas (Kill, R.C., Turnbull, K. 2004).

**RENDIMIENTO:** toma en cuenta las pérdidas de velocidad que incluyen cualquier factor que haga que el proceso se ejecute a una velocidad menor que la máxima posible (estándar), por ejemplo: desgaste del equipo, problemas en el suministro de insumos e ineficiencia del operador (Orozco Barragán y Peláez Motta 2009).

**VELOCIDAD ESTÁNDAR:** velocidad teórica máxima para una combinación producto máquina (Falconi 2014).

## RESUMEN

En este proyecto se documentó e implementó el indicador de eficiencia global de empaque en una planta de pastas alimenticias, el cual permitió visualizar lo que ocurría durante el proceso de fabricación, dando una perspectiva general de los tiempos perdidos y causas de estas pérdidas.

Para esto se hizo una revisión general del proceso de empaque de pastas cortas con el fin de determinar las paradas necesarias para que el proceso fluya (paradas programadas), también se determinaron las paradas por fallas de las empacadoras (paradas no programadas). Estas paradas se ingresaron a un sistema de medición, lo cual permitió documentar la información sobre las variables disponibilidad, calidad y rendimiento, estas generan el indicador de eficiencia (OEE).

A partir del estado inicial del indicador, se realizaron ajustes que permitieron al sistema hacer cálculos objetivos (de las variables rendimiento, calidad, disponibilidad y OEE) e imparciales sobre el comportamiento del empaque y, con base en esto, tomar medidas que permitan la mejora continua para aumentar el valor de este indicador.

**Palabras clave:** Empaque; Eficiencia; OEE

## ABSTRACT

In this project, the global packaging efficiency indicator was documented and implemented in a pasta plant, which allows to visualize what happens during the manufacturing process, giving an overview of the time lost and causes of these losses.

For this purpose, a general review of the short pasta packing process was carried out in order to determine the necessary stops for the process to flow (scheduled stops), and also the stops due to packing machine failures (unscheduled stops) were determined. These stops were entered into a measurement system, which allowed documenting the information on the variables availability, quality and performance, these generate the efficiency indicator (OEE).

From the initial state of the indicator, adjustments were made that allowed the system to make objective and impartial calculations (of the performance, quality, availability and OEE variables) about the behavior of the packing and, based on this, take measures that allow continuous improvement to increase the value of this indicator.

**Key words:** Packaging; Efficiency; OEE

## 1 INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales cada día son más exigentes, requieren de actividades más eficientes en cada una de sus etapas, debido al aumento en la demanda de productos, en este caso, de pastas alimenticias.

Aplicar sistemas de indicadores de OEE tiene varios beneficios, entre los que sobresalen el poder conocer y mejorar la situación de un área específica, ya sea con mejoras en el proceso o disminución de tiempos innecesarios.

Con el fin de conocer, mejorar y documentar la eficiencia de empaque de pastas cortas, la compañía precisó implementar un indicador (OEE), para eso, adquirió un sistema de medición en tiempo real de las variables calidad, rendimiento y disponibilidad.

En el capítulo 1 se presenta el marco teórico y las generalidades sobre las pastas, su elaboración y empaque, además de la descripción del indicador OEE y sus componentes.

En el capítulo 2 se aborda lo relacionado a la metodología empleada para realizar los ajustes al sistema y se describirán las variables de estudio.

En el capítulo 3, al realizar las distintas mediciones, desde estado inicial del proyecto hasta la medición del sexto mes, se relaciona el desarrollo de las actividades de ajuste y mejora del sistema de medición y recolección de datos para evaluar el comportamiento del indicador a través del tiempo en busca de aumentar el valor del OEE.

En el capítulo 4 se presentarán los resultados obtenidos de las variables tomadas en diferentes momentos en la implementación y su evolución al finalizar el proyecto.

Este proyecto apunta a obtener una mejora en la productividad ya que permitirá aumentar el volumen de producción de la línea, así como documentar la interacción de estas variables y su impacto en el OEE del área.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Documentar el proceso de empaqueo de pastas cortas en una empresa pastificadora y las variables que influyen en su desempeño.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las variables que inciden en el proceso sobre el indicador de desempeño de empaque OEE.
- Cuantificar las paradas no programadas más significativas y su influencia en la disponibilidad de las empacadoras, que a su vez afecta el indicador OEE.

## **3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **3.1 Definición del problema**

La elaboración de pastas alimenticias es un proceso continuo en el que se presentan dosificadores, mezcladores, amasadores, secadores y silos de almacenamiento entre otros equipos.

En la planta de producción de pastas cortas, se ha evidenciado que el proceso de empaclado presenta problemas (paradas, fallas de equipos, insumos) a la hora de empaclar el producto terminado, sumado a esto, se debe garantizar que tanto el tiempo de producción como el tiempo de empaque sean los necesarios para que los silos estén vacíos y de esta forma no afecte el proceso de elaboración.

Dado que aún no existe un sistema de documentación que permita tomar acciones preventivas y correctivas sobre las variables que influyen en el proceso de empaclado (rendimiento, calidad y disponibilidad), la compañía objeto de estudio decidió invertir en un sistema de medición de la eficiencia global de empaque e implementar el indicador OEE. Sin embargo, se ha reportado en la primera medición una disponibilidad de 74%, un rendimiento de 87% y una calidad de 96% para un OEE de 61%, el cual es inaceptable de acuerdo con la clasificación propuesta por Ucelo<sup>1</sup> para un proceso como este, por lo que se procede a realizar la siguiente pregunta de investigación:

¿Será posible mejorar la eficiencia de empaque de pastas cortas en una planta pastificadora al implementar la documentación y análisis del indicador OEE?

### **3.2 Justificación**

En una pastificadora las paradas no programadas causan atascamientos y por lo tanto bajas en la eficiencia global de empaque, así como pérdidas económicas para la empresa. Razón por la cual este proyecto se enfoca en documentar las variables relacionadas con la eficiencia de empaque de pastas cortas que están afectando la fluidez, para trabajar sobre lo que es susceptible de mejora.

Debido a que la gestión documental es un proceso de soporte imprescindible para la ejecución de las funciones, se hace necesario empezar a analizar los registros y

---

<sup>1</sup> UCELO LEZANA, Astrid Roxana. Diseño e implementación del sistema de eficiencia global de los equipos (OEE) en una línea de producción de pañales desechables e investigación de propuesta viable para la degradación de estos productos no reciclables en la empresa Altensava. Guatemala, 2008. p. 54.

documentar estas variables de eficiencia general para el sistema de gestión de calidad.

Se espera que la documentación del proceso e implementación del indicador de eficiencia se traduzca en la obtención de un sistema bien ajustado que identifique efectivamente las paradas programadas y no programadas, brindando información imparcial del proceso, lo cual dará más fluidez al empaque garantizando que el prensado (elaboración) no pare por este motivo, por lo que tendría un potencial impacto en la productividad ya que se podría prensar y empacar más paquetes al mes.

## 4 MARCO TEÓRICO

### 4.1 Generalidades sobre las pastas alimenticias

El origen de las pastas se remonta hasta hace 4000 años debido al descubrimiento de un bol de fideos de mijo en China<sup>2</sup>. Es probable que Marco Polo la haya introducido a Italia en el siglo XIII procedente de uno de sus viajes a esta nación. Sin embargo, puede remontarse varios siglos antes, específicamente con la civilización etrusca, asentados en Toscana (Italia) siglo IX al VI a.C., ellos la elaboraban mediante el machacamiento de diversos cereales y granos combinados con agua, que luego cocían resultando un alimento sabroso y nutritivo<sup>3</sup>.

Kill y Turnbull también refuerzan el origen de las pastas con la civilización etrusca, aunque sostienen que pudo haberse inventado varias veces y en distintos lugares debido a su simpleza (trigo u otro cereal molido y agua)<sup>4</sup>. Ya en el siglo XIX, en Nápoles, se empezó a comercializar la producción y la industrialización de este alimento empleando el secado como forma de conservación.

### 4.2 Elaboración de pastas

Es un proceso continuo en el que se presentan dosificadores, mezcladores, amasadores, secadores y silos de almacenamiento entre otros equipos, los cuales operan mediante un sistema de control computarizado.

Este proceso inicia con la hidratación, mezclado y posteriormente extrusión. En este punto se logra la transformación de la sémola en una pasta con forma coherente. Cuando estas etapas iniciales se realizan correctamente, la pasta formada tiene una red proteica que encapsula los gránulos de almidón. Esta red proteica se debe a las proteínas gliadina y glutenina, las cuales al interactuar generan lo que se conoce como gluten<sup>5</sup>.

Después de la extrusión inicia el proceso de secado en el cual se busca la estabilidad microbiológica y bioquímica ya que se alcanza un contenido de humedad

---

<sup>2</sup> ROACH, John. 4,000-Year-Old Noodles Found in China. National Geographic, 2005. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.com/news/2005/10/4-000-year-old-noodles-found-in-china/>

<sup>3</sup> I.P.O. Historia de la pasta, 2011. Disponible en: <http://www.internationalpasta.org/index.aspx?idsub=30>.

<sup>4</sup> KILL, Ron C. y TURNBULL, Keith. Tecnología de la Elaboración de Pasta y Sémola, editorial Acribia, Zaragoza, España, 2004, p. 2.

<sup>5</sup> BADUI DERGAL, Salvador. Química de los alimentos. Pearson Educación, México, 2006.

que no permite el crecimiento de microorganismos (humedad menor al 13%). Esta deshidratación se controla cuidadosamente para que la pasta no se resquebraje debido a un pronunciado gradiente de humedad entre el centro y la superficie de la pasta. El agua se elimina mediante corrientes de aire seco de tal forma que la humedad se difunde desde el centro hasta la superficie<sup>6</sup>.

Luego del secado, las pastas se almacenan en silos y de estos se alimentan las empacadoras.

#### **4.2.1. Composición de las pastas**

La pasta alimenticia es el producto preparado mediante el secado apropiado de las figuras formadas con una masa sin fermentar, preparada con agua y los derivados del trigo u otras farináceas aptas para el consumo humano o mediante la combinación adecuada de los mismos<sup>7</sup>.

#### **4.2.2 Aporte nutricional**

Entre las propiedades nutricionales de la pasta cabe destacar que 100 gramos de pasta aportan energía y nutrientes como<sup>8</sup>:

- 374 (Kcal) de Energía
- 15 (g) de Proteínas
- 1,1 (g) de Grasas
- 75 (g) de Hidratos de Carbono
- 258 (mg) de Fósforo
- 3,6 (mg) de Hierro
- 143 (mg) de Magnesio
- 3,1 (mg) de Manganeseo
- 73 (µg) de Zinc
- 7 (mg) de Sodio
- 0,5 (mg) de Vitamina B1
- 9 (mg) de Vitamina B2
- 5,1 (mg) de Vitamina B3
- 0,2 (mg) de Vitamina B6

---

<sup>6</sup> KILL y TURNBULL Op. Cit., p. 167

<sup>7</sup> INVIMA. Resolución 4393 de 1991. Fabricación, Empaque y Comercialización de Pastas Alimenticias. 1991. p. 1.

<sup>8</sup> INFOALIMENTACIÓN. Propiedades nutricionales de la pasta. Disponible en:  
[http://www.infoalimentacion.com/cereales/propiedades\\_nutricionales\\_pasta.htm](http://www.infoalimentacion.com/cereales/propiedades_nutricionales_pasta.htm).

- 4 (µg) de Ácido fólico
- 2,6 (g) de Azúcares
- 5 (g) de Fibra

### **4.3. Clasificación de las pastas**

#### **4.3.1. Pastas largas**

Espaguetis, linguinos, macarrones, tallarines, etc<sup>9</sup>.

#### **4.3.2. Pastas cortas**

Argollas, canutillos, conchitas, corbatines, estrellas, letras, números, tornillos, etc<sup>10</sup>.

### **4.4. Empaque de pastas (Partes de una empacadora de pastas cortas)**

Existen diversos fabricantes de empacadoras de pastas largas y cortas; en general, dadas las características de las pastas cortas, hay partes que son comunes en estos equipos, las cuales se describen a continuación<sup>11</sup>.

#### **4.4.1 Pesadora multicabezal**

Este equipo es alimentado desde los silos de almacenamiento por medio de cangilones y bandas transportadoras. En la pantalla el operario ajusta el valor nominal (peso del paquete) y el equipo tiene un microprocesador que calcula y selecciona las balanzas para llegar al peso deseado, esta información del peso es comunicada a un rechazador de paquetes (con brazo empujador) el cual evalúa si el paquete está dentro de especificaciones. El equipo genera gráficos de control en el cual se pueden observar los límites superior e inferior de especificaciones y la desviación estándar.

---

<sup>9</sup> INVIMA. Op. Cit., p. 1

<sup>10</sup> Ibid, p. 2

<sup>11</sup> TNA. Robag® 3 Parts Manual, 2005.

#### **4.4.2 Porta bobinas**

Dispositivo en el cual se coloca el rollo de lámina de acuerdo con la referencia a empacar. Los rollos pesan alrededor de 20 Kg. Consta de un rodillo principal más grande y otros rodillos en los cuales se desenrolla la lámina para generar la tensión adecuada.

#### **4.4.3 Formador**

Recibe la lámina, la envuelve y sella verticalmente (sellado longitudinal) en sus extremos mediante la aplicación de calor con una resistencia.

#### **4.4.4 Mordaza**

Realiza el sellado y corte horizontal en la parte inferior (ingresa la pasta proveniente del multicabezal) y superior del paquete mediante la aplicación de calor. Realiza simultáneamente el sellado superior de un paquete y el inferior del paquete siguiente.

#### **4.4.5 Banda transportadora**

Lleva los paquetes hacia la enfardadora pasándolos por un detector de metales, el cual tiene sensores para partículas ferrosas, no ferrosas y acero inoxidable.

#### **4.4.6 Detector de metales**

Equipo de seguridad; todos los paquetes pasan por él antes de ingresar a la enfardadora. Tiene la capacidad de detectar partículas ferrosas (1.2 mm), no ferrosas (1.2 mm) y acero inoxidable (1.5 mm). Cuando se detecta alguna partícula metálica, el operario separa el paquete y lo lleva al área de Calidad.

#### **4.4.7 Enfardadora**

Organiza los paquetes apilándolos en cantidades de 12, 24 o 48 unidades, dependiendo de la referencia a empacar, además de envolverlos con un plástico termoencogible.

#### 4.4.8 Horno

En este equipo, el plástico se encoge y queda listo el fardo para ser entregado a bodega para su respectivo almacenamiento y despacho a los clientes.

En general, todos los materiales deberían poderse empaquetar en cualquiera de las 2 empaquetadoras, con algunas excepciones.

#### 4.5 Insumos para empaque

##### 4.5.1 Láminas

Los envases flexibles son cuerpos tridimensionales constituidos de materiales complejos que se dejan enrollar, doblar, formar y fraccionar. A estos materiales de envase compuestos se les denomina normalmente "laminados flexibles"<sup>12</sup>.

Deben cumplir con las funciones de contención, protección, capacidad de procesamiento, respeto al medio ambiente, protección del producto, relación envase-contenido (sobre migración de componentes).

##### **Componentes de las capas**

**Capa estructural:** El de más uso es el polietileno de baja densidad PEBD. También se usa el polietileno de baja densidad lineal PEBDL, polietileno de ultra baja densidad PEUBD, polietilenos metalocenos y polipropileno PP.

**Capa de barrera:** Está relacionada mayormente con la disminución de la permeabilidad de oxígeno.

##### **En su elaboración se siguen los pasos de:**

**Extrusión:** Aquí se forma una lámina de resina termoplástica que ha sido sometida a calor y presión.

**Coextrusión:** En este proceso se extruyen varias capas de resinas plásticas formando una sola lámina. Este proceso es más complejo que la extrusión normal porque se funden distintos materiales que tienen reologías y puntos de fusión distintos

---

<sup>12</sup> MARQUEZ, R. Empaques flexibles. Revista Conversión, 1997.

**Laminación:** Aquí se adiciona un sustrato que puede ser impreso o no a una matriz polimérica mediante la acción de un aditivo, esto mejora las propiedades de barrera.

La laminación incrementa la impermeabilidad ya que se utilizan comúnmente el polietileno y el polipropileno biorientado<sup>13</sup>.

Normalmente se utiliza la siguiente configuración de estructura bilaminada:

PP Cast Transparente + tintas + adhesivo + PEBD Transparente o Pigmentado Sellable.

Las láminas se utilizan como empaque primario de las pastas. Presentan distintas configuraciones y, en general, deben ser sellables en ambas caras, ya que el selle longitudinal se puede hacer cara-dorso o dorso-dorso.

Corresponde a una estructura bicapa con impresión interna en PP Cast Transparente y laminada con PEBD transparente o pigmentado, usando resinas de última generación, con temperaturas de inicio de selle bajas, mejor hot tack y alta resistencia mecánica<sup>14</sup>.

#### **4.5.2 Termoencogibles**

Las películas termoencogibles conocidas como películas retráctiles son láminas plásticas transparentes, elaboradas combinando varias resinas de polietileno de baja densidad, las cuales se encogen tras ser sometidas a una fuente de calor, reduciendo su tamaño<sup>15</sup>.

Tienen propiedades de encogimiento y se utilizan para envolver productos de diferentes formas y tamaños. El sellado y la resistencia a la ruptura las convierte en un insumo óptimo para el manejo de la pasta en su elaboración, almacenamiento y distribución.

En su elaboración son estiradas y orientadas durante el proceso, esto les confiere características retráctiles. Además, la orientación mejora la resistencia a la tensión, al impacto y la flexibilidad a temperaturas bajas.

---

<sup>13</sup> ILLANES ESPARZA, Julio Fernando. Envases flexibles plásticos: Uso y aplicación en la industria alimentaria. Valdivia, 2004.

<sup>14</sup> PLASTICEL. Estructuras. 2017. Disponible en: [http://plasticel.com.co/es/wp-content/uploads/2017/06/Bilaminado\\_C.pdf](http://plasticel.com.co/es/wp-content/uploads/2017/06/Bilaminado_C.pdf).

<sup>15</sup> HUAYAMAVE SARMIENTO, Otto Danilo. Determinación del espesor mínimo de películas plásticas termoencogibles para mejorar la eficiencia del proceso de enfardado. Guayaquil, 2017. p. 31.

Con estas características se pueden embalar varios paquetes de pasta, ya que por efecto de la temperatura se contrae amoldándose a la forma del producto, generando un fardo compacto, transparente que protege las pastas de agentes externos como humedad, suciedad. Además, facilita el transporte.

### **Tipos de películas termoencogibles:**

**Polietileno (PE):** Utilizado en el empaque múltiple de distintos tipos de alimentos; puede encontrarse en diferentes medidas y calibres. Estas películas termoencogibles están diseñadas para ofrecer características mecánicas y ópticas como encogimiento, resistencia y sellado<sup>16</sup>.

La aplicación de embalaje termoencogible es fabricada principalmente con Polietileno de Baja Densidad (PEBD), ya que mantiene una presencia importante en la demanda mundial de materiales para la extrusión de películas. El Polietileno de Alta Densidad (PEAD) exhibe mayor rigidez y resistencia a la tracción, aunque presenta transparencia y brillo. El PEAD, junto con el PEBD, es uno de los materiales plásticos de mayor demanda en la extrusión de películas, en donde los PEAD no sólo muestran una elevada rigidez, sino también una elevada estirabilidad (capacidad de producir películas de muy bajo espesor), facilidad de procesamiento (alta productividad y bajo consumo energético) y bajo costo. Es por ello, que la introducción de las mezclas de PEBD con PEAD en termoencogimiento son realizadas con miras a reducir espesores y mejorar las propiedades mecánicas de las películas. Otro polietileno de interés comercial es el Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD), el cual al igual que el PEAD también es mezclado con el PEBD para obtener películas que exhiban un mejor desempeño con la incorporación de éste; lo cual busca lograr una mayor aceptación por parte del empaquetador y usuario final del empaque<sup>17</sup>.

## **4.6 Indicador de eficiencia global de empaque**

### **4.6.1 OEE**

Este proyecto aplicado tiene una gran ventaja ya que la empresa cuenta con un sistema que mide la eficiencia del área de empaque al evaluar las variables disponibilidad, calidad y rendimiento de los equipos de empaque de pastas, lo cual

---

<sup>16</sup> HUAYAMAVE SARMIENTO. Ibid, p. 33

<sup>17</sup> MUJICA VILORIA, Francy Fabiola. Estudio del proceso de termoencogimiento de películas de polietilenos. Sartenejas, 2007.

permite recolectar datos consolidados de OEE e incluso definir el rango de tiempo que se requiera visualizar.

El OEE se describe como un componente de la metodología TPM (Total Productive Maintenance) en el libro “TPM tenkai”<sup>18</sup>. Este indicador evalúa todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad, los cuales miden la productividad de un proceso o máquina; así mismo informa sobre las pérdidas e interrupciones del proceso y enlaza la toma de decisiones y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones<sup>19</sup>.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad} \quad (1)$$

En general, según Bances, al multiplicar los tres componentes expresados anteriormente, este se convierte en un indicador que refleja el cociente entre lo que se está fabricando y lo que en teoría debería estarse fabricando durante un periodo de tiempo concreto<sup>20</sup>.

Es el indicador de la Efectividad Global del Equipo, comprendiendo Equipo como la maquinaria que se utiliza en la empresa. La virtud del OEE frente a otros indicadores es que mide todos los parámetros fundamentales en la producción: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. Se menciona que engloba todos los parámetros fundamentales porque del análisis de las tres razones que forman el OEE, es posible saber si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por disponibilidad (la maquinaria estuvo parada), eficiencia (la maquinaria estuvo funcionando a menos de su capacidad) o calidad (se han elaborado unidades imperfectas).

Para Cruelles Ruiz, el valor de OEE permite calificar las líneas de producción respecto a las mejores de su clase que ya alcanzaron cierto nivel de excelencia<sup>21</sup>.

---

<sup>18</sup> NAKAJIMA, Seiichi. Metodología TPM (Total Productive Maintenance). Tokyo - Japón, 1982.

<sup>19</sup> TOALA ROBLES, Hugo Fernando y ZAMBRANO MONTESDEOCA, Mariana. Diseño de un sistema de gestión y control operacional para una empresa que se dedica a la comercialización de repuestos de vehículos y servicios de reparación cuyas instalaciones se encuentran ubicadas en la ciudad de Guayaquil. Guayaquil, 2009.

<sup>20</sup> BANCES CRUZ, Luis Carlos. Aplicación de un sistema de indicadores de efectividad global de equipos y su incidencia en el mejoramiento del proceso de fabricación de puntas de bolígrafos. Lima, 2017.

<sup>21</sup> CRUELLES RUIZ, José Agustín. La teoría de la medición del despilfarro. Toledo, España, 2010.

De acuerdo con Ucelo, para determinar una conclusión de la técnica OEE, se presenta la siguiente clasificación<sup>22</sup>:

Tabla 1 Clasificación de OEE.

OEE	Calificación	Característica
<65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad
≤65% a <75%	Regular	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad
≤75% a <85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
≤95%	Excelencia	Valores World Class. Excelente competitividad

Fuente: (Ucelo 2008).

La implementación del sistema de indicadores OEE (Overall Effectiveness Equipment) contribuye a encontrar las causas exactas de la variación de tiempos para poder explicarlas y atacarlas. Además, brinda una herramienta de análisis y soporte para las decisiones relacionadas con modificaciones en los equipos, en el personal, en la materia prima o en cualquier otro recurso utilizado en el proceso<sup>23</sup>.

#### 4.6.2 Disponibilidad

La disponibilidad resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo por el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo, en este caso, el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo es el tiempo total menos los periodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, etc., lo que se denominan Paradas Programadas<sup>24</sup>.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{TTL} - \text{DPP} - \text{DPNP}}{\text{TTL} - \text{DPP}} * 100\% \quad (2)$$

TTL: Tiempo Total Laborado

DPP: Duración Paradas Programadas

DPNP: Duración Paradas No Programadas

<sup>22</sup> UCELO LEZANA, Astrid Roxana. Op. Cit., p. 54

<sup>23</sup> CASILIMAS MACIAS, Carlos Leonardo y POVEDA QUINTERO, Roberth Adrián. Implementación del Sistema de Indicadores de Productividad y Mejoramiento OEE (Overall Effectiveness Equipment) en la Línea Tubería en Corpacero S.A. Bogotá, 2012.

<sup>24</sup> PROALNET. Manual de usuario de la plataforma Proalnet. 2017. p. 161.

### 4.6.3 Rendimiento

Este se afecta por la reducción en la velocidad. El Rendimiento resulta de dividir la cantidad de paquetes realmente producidos por la cantidad de paquetes que se podrían haber producido. La cantidad de paquetes que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal de la máquina<sup>25</sup>.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{TUP}}{\text{PE}} * 100\% \quad (3)$$

TUP: Total Unidades Producidas

$$\text{PE: Producción Esperada} = \text{VE} * \text{TM} \quad (4)$$

VE: Velocidad Estándar

TM: Tiempo Máquina

### 4.6.4 Calidad

Indica qué porcentaje de lo producido pasó los controles de calidad y es considerado como apto para el cliente.

$$\text{Calidad} = 1 - \left( \frac{\text{UD}}{\text{TUP}} \right) * 100\% \quad (5)$$

UD: Unidades Desperdiciadas

TUP: Total Unidades Producidas

Las unidades desperdiciadas (UD) pueden ser por:

- Peso fuera de especificación.
- Paquete mal sellado.
- Paquete picado (ocurre cuando la pasta se cruza en la línea de sellado siendo atrapada por la mordaza).
- Paquete vacío por falla en el multicabezal.

---

<sup>25</sup> Ibid, p. 163.

## **5 METODOLOGÍA**

### **5.1 Materiales y métodos**

Para iniciar un batch (lote - turno), el sistema requiere de código de operario y orden de producción como insumo para iniciar medición.

En este punto, no hay datos históricos, ya que el proyecto apenas inicia.

Ya en el proceso de empaque, el insumo son los códigos de parada que ingresa el operario.

Cada referencia tiene asignados unos valores específicos de velocidad de producción de empaque (unidades que se deberían producir de ese material por hora).

La variación de la velocidad de cada referencia está influenciada por el gramaje del paquete.

Una referencia es un producto que se va a empacar; puede ser cualquiera de las 3 marcas y tener cualquier gramaje (depende de las necesidades del área de Planeación).

Tiempo de proceso: Está comprendido en 8 horas (480 min) equivalentes a 1 turno, de este tiempo se desglosan los tiempos efectivos de empaque y de paradas.

Las listas de paradas programadas y no programadas se mostrarán en el estado inicial de la planta, las cuales se irán revisando con el fin de hacer los ajustes necesarios al proceso.

#### **5.1.1 Variables de entrada**

Toda la información permite obtener unas variables de entrada, las cuales son los valores de disponibilidad, calidad y rendimiento de las empacadoras.

#### **5.1.2 Variables de salida**

Valores del indicador OEE.

Tabla 2 Variables de entrada y salida

VARIABLES DE ENTRADA	DEPENDENCIA
<b>Disponibilidad</b>	Tiempo total laborado
	Tiempo de paradas programadas
	Tiempo de paradas no programadas
<b>Rendimiento</b>	Unidades producidas
	Producción esperada
<b>Calidad</b>	Unidades totales fabricadas
	Unidades desperdiciadas

VARIABLE DE SALIDA	DEPENDENCIA
<b>OEE</b>	Disponibilidad
	Rendimiento
	Calidad

## 5.2 Diseño de investigación

### 5.2.1 Formulación de hipótesis

**Hipótesis nula: H<sub>0</sub>** La documentación y análisis del indicador OEE no mejora la eficiencia de empaque de pastas cortas.

**Hipótesis alternativa: H<sub>1</sub>** La documentación y análisis del indicador OEE mejora la eficiencia de empaque de pastas cortas.

### 5.2.2 Modalidad de la investigación

Se tiene definida una variable de interés que es el OEE, el cual es producto de la multiplicación del rendimiento, calidad y disponibilidad en ambas empacadoras:

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

La información de estas se recoge directamente de la fuente, por lo tanto, es un estudio de campo.

### 5.2.3 Tipo de investigación

Esta investigación es exploratoria ya que se busca entender el proceso de empaque de pastas cortas (cuantitativamente) y el impacto de las paradas en la eficiencia, luego se torna descriptiva porque, al tener un primer panorama del estado del indicador, hace un corte en el tiempo (6 meses), comparando los valores mes a mes, para ver los cambios que produce la herramienta de medición del OEE.

El diseño no es experimental ya que, por ser una investigación aplicada, se midieron las variables de interés mediante un estudio de tipo transversal, es decir, se observó el proceso a través del tiempo, registrando los valores de las variables rendimiento, calidad, disponibilidad y OEE para descubrir las causas que generaban baja productividad. Estas variables son independientes y no se manipularon de forma intencionada.

### 5.2.4 Muestra

Las muestras se tomaron durante un período de 6 meses en 2 empacadoras de pastas cortas (empacadoras A y B), estas trabajan en 3 turnos/día, cada turno es de 8h.

Se utilizó, para determinar las causas de parada, gráficos de Pareto y de barras porcentuales generados en Excel.

Los datos obtenidos se analizaron con el software estadístico Statgraphics Centurion 16.2.04<sup>26</sup> con el fin de observar la influencia de las variables de entrada, como rendimiento, calidad y disponibilidad en la variable de salida OEE.

Para determinar la normalidad de los datos, se realizó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (K-S), la cual se utiliza para contrastar la hipótesis nula de que la distribución de una variable se ajusta a una determinada distribución teórica de probabilidad. Pero a diferencia de otras pruebas no paramétricas (Chi-cuadrado, binomial o rachas), que han sido diseñadas más bien para evaluar el ajuste de variables categóricas, la prueba de K-S para una muestra se acopla mejor a situaciones en las que interesa evaluar el ajuste de variables cuantitativas<sup>27</sup>. Esta

---

<sup>26</sup> STATGRAPHICS TECHNOLOGIES, INC. Statgraphics Centurion. Versión 16.3.04, Windows, 2013.

<sup>27</sup> PARDO MERINO, Antonio y RUIZ DÍAZ, Miguel Ángel. Análisis de datos con SPSS 13 Base. Madrid: McGraw-Hill, 2005.

prueba es más potente que la Chi-cuadrado, especialmente cuando el tamaño de la muestra es pequeño y el nivel de medición de la variable es ordinal<sup>28</sup>.

### **5.2.5 Información bibliográfica**

Se utilizaron artículos y tesis relacionados con los conceptos del OEE y su implementación en distintas empresas.

### **5.2.6 Recolección de la información**

Para la medición inicial, mes 1, se creó una tabla de paradas general mediante un sondeo con los operarios y auxiliares de empaque, además del personal involucrado en actividades de mantenimiento.

Se realizó capacitación al personal de la planta. Esta consistió en explicar la forma en que se calculan las variables calidad, disponibilidad, rendimiento y OEE.

Al iniciar las mediciones, se realiza capacitación y acompañamiento en el puesto de trabajo, practicando lo visto.

Con los datos de rendimiento, calidad, disponibilidad y OEE recolectados desde el sistema se hizo un análisis y ajuste de los tiempos de paradas programadas.

1. La base de datos se actualizó en cuanto a los códigos de cada material (referencia). En el módulo de datos maestros (lista de materiales) se ingresó el código de material y se asoció a cada empacadora.
2. En el módulo de datos maestros (lista de materiales) se definieron e ingresaron las velocidades de empaque (debido a que se tienen distintos formatos de pasta corta y gramajes, las velocidades de empaque son distintas).
3. Se realizó una revisión a las 2 empacadoras para determinar las paradas obvias que garantizan el proceso de empaque.
4. En el módulo de datos maestros (lista de paradas) se ingresaron las paradas de las líneas (determinadas en el paso anterior) que son necesarias para su funcionamiento (paradas programadas), p. ej. alistamientos.

---

<sup>28</sup> GÓMEZ-GÓMEZ, Manuel; DANGLOT-BANCK, Cecilia, y VEGA-FRANCO, Leopoldo. Nonparametric statistical tests synopsis. When are they used? Revista mexicana de pediatría, v. 70, n. 2, pp. 91-99, 2003.

5. En el módulo de datos maestros (lista de paradas) se ingresaron las paradas por fallas (paradas no programadas), p. ej. las relacionadas con la parte mecánica y eléctrica de las empacadoras.
6. Se evaluó mes a mes el comportamiento del indicador para identificar las causas de disminución del rendimiento que son susceptibles de mejora y se retroalimentó al personal constantemente con el fin de concientizarlo sobre la importancia de que todo esté registrado para minimizar el sesgo.

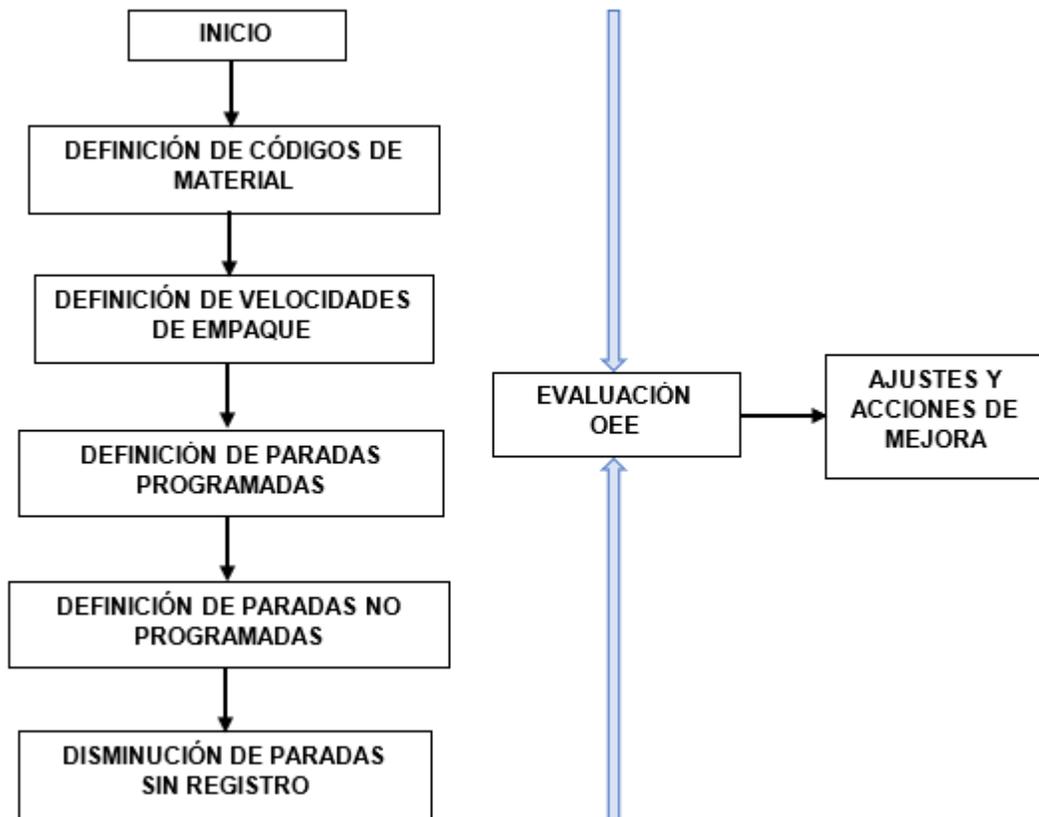


Diagrama 1 Ajuste y seguimiento de OEE

### 5.2.7 Pasos para calcular el OEE

Ejemplo de cálculo de OEE

Material XY:

Peso: 400 g

Velocidad de empaque: 60 paquetes/min

Tiempo total: 8 horas (480 min)

Tiempo de paradas (programadas) por cambios de rollo de lámina, termoencogible, etc.: 50 min

Tiempo de paradas (no programadas) por falla en la mordaza: 90 min

Paquetes Defectuosos: 240

Paquetes producidos: 18800

Producción esperada =  $60 \frac{\text{pqte}}{\text{min}} * 340 \text{ min} = 20400 \text{ pqte}$

Rendimiento =  $\frac{18800}{20400} * 100\% = 92.16\%$

Disponibilidad =  $\frac{480 \text{ min} - 50 \text{ min} - 90 \text{ min}}{480 \text{ min} - 50 \text{ min}} * 100\% = 79.10\%$

Calidad =  $1 - \left(\frac{240}{20400}\right) * 100\% = 98.82\%$

**OEE = 92.16 \* 79.10 \* 98.82 = 72.04%**

En un turno se pueden empacar varias referencias y el sistema siempre realiza los mismos cálculos para cada una de ellas.

Al arrojar un reporte, el valor de OEE es el promedio de todos los OEE's calculados en el rango de tiempo seleccionado.

## **6 DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **6.1 Propuestas para realización de mediciones y mejora del sistema**

Además de toda la puesta en marcha del sistema en el cual se crearon las bases de datos (creación de lista de materiales, velocidades de empaque, lista de paradas programadas y no programadas, capacitaciones), se realizaron otras actividades durante los meses de medición orientadas a obtener datos más precisos.

En este punto se modificaron las listas de paradas no programadas y programadas como insumo para hacer las mediciones. Se adquirió un sistema de visualización en tiempo real, además de realizar ajustes al proceso de enfardado y actualización de velocidades estándar, también se ajustaron los tiempos en que el sistema pide código de parada para disminuir las paradas sin registro (también relacionadas con micro paradas).

#### **6.1.1 Ajuste de lista de paradas no programadas**

El proyecto inició con una lista de paradas no programadas, las cuales se fueron revisando con el fin de hacer los ajustes necesarios al proceso; desde el primer mes y hasta el tercer mes se actualizó la lista; esta era más simple, pero se agrupó aún más, se quitaron y adicionaron otras paradas para darle más especificidad.

La agrupación de la lista en subconjuntos facilita a los operarios el ubicar rápidamente la parada que deben ingresar de acuerdo con la falla presentada y evitar la parada sin registro. El sistema consta de un equipo servidor al cual llegan los datos de paradas ingresados por los operarios. Cada equipo cuenta con una pantalla táctil con la que el operario interactúa.

En la medición inicial no había datos históricos ya que era la primera vez que se realizaba. A partir de los datos obtenidos se compararon los siguientes meses.

La lista muestra el código de cada parada y en seguida la descripción de la falla, códigos que el operario debe ingresar en la pantalla táctil (ver anexo A).

### **6.1.2 Ajuste de lista de paradas programadas**

El proceso inició con una lista de paradas programadas; los tiempos definidos para el inicio de las mediciones también están sujetos a ajuste de acuerdo con el comportamiento del indicador a través del tiempo. Para este tipo de paradas no hay datos históricos ya que es la primera vez que se realiza la medición.

Dado que las paradas programadas son necesarias para continuar el proceso de empaque, es decir, siempre habrán paradas para cambiar un rollo de lámina o de termoencogible, la frecuencia no es importante, ya que sólo depende de las necesidades del proceso (ver anexo B).

### **6.1.3 Reducción de tiempos de cambio**

Desde el segundo mes se realizó histograma para determinar cuáles de estas paradas programadas son las más necesarias en el proceso de empaque con el fin de tratar de disminuir el tiempo que se toma en su ejecución (ver anexo B).

Dado que los tiempos reales de algunas paradas programadas son menores a los propuestos al inicio, se redujeron para tener un estándar más exigente (ver anexos C - G).

### **6.1.4 Ajuste para ingreso de paradas**

Es necesario que todas las paradas queden registradas (ya que tienen influencia en la disponibilidad de las empacadoras, que a su vez afecta el indicador OEE) para poder ser analizadas posteriormente.

Desde el segundo mes se revisaron los tiempos de ingreso de parada en el sistema. La pregunta "Código de parada" se visualizan cuando la empacadora entra en parada, esto sucede una vez el sensor deja de detectar señal del puesto de trabajo durante un tiempo determinado.

Tiempo determinado (Tiempo Espera Parada): Tiempo configurado en la base de datos por producto y empacadora el cual indica que una vez se excede dicho tiempo la máquina no está trabajando. Por defecto estaba en 10 segundos, pero este tiempo se ajustó a 60 segundos.

Luego aparece en pantalla la opción de ingresar el código. Esta opción desaparece después de 10 segundos o si la empacadora arranca. Se ajustó a 30 segundos para

que el operario alcance a ingresar el código buscando disminuir las paradas sin registro.

Hay micro paradas, las cuales se dan principalmente por causas sencillas: problemas de calidad, pequeños atasques, etc., pudiendo ser solventadas por el propio personal de producción sin necesidad de intervención del equipo de mantenimiento y requiriendo, normalmente, menor tiempo de reparación<sup>29</sup>. Las paradas sin registro son un reflejo de la presencia de micro paradas, por esto se mejoraron los tiempos de registro en el sistema.

Todas las actividades descritas anteriormente estuvieron acompañadas de la realimentación constante al personal operativo y de mantenimiento para aclarar dudas y empezar a concientizar sobre la importancia de la herramienta OEE.

### **6.1.5 Ajuste distribución del área y cercanía de insumos**

Dado que la distancia entre las estanterías de lámina y termoencogible se encuentran a 15 metros de distancia de las empacadoras, se adquirieron estibas plásticas inyectados en polietileno, con medidas 60 x 60x 2,5 cm de alto, tipo rejilla con acceso para ensamblar por tres lados. Esto para que durante el proceso de empaque el operario y auxiliar hagan un prelistamiento de los rollos que van a usar; al tener cerca estos insumos se disminuyen los tiempos de cambio.

### **6.1.6 Gestión visual**

Como técnica Lean Manufacturing destacada para esta etapa de arranque de mediciones, fue muy importante el control visual, que es un conjunto de medidas de comunicación que persigue reflejar, de forma sencilla y clara, el estado del sistema de productivo. Este busca mantener informado al personal sobre cómo sus esfuerzos afectan los resultados y darles la responsabilidad de alcanzar sus metas<sup>30</sup>.

---

<sup>29</sup> BARRERA CASTELLANO, Paloma. Estudio de una línea de envasado y aplicación de la Metodología TPM para el aumento de su eficiencia, mediante la reducción de pequeñas paradas en un equipo agrupador de envases de latas. Sevilla, 2011.

<sup>30</sup> HERNÁNDEZ MATÍAS, Juan Carlos y VIZÁN IDOÍPE, Antonio. Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación. Madrid, 2013, p. 54.

### **6.1.6.1 Tablero de gestión**

Desde el primer mes se instaló un tablero en el cual se coloca semanalmente la información relacionada con rendimiento, disponibilidad, calidad y OEE, además de paradas in registro; también hay datos del proceso de elaboración de las pastas y turnos del personal.

### **6.1.6.2 Sistema de visualización en tiempo real**

En el cuarto mes se adquirió un módulo que consta de una pantalla de gran tamaño y resolución en la cual se pueden observar las unidades empacadas, los valores de disponibilidad, rendimiento, calidad y OEE por empacadora en tiempo real, además de mostrar las paradas sin registro acumuladas durante el turno. También se muestran los paquetes empacados y la cantidad de paquetes a empacar. Esto permite al asociado estar pendiente del proceso de ingreso de paradas al sistema, además de mantener las velocidades óptimas de empaque.

A los ingenieros del área de Mantenimiento también se les dio acceso este módulo, mejorando los tiempos de respuesta en la atención de la falla presentada, además de la programación de mantenimientos preventivos.

### **6.1.7 Ajuste del proceso de enfardado**

Hacia el quinto mes se realiza una revisión del proceso de enfardado.

Durante el proceso de enfardado existen 2 configuraciones: 1 fila o 2 filas. La primera configuración permite mayor velocidad de acomodamiento de los paquetes, pero en el desplazamiento hacia el horno estos pueden deslizarse, generando un fardo de forma irregular que debe ser reprocesado, afectando la calidad.

Configuración 1 para fardo por 24 unidades:

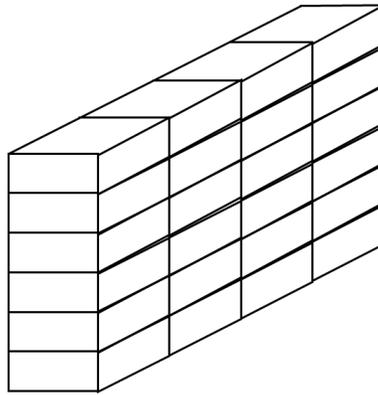


Ilustración 1 Enfardado configuración 1 fila

Como mejora, se empezó a utilizar la segunda configuración (2 filas), en la cual se trabaja a menor velocidad, pero de manera más constante ya que el fardo es más firme, por eso se reajustaron las velocidades estándar.

Configuración 2 para fardo por 24 unidades:

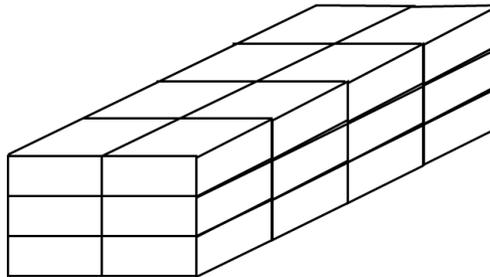


Ilustración 2 Enfardado configuración 2 filas

### 6.1.8 Ajuste para actualización de velocidades

En el quinto mes, y debido a los cambios realizados en el proceso de enfardado, en esta etapa se ejecutó una revisión de las velocidades estándar (ver anexo H).

La velocidad, ajustada a la realidad del proceso, generará datos objetivos en cuanto al rendimiento. Esta depende del gramaje y el tipo de formato (forma de cada pieza de pasta).

Esto contribuye a reducir las pérdidas por baja velocidad o capacidad reducida, aumentando el rendimiento.

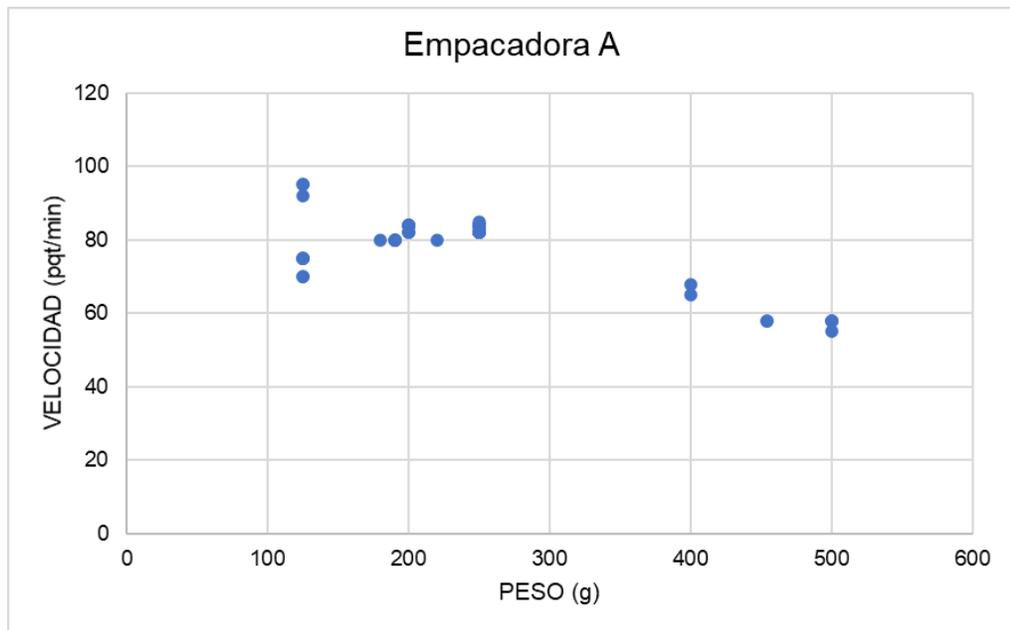


Diagrama 2 Relación gramaje-velocidad empacadora A

La mayoría de las referencias cuyo peso está entre 200g y 250g se empacan a velocidad de 84 pqt/min. Las referencias de mayor peso por paquete requieren de velocidades menores de empaque, como el caso de los gramajes 400g y 500g que se empacan a 60 - 65 pqt/min.

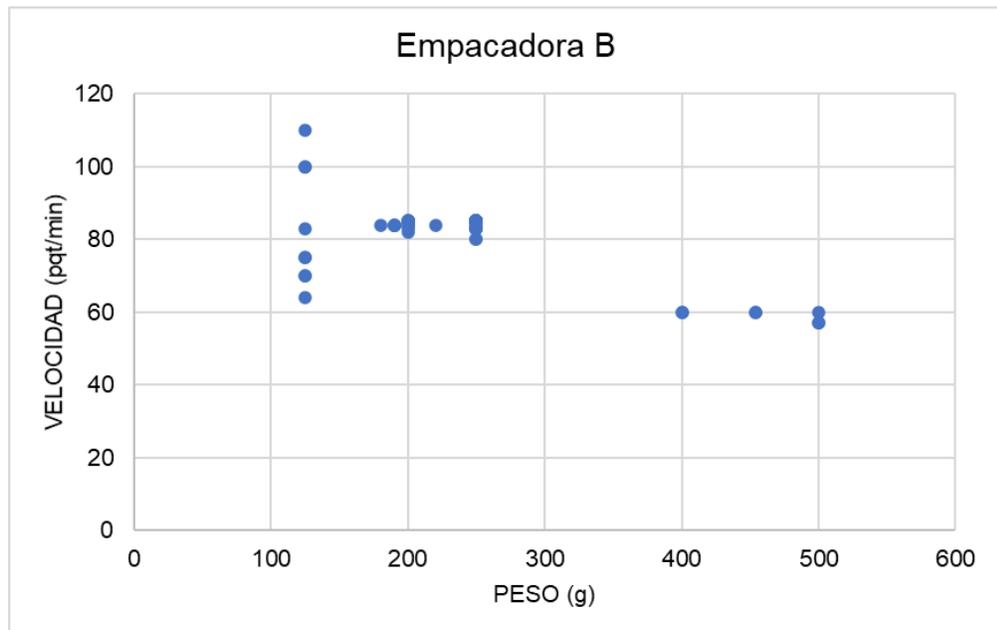


Diagrama 3 Relación gramaje-velocidad empacadora B

La mayoría de las referencias cuyo peso está entre 200g y 250g se empacan a velocidades de 84-85 pqt/min. Las referencias de mayor peso por paquete requieren de velocidades menores de empaque, como el caso de los gramajes 400g y 500g que se empacan a 60 pqt/min.

## 7 RESULTADOS

### 7.1 OEE General

Tabla 3 Indicador general pastas cortas

TIEMPO	VARIABLES EN ESTUDIO			VARIABLE DE RESPUESTA
	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
1 (INICIO)	74%	87%	96%	61%
2	79%	85%	96%	65%
3	79%	85%	98%	65%
4	80%	86%	98%	67%
5	79%	95%	98%	73%
6	79%	92%	97%	71%

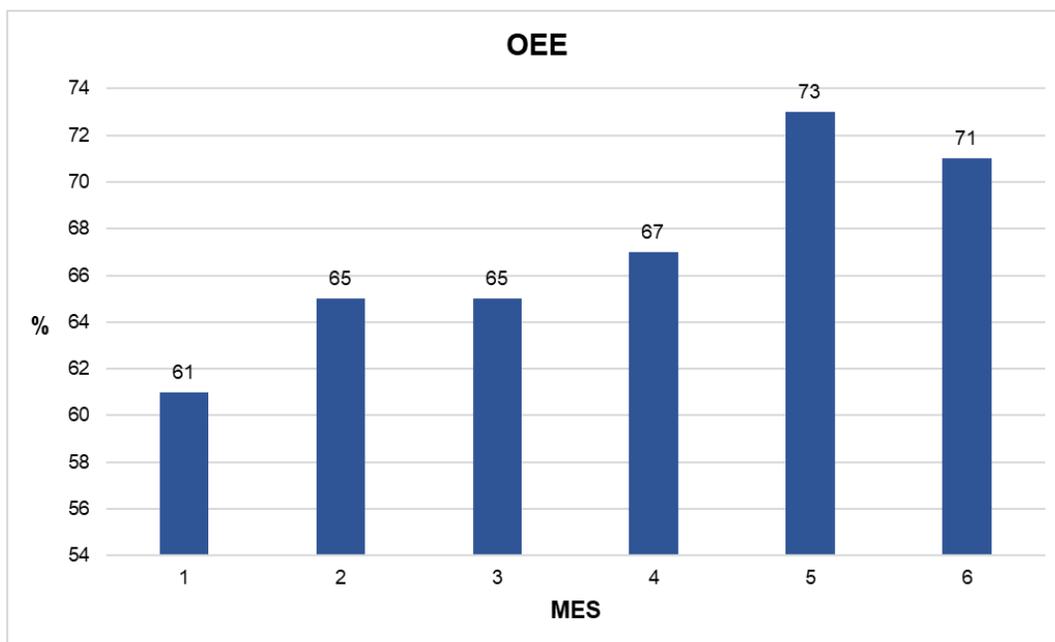


Diagrama 4 Indicador general pastas cortas

Tras seis meses de iniciada la implementación del indicador OEE, se logró aumentar este valor de 61% (inicio) a 71% en las empacadoras A y B; el comportamiento observado indica que podría aumentar más a través del tiempo, además se observa un incremento en los kilogramos de pasta producidos dado que ahora hay silos disponibles para almacenarla:

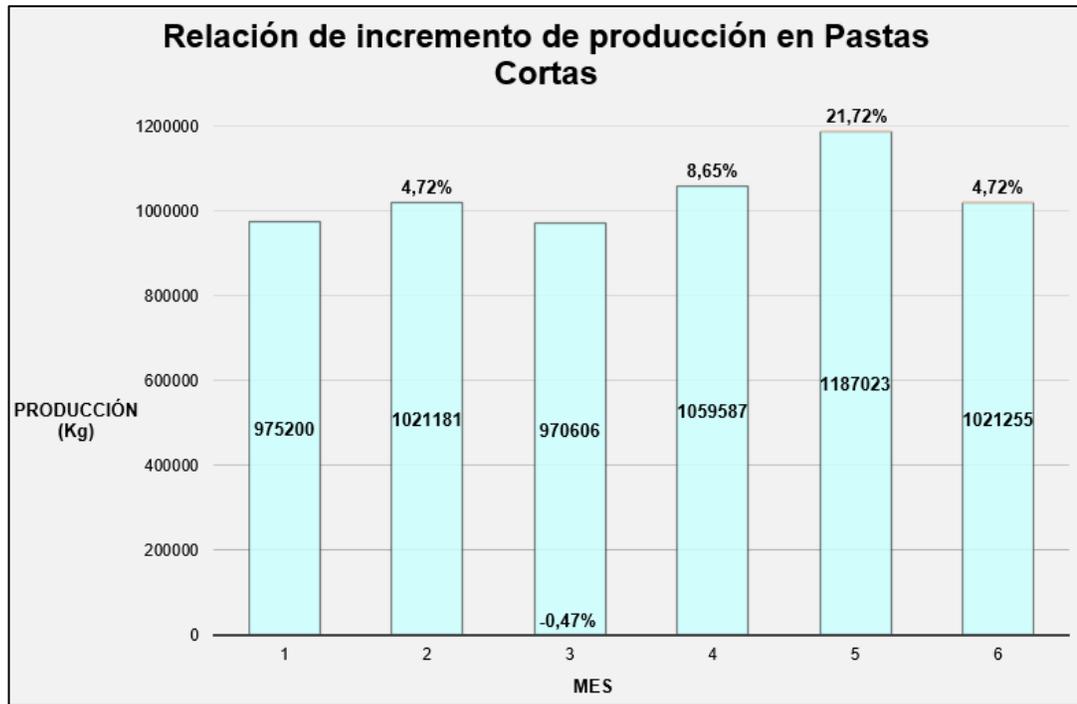


Diagrama 5 Incremento producción pastas cortas

Se observó un incremento en los kilogramos prensados. En el quinto mes se demostró que se puede planear 20% más de producción, lo cual puede ayudar a incentivar una mayor demanda de productos.

## 7.2 Indicadores por máquina

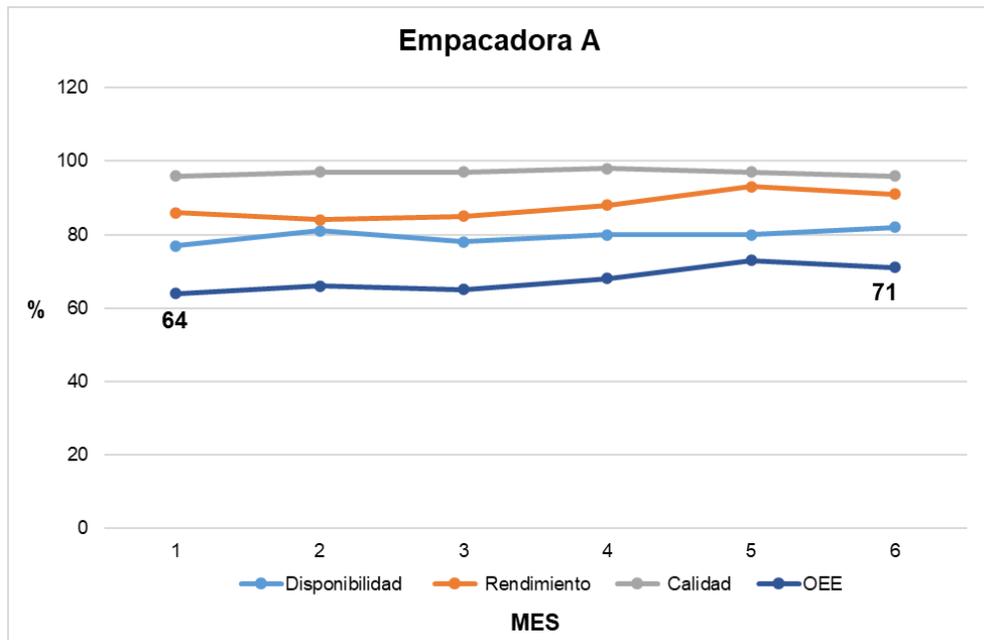


Diagrama 6 Comportamiento de variables empacadora A

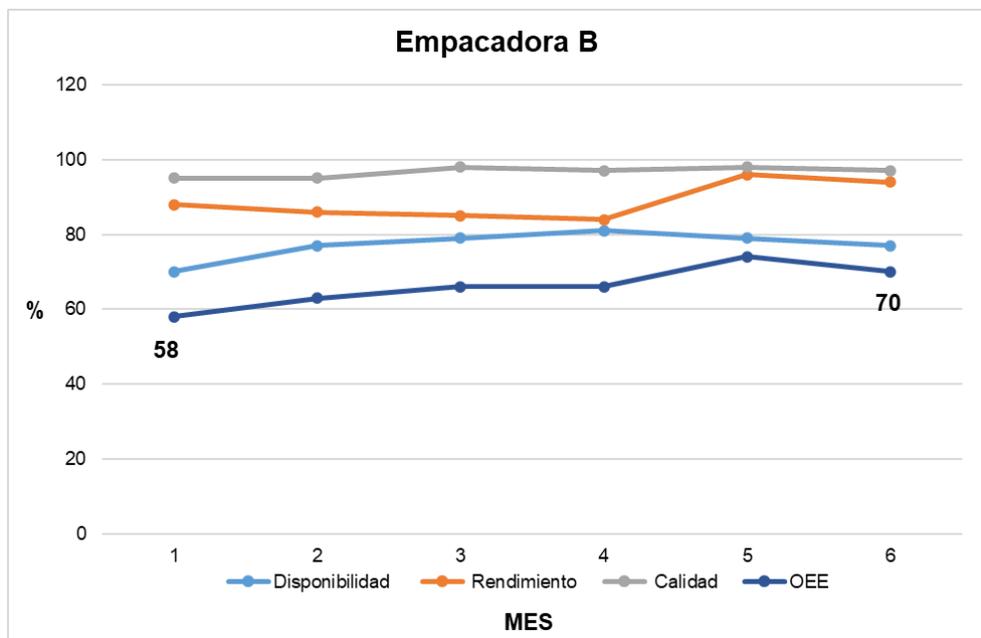


Diagrama 7 Comportamiento de variables empacadora B

La máquina A tuvo un aumento de 7 puntos de OEE (Inicio: 64%, final: 71%)

La máquina B tuvo un aumento de 12 puntos de OEE (Inicio: 58%, final: 70%)

Se observa que, aunque la empacadora B desde el inicio tuvo valores más bajos de OEE, desde el tercer mes, estos fueron similares a los de la empacadora A. Esto se debe a que la empacadora A desde el inicio presentó una disponibilidad más alta.

La empacadora B sacó más provecho del ajuste que se realizó al proceso de enfardado, que a su vez llevó a ajustar las velocidades estándar. Este incremento en el rendimiento se observa entre el cuarto y quinto mes.

Tabla 4 Variables en estudio máquina

MES	EMPACADORA	VARIABLES EN ESTUDIO			VARIABLE DE RESPUESTA
		Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
1 (INICIO)	EMP PC A	77%	86%	96%	64%
	EMP PC B	70%	88%	95%	58%
	<b>Total general</b>	<b>74%</b>	<b>87%</b>	<b>95%</b>	<b>61%</b>
2	EMP PC A	81%	84%	97%	66%
	EMP PC B	77%	86%	95%	63%
	<b>Total general</b>	<b>79%</b>	<b>85%</b>	<b>96%</b>	<b>65%</b>
3	EMP PC A	78%	85%	97%	65%
	EMP PC B	79%	85%	98%	66%
	<b>Total general</b>	<b>79%</b>	<b>85%</b>	<b>98%</b>	<b>65%</b>
4	EMP PC A	80%	88%	98%	68%
	EMP PC B	81%	84%	97%	66%
	<b>Total general</b>	<b>80%</b>	<b>86%</b>	<b>98%</b>	<b>67%</b>
5	EMP PC A	80%	93%	97%	73%
	EMP PC B	79%	96%	98%	74%
	<b>Total general</b>	<b>79%</b>	<b>95%</b>	<b>97%</b>	<b>73%</b>
6	EMP PC A	82%	91%	96%	71%
	EMP PC B	77%	94%	97%	70%
	<b>Total general</b>	<b>79%</b>	<b>92%</b>	<b>97%</b>	<b>71%</b>

Se verificó que los datos sigan una distribución normal:

Tabla 5 Prueba de Kolmogorov-Smirnov OEE empacadoras A y B

OEE	
Normal	
DISTANCIA MAS	0,171023
DISTANCIA MENOS	0,104365
KOLMOGOROV	0,171023
Valor-P	0,874129

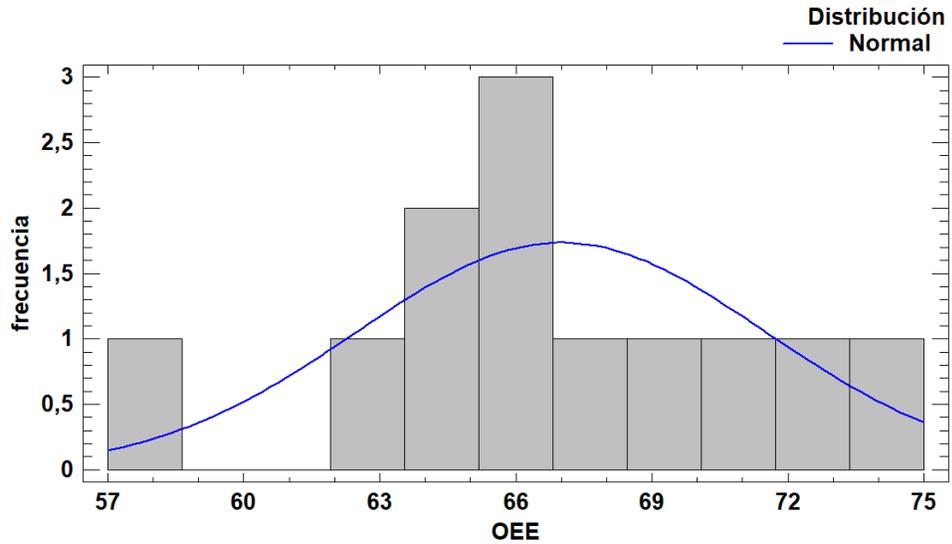


Diagrama 8 Histograma para OEE

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que los datos de OEE obtenidos durante el semestre provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

El tamaño de la muestra puede afectar la apariencia final de la gráfica. Debido a que se tienen pocos datos ( $n=12$ ), el histograma no muestra exactamente la distribución. En la primera medición, la empacadora B tuvo un OEE de 58%, se observa un espacio ya que el resto de valores durante el proyecto se movió entre 63% y 74%.

Se realizó análisis de varianza para contrastar las hipótesis formuladas en el capítulo 2, además de observar cuáles variables tuvieron mayor influencia en la eficiencia:

Tabla 6 Análisis de varianza para OEE máquinas A y B

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P (95%)
A: Disponibilidad	7,33345	1	7,33345	1604,67	0,0006
B: Rendimiento	6,51581	1	6,51581	1425,76	0,0007
C: Calidad	0,284017	1	0,284017	62,15	0,0157
AA	1,18853	1	1,18853	260,07	0,0038
AB	1,52962	1	1,52962	334,70	0,0030
AC	0,816285	1	0,816285	178,62	0,0056
BB	1,06602	1	1,06602	233,26	0,0043
BC	0,680947	1	0,680947	149,00	0,0066
CC	0,828425	1	0,828425	181,27	0,0055
Error total	0,00914014	2	0,00457007		
Total (corr.)	224,0	11			

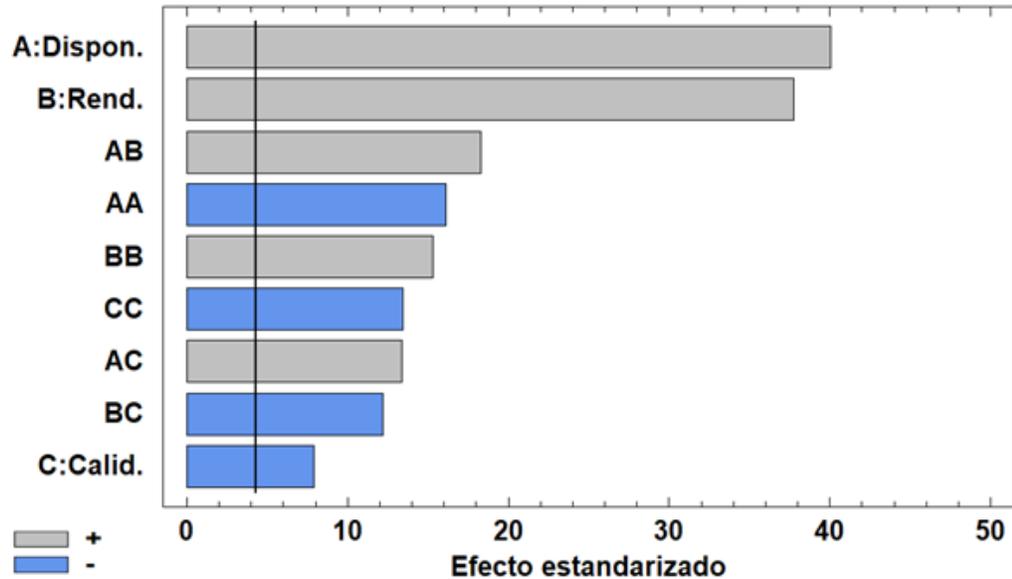


Diagrama 9 Pareto estandarizado para OEE empacadoras

9 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%, por lo cual se rechaza la hipótesis nula ya que sí se observó una mejora del indicador de eficiencia OEE.

Se pudo observar que las variables disponibilidad y rendimiento, así como su interacción, tuvieron más influencia en la mejora del indicador OEE respecto a la medición inicial para ambas empacadoras. Las tres variables resultaron tener efectos significativos en el proceso, aumentando el OEE respecto a la medición

inicial. Este incremento en la eficiencia permitió a su vez aumentar la cantidad de toneladas prensadas en la línea de pastas cortas (ver diagrama 5).

### 7.3 Indicadores por operario

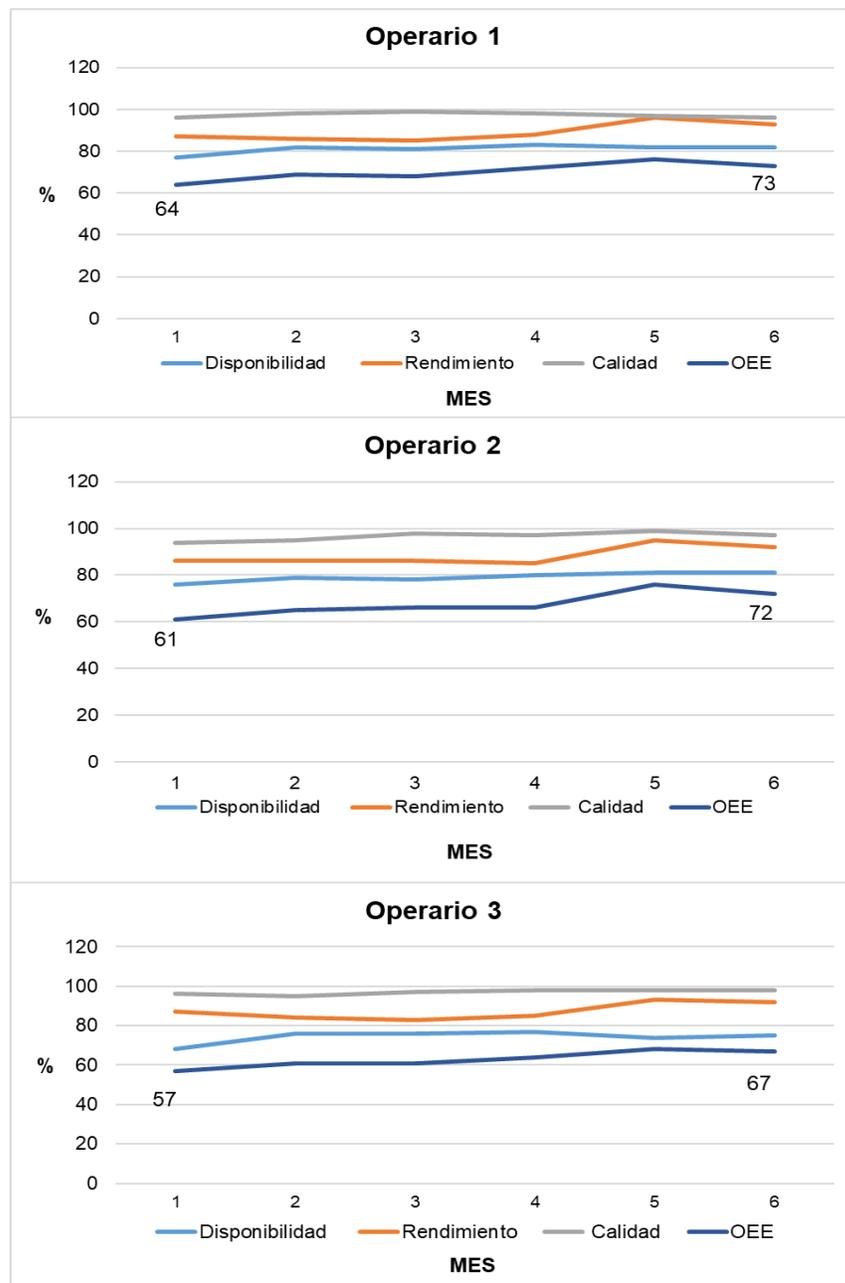


Diagrama 10 Comportamiento de variables operarios

En general, los operarios tuvieron un aumento del OEE: 9 puntos (operario 1), 11 puntos (operario 2) y 10 puntos (operario 3) respecto a la medición realizada en el primer mes.

El operario 3 tuvo un aumento considerable en su OEE, teniendo en cuenta su falta de experiencia, ya que está ocupando el cargo un poco antes de iniciar el proyecto.

Tabla 7 Variables en estudio operarios

MES	OPERARIO	VARIABLES EN ESTUDIO			VARIABLE DE RESPUESTA
		Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
1 (INICIO)	1	77%	87%	96%	64%
	2	76%	86%	94%	61%
	3	68%	87%	96%	57%
	<b>Total general</b>	<b>74%</b>	<b>87%</b>	<b>95%</b>	<b>61%</b>
2	1	82%	86%	98%	69%
	2	79%	86%	95%	65%
	3	76%	84%	95%	61%
	<b>Total general</b>	<b>79%</b>	<b>85%</b>	<b>96%</b>	<b>65%</b>
3	1	81%	85%	99%	68%
	2	78%	86%	98%	66%
	3	76%	83%	97%	61%
	<b>Total general</b>	<b>79%</b>	<b>85%</b>	<b>98%</b>	<b>65%</b>
4	1	83%	88%	98%	72%
	2	80%	85%	97%	66%
	3	77%	85%	98%	64%
	<b>Total general</b>	<b>80%</b>	<b>86%</b>	<b>98%</b>	<b>67%</b>
5	1	82%	96%	97%	76%
	2	81%	95%	99%	76%
	3	74%	93%	98%	68%
	<b>Total general</b>	<b>79%</b>	<b>95%</b>	<b>98%</b>	<b>73%</b>
6	1	82%	93%	96%	73%
	2	81%	92%	97%	72%
	3	75%	92%	98%	67%
	<b>Total general</b>	<b>79%</b>	<b>92%</b>	<b>97%</b>	<b>71%</b>

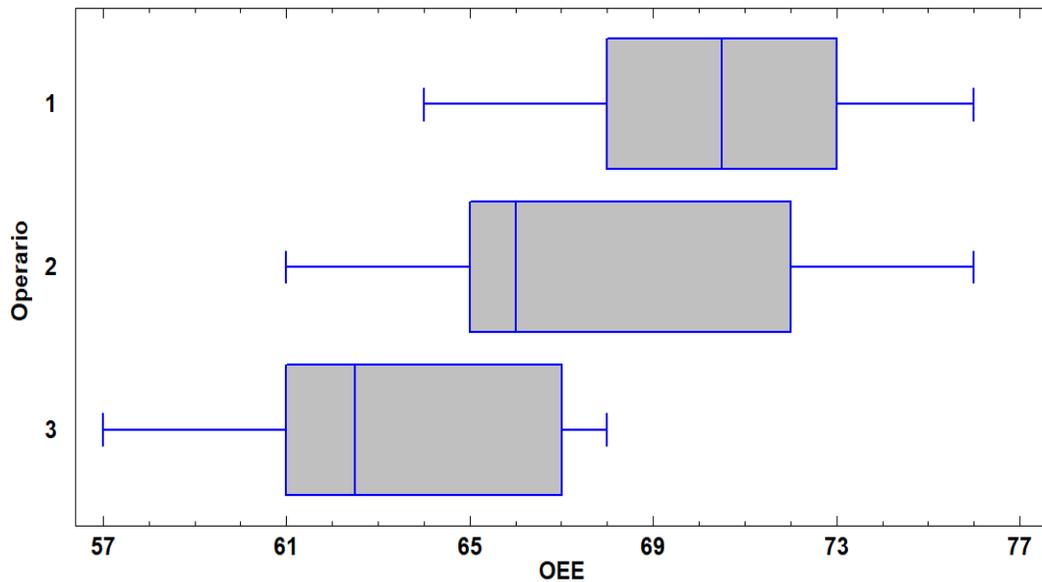


Diagrama 11 OEE Operarios

El gráfico de caja permite describir visualmente la distribución de datos; con este diagrama, rápidamente se puede detectar cualquier sesgo en la forma de la distribución y ver si hay algunos resultados atípicos en el conjunto de datos<sup>31</sup>.

Sobre la distribución de los valores de OEE para los tres operarios, el operario 1 presenta una distribución más simétrica respecto a los operarios 2 y 3, los cuales tienen la recta mediana a la izquierda del centro, indicando que las distribuciones están sesgadas a la derecha. El operario 2, aunque tuvo menor OEE que el 1, fue quien más incrementó este valor durante el proyecto (11%). No se presentaron datos atípicos.

La falta de experiencia en las personas puede afectar significativamente el proceso de empaque y de medición ya que, al aprendizaje de las funciones como operario, se debe adicionar el proceso de ingreso de códigos al sistema.

<sup>31</sup> MENDENHALL, William; BEAVER, Barbara y BEAVER, Robert. Introducción a la probabilidad y estadística. Cengage Learning, 2010.

## 7.4 Rendimiento

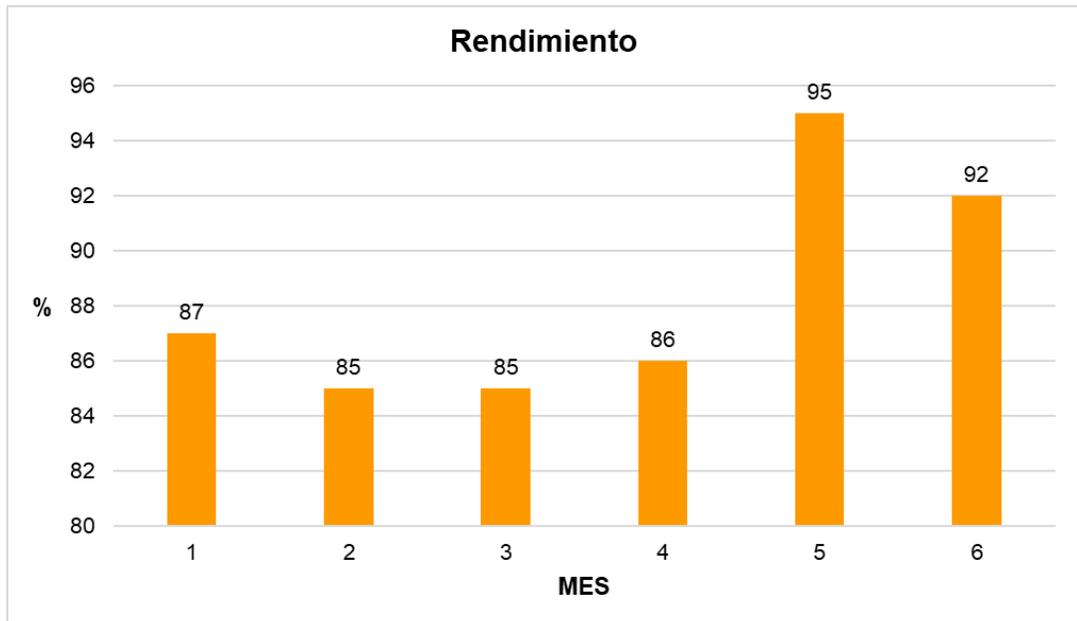


Diagrama 12 Comportamiento rendimiento empacadoras A y B

Con los ajustes realizados en velocidad, se logró aumentar el rendimiento de 87% a 92%. De acuerdo con Alonzo, en muchos casos es necesario reducir la velocidad de producción para evitar otras pérdidas como defectos de calidad y averías<sup>32</sup>.

La condición de enfardado en configuración 2 (fardo de 2 filas) llevó a hacer ajuste de velocidad estándar ya que en esta modalidad se trabaja con menos velocidad, pero constante, lo cual logra disminuir la caída de paquetes en la enfardadora, pues el fardo es más estable.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{TUP}}{\text{PE}} * 100\% \quad (3)$$

TUP: Total Unidades Producidas

$$\text{PE: Producción Esperada} = \text{VE} * \text{TM} \quad (4)$$

De acuerdo con la ecuación 3, cuando TUP es mayor, implica que el operario trabajó el equipo muy cerca de la velocidad estándar. Por esto se hizo la revisión de velocidades expuesta en el capítulo 3.

---

<sup>32</sup> ALONZO GONZÁLEZ, Hugo Leonel. Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo). 2009.

Este aumento de 9 puntos en el rendimiento entre el cuarto y quinto mes generó un incremento importante en la eficiencia de 61% a 71% (ver diagrama 4). Esto se puede observar en el diagrama 9 en el cual los factores disponibilidad y rendimiento tienen mayor impacto en el OEE.

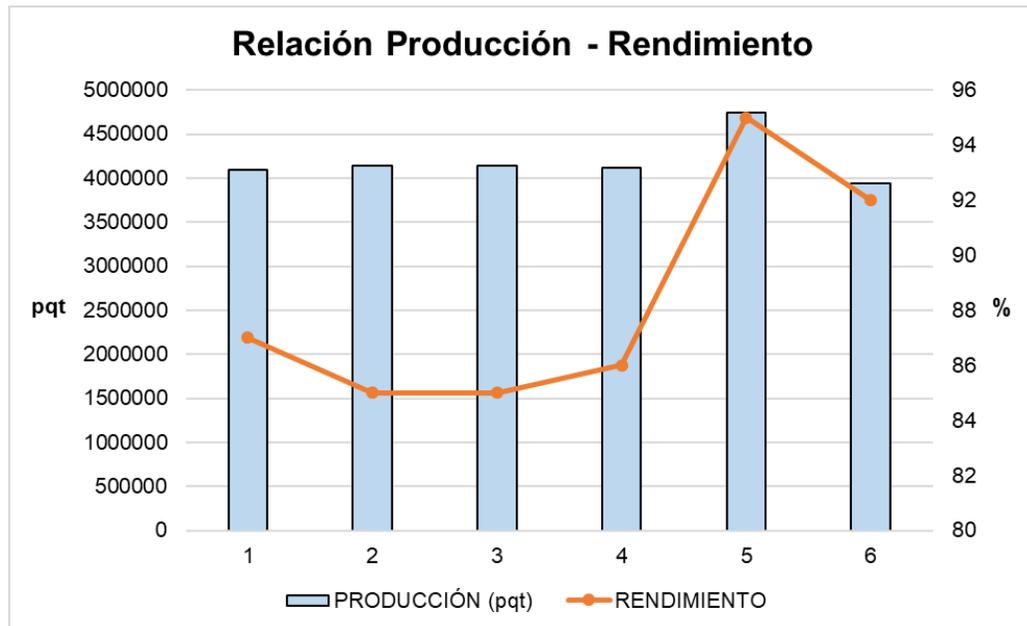


Diagrama 13 Relación producción - rendimiento

Se observa que en el pico más alto de rendimiento también hubo un mayor número de paquetes empacados. Aunque el rendimiento baja en el segundo y tercer mes, los paquetes aumentan debido a que la disponibilidad se incrementó.

La documentación de las variables de eficiencia le permite al personal comprender las interacciones entre la velocidad estándar y la velocidad real y lo que ocurre cuando se trabaja a velocidades bajas.

## 7.5 Calidad

Tabla 8 Desperdicio

MES	PRODUCCIÓN (pqt)	DESPERDICIO (pqt)
1 (INICIO)	4097655	170736
2	4138586	172441

<b>3</b>	4136793	84424
<b>4</b>	4116750	84015
<b>5</b>	4747453	96887
<b>6</b>	3938872	121821

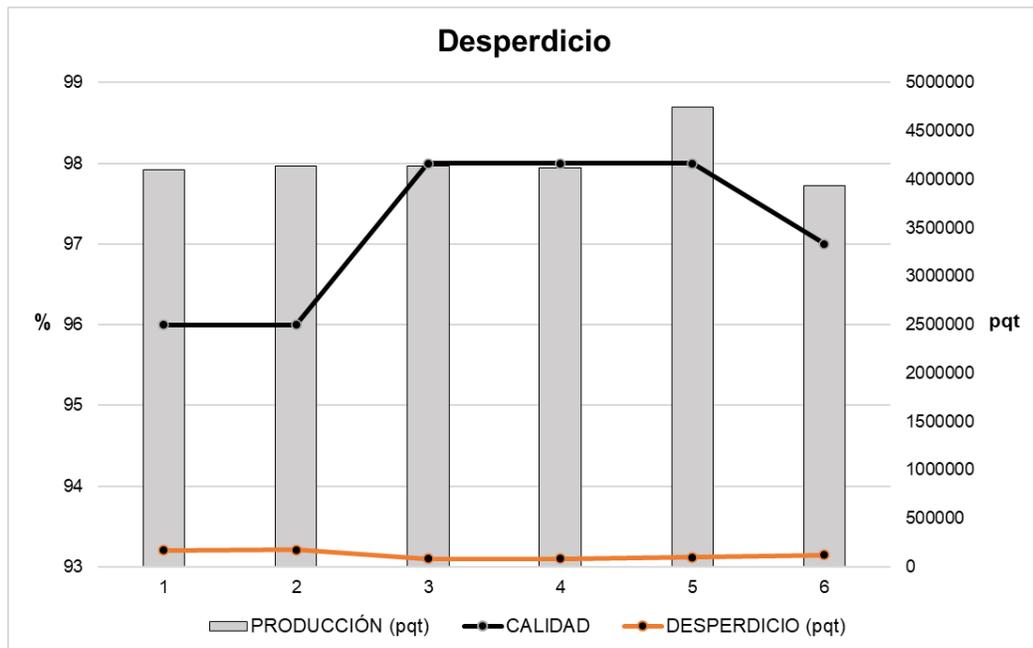


Diagrama 14 Relación calidad - desperdicio

Aunque la calidad subió a 97%, se observa una disminución del desperdicio. En los meses en que la calidad tuvo su punto más alto, se ve un menor desperdicio.

La documentación de las variables de eficiencia le permite al personal comprender la interacción calidad – desperdicio, indicando que existe una relación inversamente proporcional entre ambos valores. El último mes se observa un menor volumen de paquetes producidos, pero en volumen de Kg prensados sí hubo un aumento (ver diagrama 5); esto se debe a que se empacaron más referencias de alto gramaje.

El control de calidad durante el proceso de empaque también contribuye a mejorar estos resultados; se realizan inspecciones cada 20 min en las cuales se verifica:

- Peso de paquete.
- Peso de fardo.
- Selle longitudinal.
- Selle transversal.
- Micro perforaciones.

- Marcación de lote y calidad de la impresión en el paquete.

Adicionalmente y como parte de una de las técnicas Lean Manufacturing (Jidoka), el sistema cuenta con mecanismos de detección<sup>33</sup>, para rechazar:

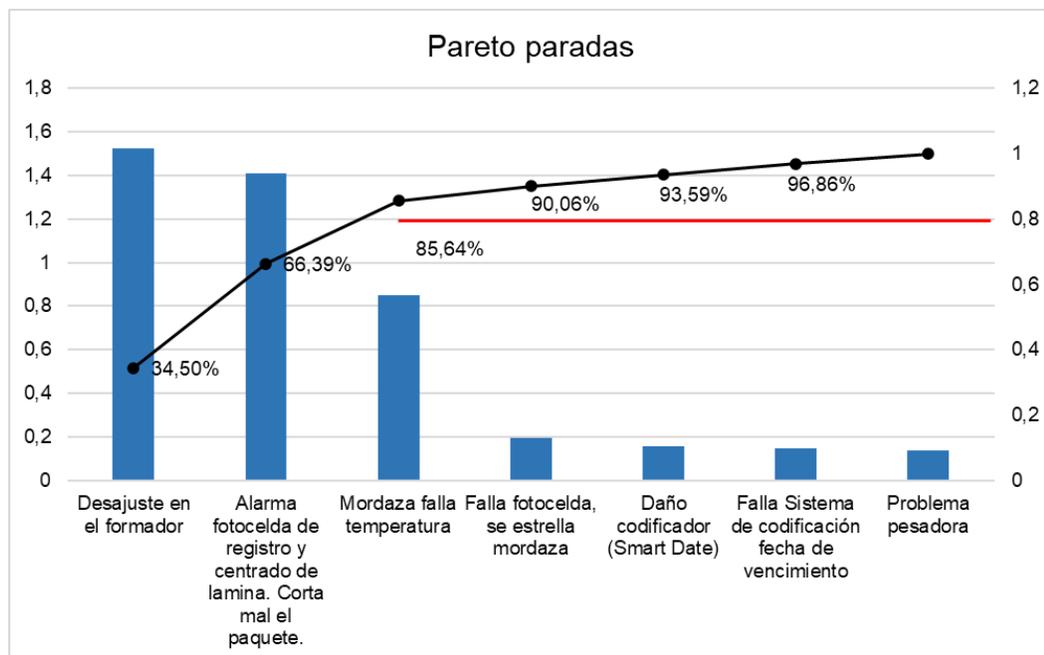
- Paquetes picados.
- Paquetes con peso fuera de especificaciones.
- Paquetes con partículas metálicas.

Esto ayuda a prevenir la transferencia de piezas defectuosas al siguiente proceso.

## 7.6 Disponibilidad

### Análisis relación disponibilidad – paradas no programadas (por fallas)

A continuación, se relacionan los gráficos de Pareto obtenidos cada mes, de los cuales se generó una lista de las paradas no programadas más significativas y su influencia en la disponibilidad de las empacadoras, que a su vez afecta el indicador OEE.



<sup>33</sup> HERNÁNDEZ MATÍAS y VIZÁN IDOPE, Op. Cit., p. 59.

Diagrama 15 Pareto paradas primera medición

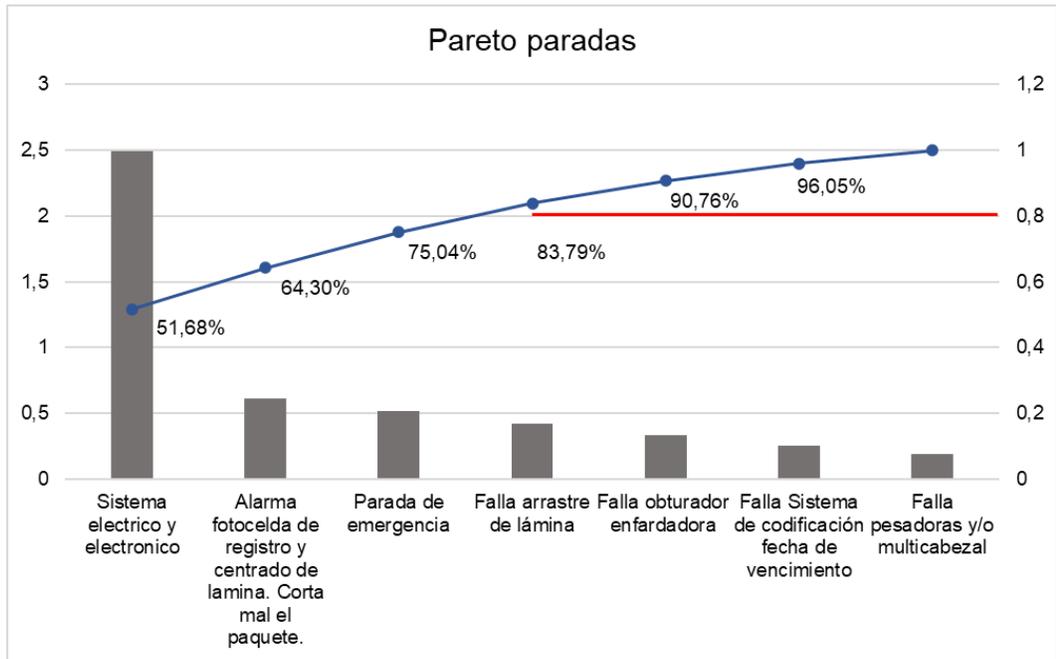


Diagrama 16: Pareto paradas segunda medición

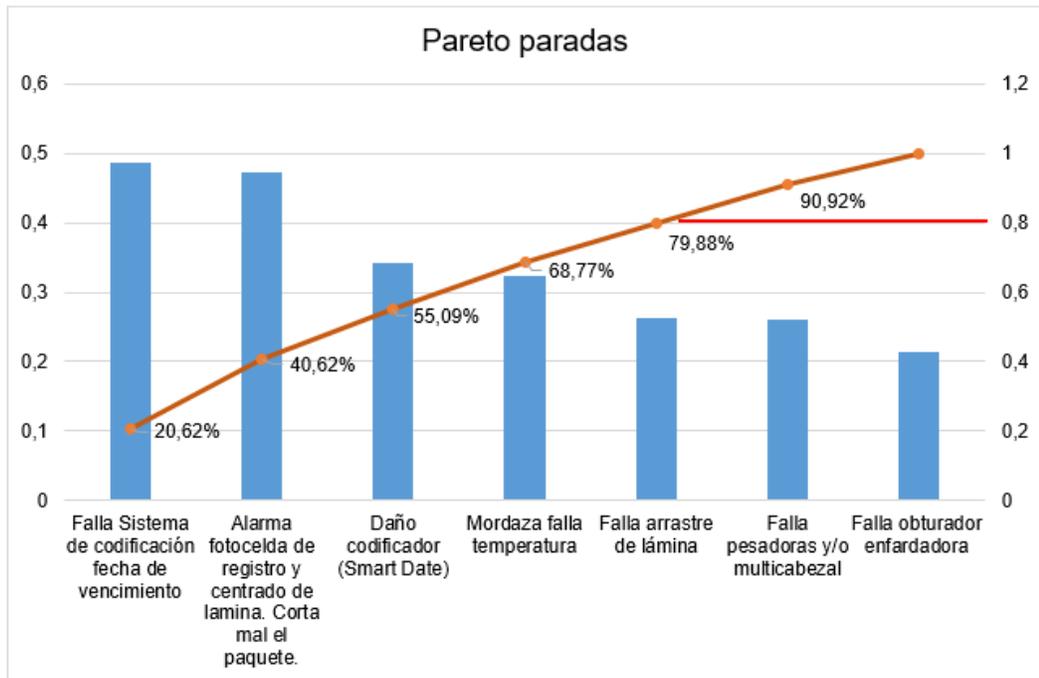


Diagrama 17: Pareto paradas tercera medición

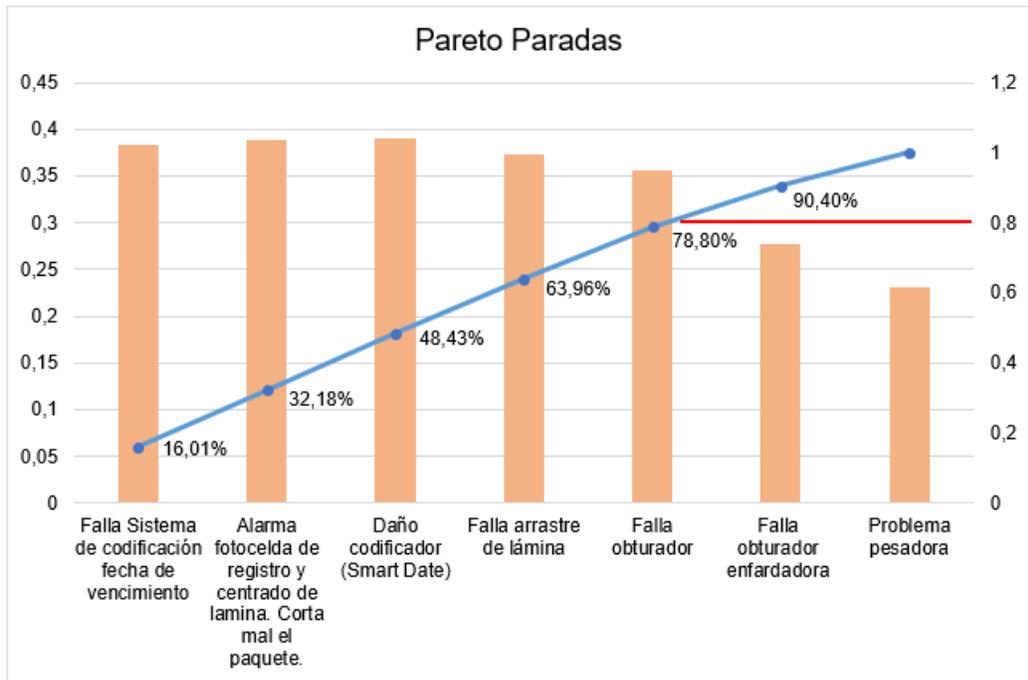


Diagrama 18: Pareto paradas cuarta medición

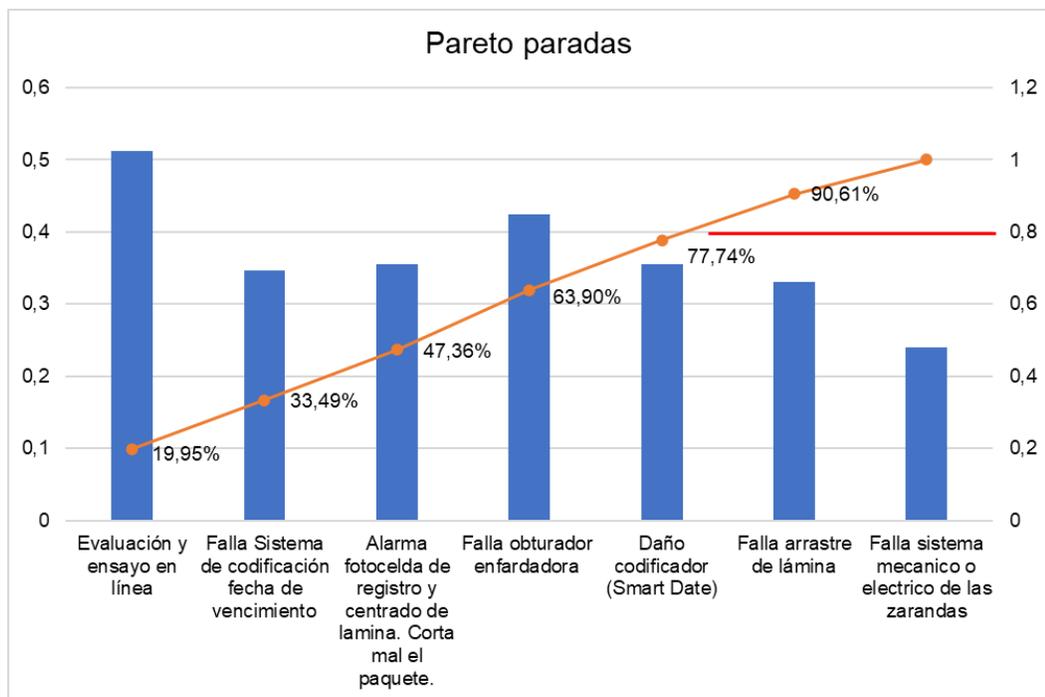


Diagrama 19: Pareto paradas quinta medición

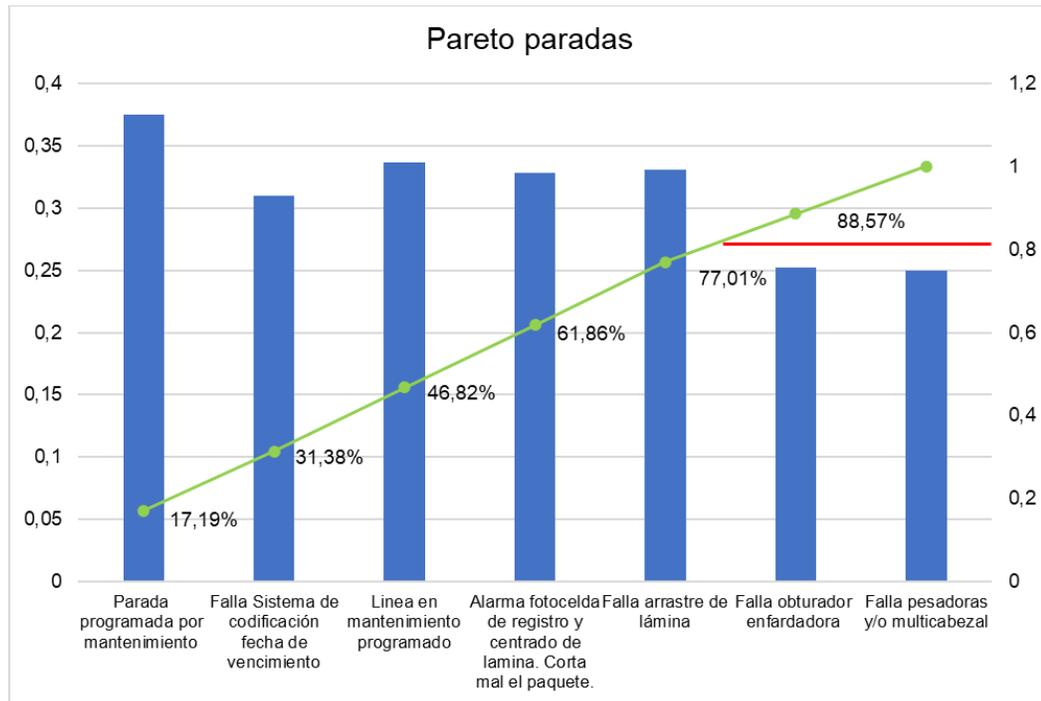


Diagrama 20: Pareto paradas sexta medición

Se elaboraron 6 diagramas de Pareto, uno por cada mes de medición. Se observan distintos tipos de fallas en los equipos, de las cuales se logran mitigar varias, es decir, que no vuelven a aparecer en los siguientes meses (paradas 342, 141, 182, 185, 154 y 170).

También hay fallas que, aunque siguen apareciendo, el tiempo de arreglo disminuye considerablemente:

- Parada 144: disminuyó en un 36.34%.
- Parada 146: disminuyó en un 21.82%
- Parada 150: disminuyó en un 76.76%

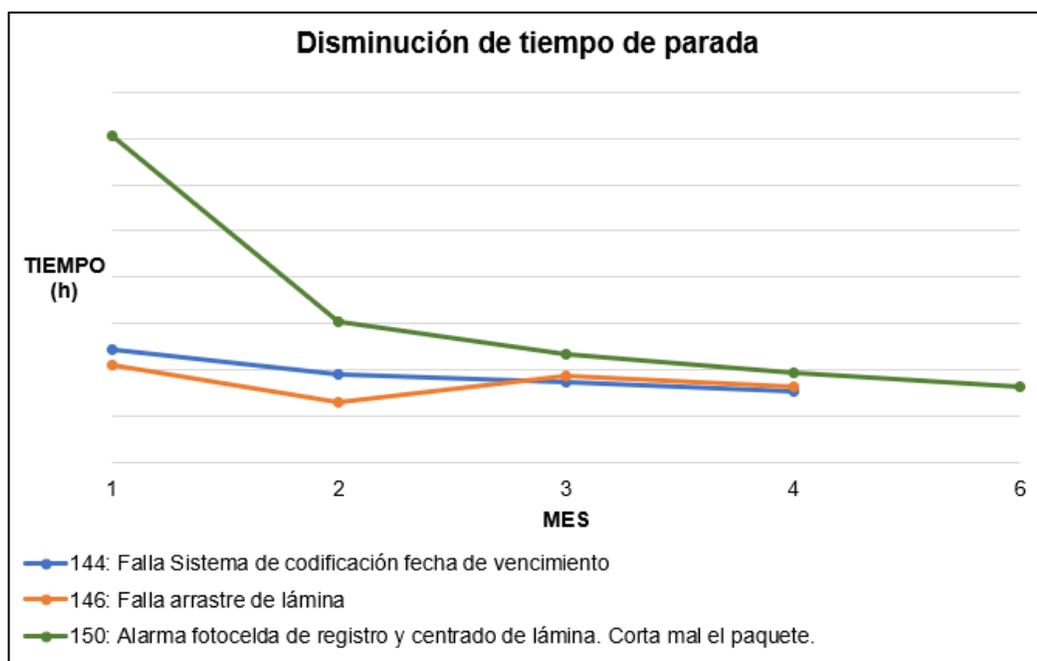


Diagrama 21 Disminución de tiempo de parada

Siempre se debe buscar la corrección completa de la falla, sin embargo, si no se puede eliminar completamente, sí se requiere tomar acciones que lleven a disminuir los tiempos de paro, como se observa en el diagrama 21.

De los gráficos de Pareto se tomaron las paradas que más inciden y se hizo análisis (correlación) para observar si han disminuido estos tiempos de parada mejorando la variable disponibilidad, que a su vez aumenta el OEE.

Tabla 9 Paradas no programadas (Pareto), seis mediciones

Dato	Mes	Cód.	Nombre falla	Tiempo falla	% Acum.
1	1	342	Desajuste en el formador	36:37:33	34,50%
2		150	Alarma fotocelda de registro y centrado de lámina. Corta mal el paquete.	33:51:47	66,39%
3		141	Mordaza falla temperatura	20:25:52	85,64%
4	2	182	Sistema eléctrico y electrónico	59:54:03	51,68%
5		150	Alarma fotocelda de registro y centrado de lámina. Corta mal el paquete.	14:37:24	64,30%
6		185	Parada de emergencia	12:26:37	75,04%
7		146	Falla arrastre de lámina	10:08:36	83,79%
8	3	144	Falla Sistema de codificación fecha de vencimiento	11:39:53	20,62%

9		150	Alarma fotocelda de registro y centrado de lámina. Corta mal el paquete.	11:18:43	40,62%
10		345	Daño codificador (Smart Date)	8:11:22	55,09%
11		141	Mordaza falla temperatura	7:44:11	68,77%
12		146	Falla arrastre de lámina	6:16:57	79,88%
13	4	144	Falla Sistema de codificación fecha de vencimiento	9:12:47	16,01%
14		150	Alarma fotocelda de registro y centrado de lámina. Corta mal el paquete.	9:18:33	32,18%
15		345	Daño codificador (Smart Date)	9:21:01	48,43%
16		146	Falla arrastre de lámina	8:56:27	63,96%
17		154	Falla obturador	8:32:32	78,80%
18	5	286	Evaluación y ensayo en línea	12:17:10	19,95%
19		144	Falla Sistema de codificación fecha de vencimiento	8:20:14	33,49%
20		150	Alarma fotocelda de registro y centrado de lámina. Corta mal el paquete.	8:32:36	47,36%
21		170	Falla obturador enfardadora	10:11:08	63,90%
22		345	Daño codificador (Smart Date)	8:31:10	77,74%
23	6	413	Parada programada por mantenimiento	9:00:06	17,19%
24		144	Falla Sistema de codificación fecha de vencimiento	7:25:32	31,38%
25		283	Línea en mantenimiento programado	8:05:02	46,82%
26		150	Alarma fotocelda de registro y centrado de lámina. Corta mal el paquete.	7:52:16	61,86%
27		146	Falla arrastre de lámina	7:55:50	77,01%

Dado que se hicieron 6 mediciones, se tomaron los tiempos (min) de paradas no programadas del primer trimestre para comparar con el último trimestre en el siguiente gráfico:

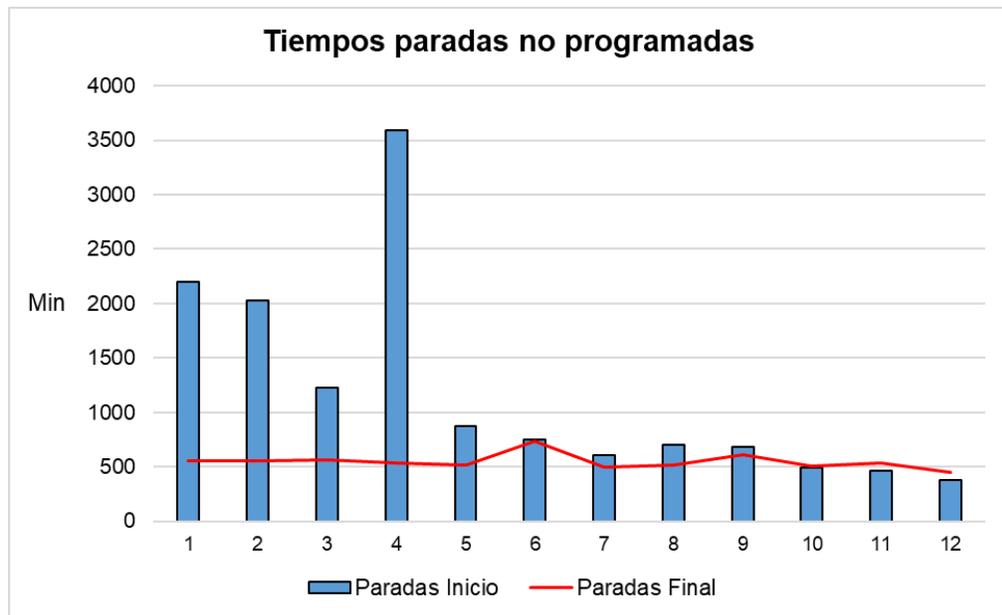


Diagrama 22 Paradas no programadas

## Correlación Disponibilidad y Paradas

Tabla 10 Correlación disponibilidad y paradas

Correlación de Pearson Disponibilidad y paradas		
	Paradas Pareto	Disponibilidad
Paradas Pareto		-0,5201
		(27)
		0,0054
Disponibilidad	-0,5201	
	(27)	
	0,0054	

Esta tabla muestra las correlaciones momento producto de Pearson entre cada par de variables. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1. Mide la fuerza de la relación lineal entre los valores cuantitativos apareados  $x$  y  $y$  en una muestra<sup>34</sup>. También se muestra, entre paréntesis, el número de pares de datos utilizados para calcular cada coeficiente. El tercer número en cada bloque de la tabla es un valor-P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores-P debajo de 0,05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95.0%.

<sup>34</sup> TRIOLA, Mario F. Estadística. 9a edición, México: Pearson Educación, 2004.

Esto significa que existe una relación inversamente proporcional entre los tiempos de paradas y la disponibilidad de las empacadoras; se puede observar que cuando disminuyen los tiempos de estas paradas por fallas, aumenta la disponibilidad, lo cual tiene un efecto positivo en el indicador OEE. En la medición inicial se tenía una disponibilidad de 74% y se llegó a 79%.

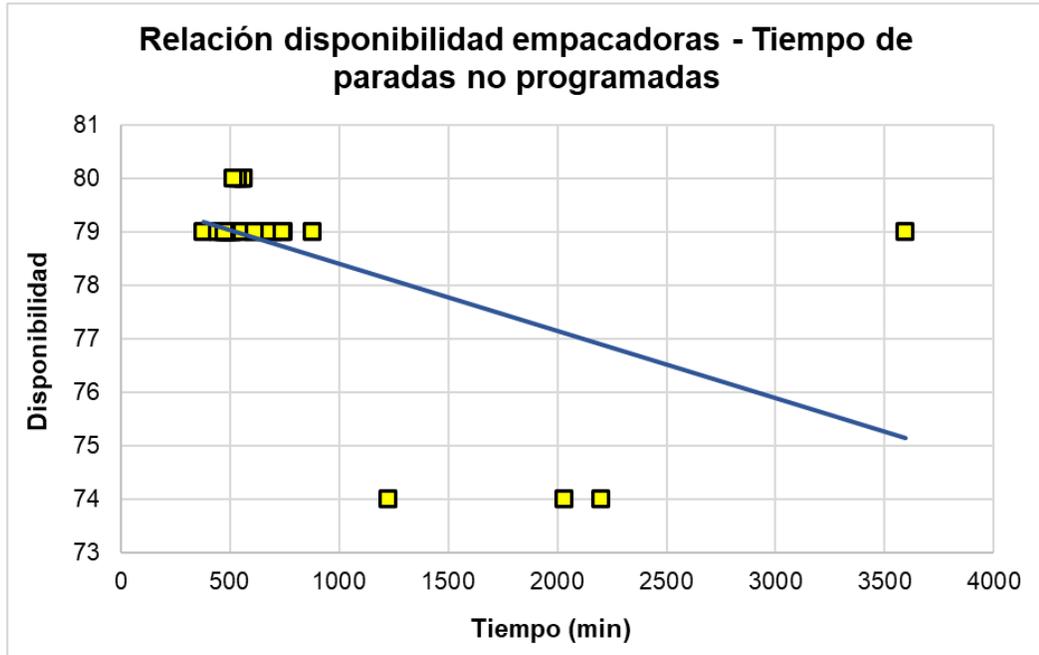


Diagrama 23 Dispersión disponibilidad – paradas

En el diagrama 9 se observa que, de las tres variables, la que más influyó sobre el incremento del OEE es la disponibilidad, que a su vez aumenta cuando los tiempos de parada son menores, como se ve en el diagrama 23.

La documentación de las variables de eficiencia le permite al personal comprender cómo estas interactúan y qué efecto tiene parar una máquina durante un tiempo prolongado. Además, facilita la transferencia de conocimiento al personal que se va incorporando a la compañía, mejorando la reacción del equipo de Mantenimiento para atender las fallas que se presenten y darles solución.

### 7.7 Paradas sin registro

La frecuencia de este tipo de paradas es importante reducirla, ya que son paradas (programadas y no programadas) que no fueron clasificadas y por esto afectan la veracidad de la información.

Se visualiza cuando el puesto de trabajo (empacadora) ha entrado en parada pero aún no se le ha digitado ningún causal de parada, es decir, que queda por fuera de las tablas de paradas (Anexos A y C).

Tabla 11 Paradas sin registro

MES	Frecuencia
<b>1 (INICIO)</b>	549
<b>2</b>	275
<b>3</b>	184
<b>4</b>	269
<b>5</b>	130
<b>6</b>	78

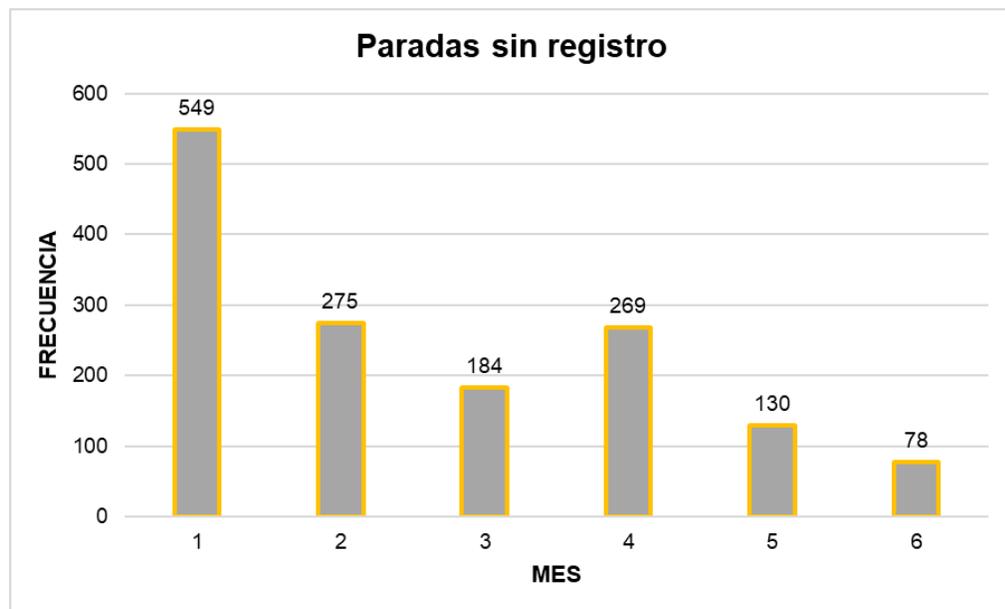


Diagrama 24 Comportamiento paradas sin registro

La disminución de la frecuencia de paradas sin registro contribuyó a la obtención de datos más precisos de las variables, especialmente disponibilidad, puesto que es información que no se pierde, sino que ingresa a los cálculos porque están en la base de datos del sistema. Por esto, más que el tiempo, es fundamental disminuir las frecuencias.

## CONCLUSIONES

Se determinaron las variables que inciden en el desempeño del proceso de empaque de pastas cortas; esto puede facilitar que la información del sistema de indicadores OEE se incluya en un sistema de gestión documental en el proceso de calidad del área.

Se observó que hay una relación entre los tiempos de paradas no programadas y la disponibilidad de las empacadoras; este hallazgo es muy importante porque permitirá determinar riesgos y oportunidades enfocados en disminuir las frecuencias y tiempos de estas fallas.

El estudio del sistema de indicadores OEE facilitó tener un panorama general del área de pastas cortas que permitió trabajar en las tres variables, aumentando el valor del indicador OEE en un 10% lo cual es muy positivo para el área de empaque. De acuerdo con la tabla de clasificación del OEE, se pasó de un estado inaceptable a uno aceptable que sigue en proceso de mejora ya que la línea mantiene silos vacíos garantizando el espacio para la pasta que se está prensando, esto se pudo confirmar al observar un incremento en los kilogramos de pasta producida.

La evaluación mes a mes, además de la realimentación constante al personal permitió realizar mejoras que llevaron a aumentar el valor del indicador OEE. Esta comunicación continua con personal implicado en el proceso de empaque es necesaria para incentivar a la mejora. Además, genera una competencia sana entre los asociados.

## RECOMENDACIONES

Continuar con el mantenimiento y vigilancia del indicador OEE como herramienta útil para la mejora continua.

Evaluar la posibilidad de incluir en el sistema de gestión de calidad de la compañía la documentación de las variables que impactan la eficiencia en el proceso de empaque.

Extender la implementación del indicador OEE hacia el resto de empacadoras de la línea de pastas largas.

Iniciar entrenamiento de auxiliares de empaque con el objetivo de que ingresen también paradas al sistema para reducir más las paradas sin registro.

Siempre tener en cuenta que el trabajo en equipo permite alcanzar las metas propuestas. Se deben colocar metas claras y alcanzables en el corto plazo para que la actividad no se vuelva frustrante.

## ANEXOS

### Anexo A Tablas de paradas no programadas

Tabla 12 Lista de paradas no programadas

<b>LISTA DE PARADAS NO PROGRAMADAS PROPUESTA</b>			
<b>CÓDIGO</b>	<b>SILOS, BANDAS TRANSPORTADORAS, ZARANDAS Y CANGILONES</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>CONJUNTO RECHAZADOR DE PAQUETES</b>
101	Falla silos	160	Daño o desajuste chequeador, detector, rechazador.
112	Falla sistema mecánico o eléctrico de las zarandas	152	Falla expulsora de paquetes
120	Daño transportador de cangilones	<b>ENFARDADORA</b>	
<b>EMPACADORA</b>		167	Daño motor enfardadora (Empujón, carro transportador, Trineo, etc.)
121	Fallas pesadoras y/o multicabezal	170	Falla obturador enfardadora
130	Daño tolva y canal alimentador	171	Falla temperatura horno-mordaza enfardadora
131	Tolva y canal alimentador	172	Falla transporte banda hacia enfardadora
141	Mordaza falla temperatura	174	Falla rodillo salida del horno
142	Mordaza falla accionamiento mecánico	175	falla Conjunto formador termoencogible
143	Falla temperatura longitudinal	176	Falla micro de seguridad
144	Falla Sistema de codificación fecha de vencimiento	177	Falla enfardadora conjunto formador de paquetes
148	Daño formador	186	Falla piso bajante-empujón salida enfardadora
150	Alarma fotocelda de registro y centrado de lámina. Corta mal el paquete	187	Falla malla/rodillos salida enfardadora
154	Falla obturadora	272	Espera calentamiento del horno
155	Falla fotocelda, se estrella mordaza	370	Descuadre enfardadora - ajustes
165	Falla sistema freno de lamina	371	Descuadre de paquetes
166	Falla fotocelda	372	Desajuste por mal desempeño del termo
168	Falla arrastre de lamina	380	Alimentación insuficiente de producto
169	Falla pisadores para expulsión aire	382	Retiro de producto abierto
173	Problema de correas	383	Retiro manual de producto silos
178	Falla microperforadores	384	Parada programada: Retiro Producto falla de calidad
179	Mordaza falla accionamiento mecánico enfardadora	385	Daño alimentación producto Línea 4 (elevador, cangilones, banda)
181	Falla de aire comprimido	390	Atascamiento de paquetes en bandas de transporte
182	Sistema eléctrico y electrónico	<b>BANDA SECTOR B</b>	
183	Sistema neumático	401	Banda sector B: Ataque de producto

206	Sin producto para alimentar la empacadora.	402	Banda sector B: Falla sistema eléctrico y electrónico
280	Retiro producto del tobogán(brechas)	403	Banda sector B: Falla sistema mecánico
285	Falla porta bobinas empacadora	405	Banda sector B: Pendiente iniciar funcionamiento
291	Reproceso de paquetes falla sello y/o fecha	<b>PERSONAL</b>	
293	Espera de producto: inicio de producción, después de fin de mes, falta producto silo.	284	Reunión / Capacitación del personal
298	Reproceso paquetes: caída de paquetes enfardadora	295	Apoyo de operario y/o auxiliar en otra máquina
299	Mantenimiento preventivo	297	Sin relevante para atender fallas en la otra máquina.
303	Pasta en observación	410	Pausas activas (SST) parada programada
311	Atascamiento de producto en tolva multicabezal	411	Falta recurso humano (Operario / auxiliar)
320	Atascamiento de cangilones	<b>GENERALES</b>	
330	Descuadre alimentador	185	Parada de emergencia
341	Mal desempeño canal de descenso	281	Falta de insumos para empaque: lámina, termo, cinta, orden de fabricación
342	Desajuste en el formador	282	Ausencia de energía
343	Atascamiento de pasta en formador	283	Línea en mantenimiento programado
345	Daño codificador (Smart Date)	286	Evaluación y ensayo en línea
346	Desajuste por mal desempeño de lamina	287	Falta de herramienta de trabajo (Jaulas - Estibas)
347	Descuadre producto en mordaza por lamina descentrada	288	Parada por falta de Montacargas
348	Descuadre producto en mordaza por tensión lamina	289	Parada programada. Se empaca en una sola máquina
349	Descuadre producto en mordaza por rotura lamina	294	Parada programada labores fin de mes
350	Descuadre producto en mordaza por desfase	381	Falla en material empaque por PNC (LAMINA, TERMO)
351	Descuadre producto en mordaza por mal registro	412	Parada programada por producción
393	Cambio rollo cinta de Smart Date (aplica para limpieza codificador)	413	Parada programada por mantenimiento
		415	Falla en el sistema de medición (Gestión de producción en línea)

## Anexo B Paradas programadas más importantes

Tabla 13 Frecuencia de paradas programadas

TIEMPO DE PARADAS PROGRAMADAS			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ESTÁNDAR INICIAL	FRECUENCIA
205	Devolución de averías por la banda	0:10:00	42
210	Cambio de mallas en zarandas (cambio de silo o de banda)	0:12:00	106
238	Cambio de referencia: Producto	0:15:00	46
239	Cambio de referencia: Empacadora y Enfardadora	0:20:00	193
240	Cambio de referencia: Producto, Empacadora y Enfardadora.	0:23:00	631
241	Cambio cinta y limpieza estación	0:06:00	112
242	Calibración y verificación tolvas multicabezal.	0:07:00	560
244	Cambio de rollo de lámina	0:05:00	2014
245	Verificación detector metal	0:05:00	192
248	Gestión entrega de turno	0:20:00	850
270	Cambio rollo termo	0:06:00	1263
271	Limpieza de rodillos túneles	0:05:00	23
286	Evaluación y ensayo en línea	8:00:00	19
290	Parada alimentación personal	0:20:00	641
301	Parada programada para alimentación personal y recibo averías sector B	0:30:00	0
363	Retiro presencia de metal /empalme metalizado en el paquete	0:03:00	25
393	Cambio rollo cinta de Smart Date (aplica para limpieza codificador)	0:05:00	378
394	Cuadre de perforadores	0:05:00	2
412	Parada programada por producción	8:00:00	23
413	Parada programada por mantenimiento	8:00:00	2

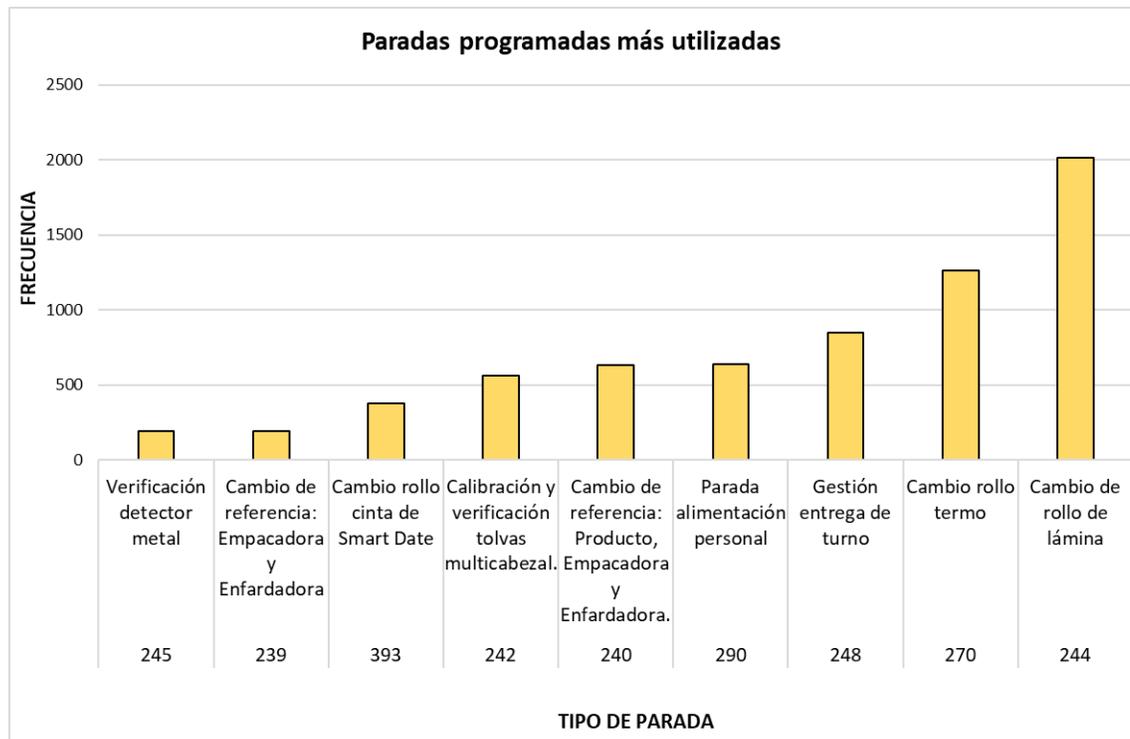


Diagrama 25 Paradas programadas más importantes

Aunque las paradas programadas no tienen un impacto fuerte en la disponibilidad, sí se debe procurar disminuir los tiempos empleados en la ejecución de estas actividades. Se logró reducir el tiempo de las paradas programadas más representativas, las cuales se presentan en los siguientes anexos:

## Anexo C Parada 240

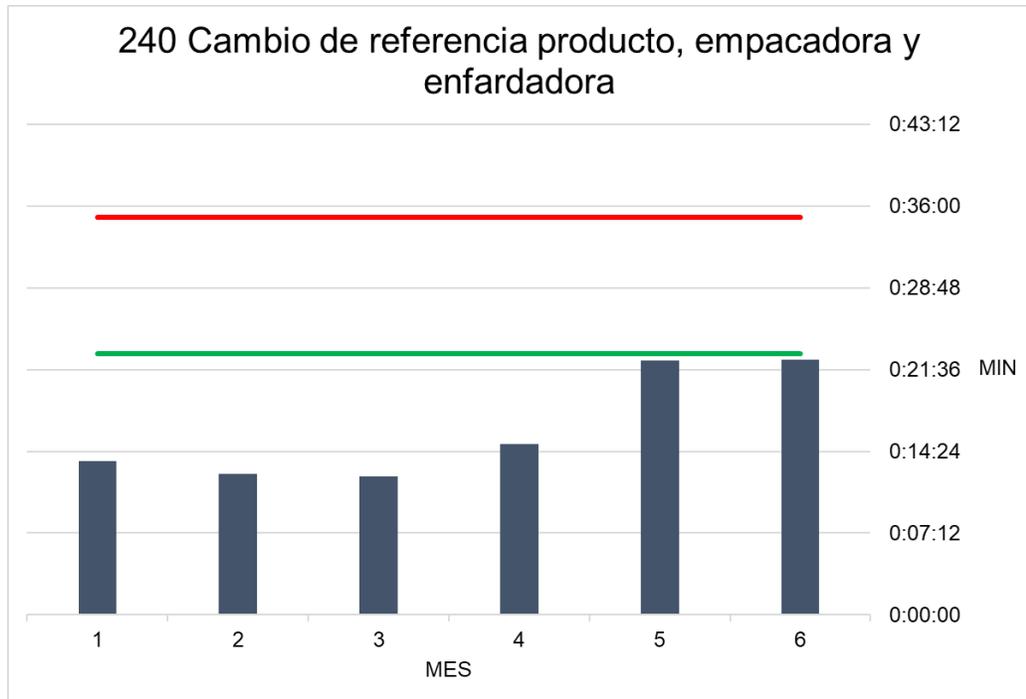


Diagrama 26 Parada 240: Cambio de referencia producto, empacadora y enfardadora

Esta parada se compone de 3 cambios (de referencia producto, empacadora y enfardadora) y equivale a un cambio completo de referencia, por lo cual se inició con 35 min bajo la premisa de que cada cambio tomaba alrededor de 12 min, sin embargo, se pudo disminuir a 23 min.

## Anexo D Parada 244

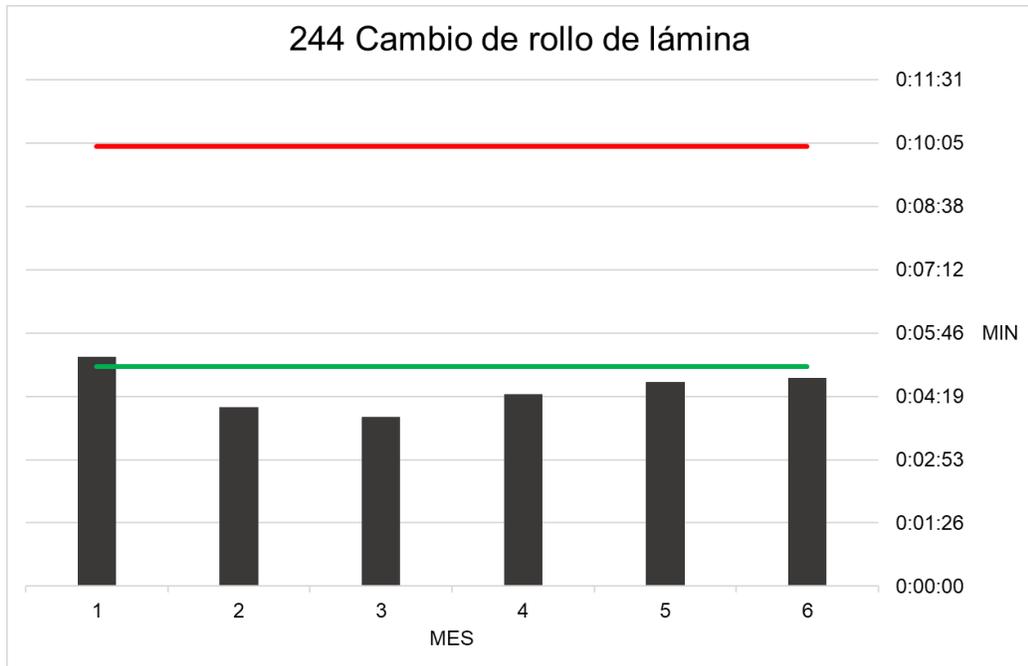


Diagrama 27 Parada 244: Cambio de rollo de lámina

Esta parada inició con 10 min, pero de acuerdo con los resultados, se pudo hacer más exigente dejándolo en 5 (línea verde). Dado que el cambio de rollo de lámina es inherente al proceso, esta disminución en el tiempo de cambio puede tener efecto positivo en la disponibilidad.

## Anexo E Parada 248

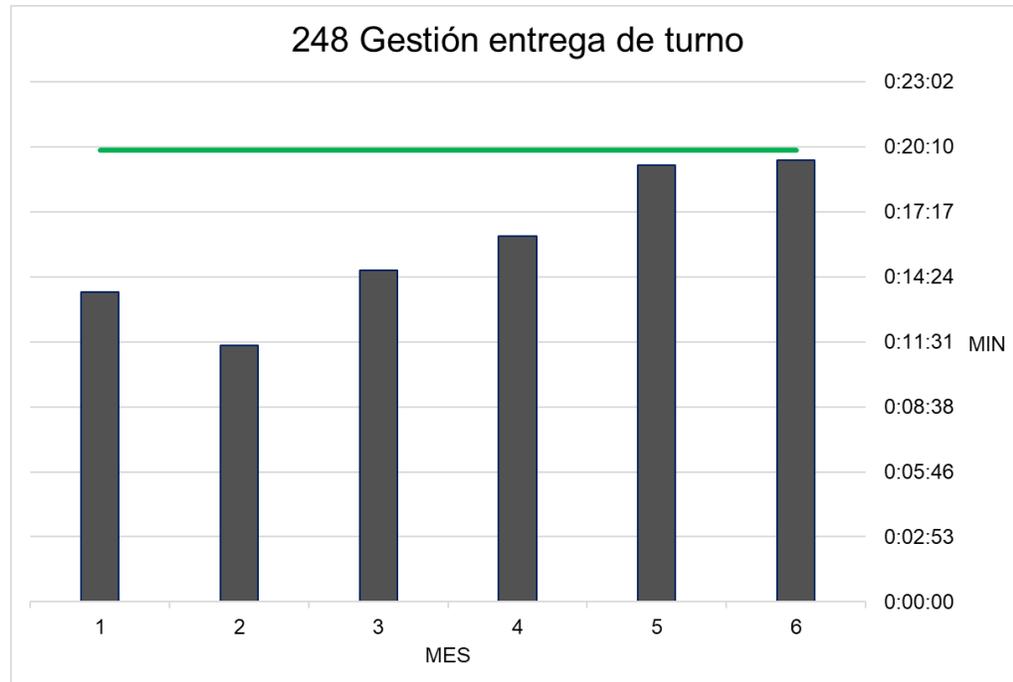


Diagrama 28 Parada 248: Gestión entrega de turno

Aunque se puede mantener en 20 min, esta parada se replanteará. En el mediano plazo se buscará suprimirla con el fin de que se haga una entrega de turno en línea (sin parar), para esto se deben ajustar los tiempos de recibo de turno del personal que ingresa y definir una hora de corte con el fin de que el operario diligencia las planillas correspondientes a la entrega de producto a bodega.

## Anexo F Parada 270

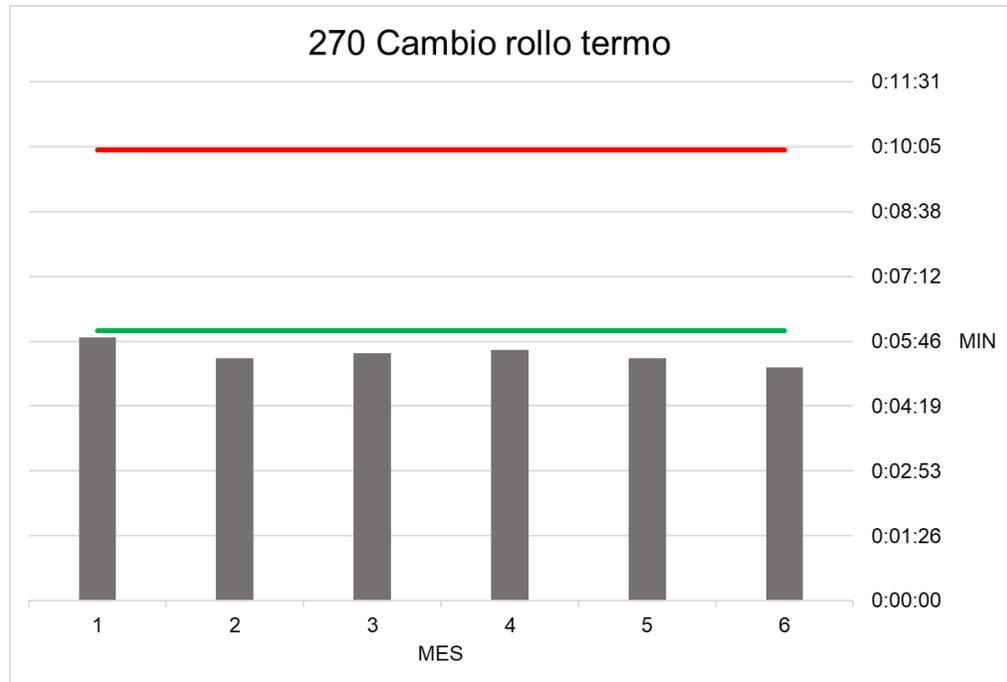


Diagrama 29 Parada 270: Cambio rollo termo

Igual que la anterior, esta parada inició con 10 min, pero de acuerdo con los resultados, se pudo llevar a 6 min. Puesto que el cambio de rollo de termoencogible es inherente al proceso, esta disminución en el tiempo de cambio puede tener efecto positivo en la disponibilidad.

## Anexo G Parada 290

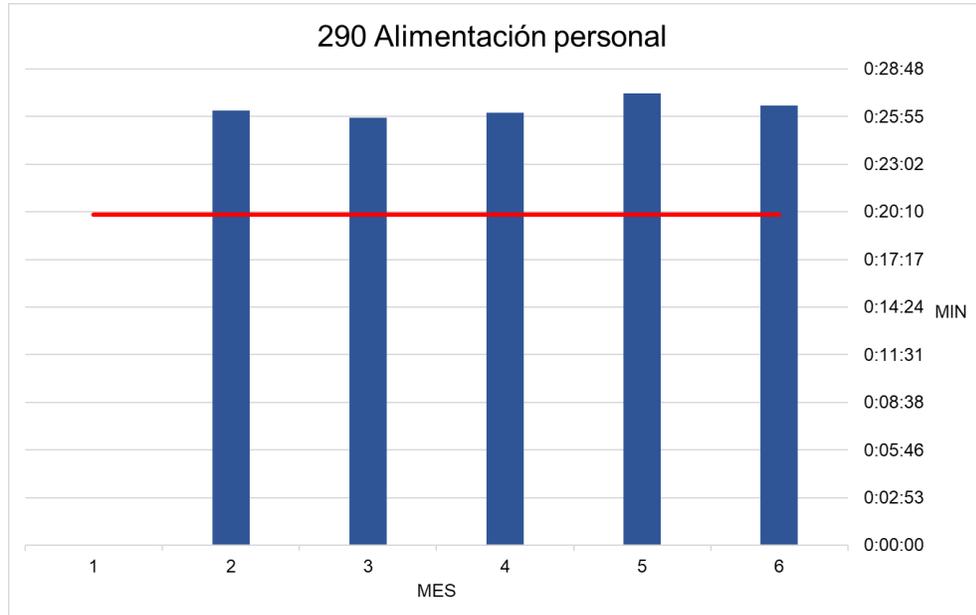


Diagrama 30 Parada 290: Alimentación personal

En la primera medición no se registraron datos ya que el personal apenas comenzaba a familiarizarse con el ingreso de paradas en la pantalla táctil.

Esta parada, aunque se inició con 20 min, es preciso replantearla, pues en promedio está registrando 26 min. La causa de esto es que a la misma hora confluyen los asociados de todas las plantas al casino, por lo cual se generan filas que alargan el tiempo. Se pretende realizar este proceso por horas específicas para cada planta para agilizar el recibo de los alimentos y disminuir las filas.

## Anexo H Tablas de velocidades

Tabla 14 Velocidades empacadora A

EMPACADORA A			
DESCRIPCIÓN	pqt/ min	DESCRIPCIÓN	pqt/ min
PASTA MARCA 1 FILINI 250G	84	PASTA MARCA 3 TORTIGLIONI 250G	82
PASTA MARCA 1 FILINI 125G	92	PASTA MARCA 3 TORCHIETTI 125G	75
PASTA MARCA 1 FILINI 200G	84	PASTA MARCA 3 TORCHIETTI 250G	82
PASTA MARCA 1 FILINI 500G	58	PASTA MARCA 2 FILINI 200G	84
PASTA MARCA 1 PIPETTE 250G	82	PASTA MARCA 2 FILINI 250G	84
PASTA MARCA 1 GNOCCHETTI 125G	75	PASTA MARCA 2 GNOCCHETTI 200G	84
PASTA MARCA 1 GNOCCHETTI 200G	84	PASTA MARCA 2 GNOCCHETTI 250G	85
PASTA MARCA 1 GNOCCHETTI 250G	84	PASTA MARCA 2 GNOCCHETTI 400G	68
PASTA MARCA 1 GNOCCHETTI 500G	58	PASTA MARCA 2 GNOCCHETTI 454G	58
PASTA MARCA 1 FARFALLE 125G	70	PASTA MARCA 2 FARFALLE 200G	82
PASTA MARCA 1 FARFALLE 200G	82	PASTA MARCA 2 FARFALLE 250G	82
PASTA MARCA 1 FARFALLE 250G	84	PASTA MARCA 2 TAGLIATELLE 200G	84
PASTA MARCA 1 TAGLIATELLE 125G X 20	75	PASTA MARCA 2 TAGLIATELLE 250G	84
PASTA MARCA 1 TAGLIATELLE 125G X 48	95	PASTA MARCA 2 TAGLIATELLE 400G	65
PASTA MARCA 1 TAGLIATELLE 200G	84	PASTA MARCA 2 TAGLIATELLE 454G	58
PASTA MARCA 1 TAGLIATELLE 250G	84	PASTA MARCA 2 ALFABETO 250G	82
PASTA MARCA 1 TAGLIATELLE 500G	58	PASTA MARCA 2 TORTIGLIONI 250G	82
PASTA MARCA 1 SPIRALE EXPRESS X 220G	80	PQT. MARCA 1 FILINI 250G SEMIT.	84
PASTA MARCA 1 ALFABETO 250G	82	PQT. MARCA 1 TUBETTI 180G SEMIT.	80
PASTA MARCA 1 TORTIGLIONI 250G	82	PQT. MARCA 1 TUBETTI 190G SEMIT.	80
PASTA MARCA 1 TORCHIETTI 125G	70	PQT. MARCA 1 PIPETTE 250G SEMIT.	82
PASTA MARCA 1 TORCHIETTI 200G	82	PQT. MARCA 1 GNOCCHETTI 250G SEMIT.	84
PASTA MARCA 1 TORCHIETTI 250G	82	PQT. MARCA 1 FARFALLE 250G SEMIT.	82
PASTA MARCA 1 TORCHIETTI 500G	55	PQT. MARCA 1 TAGLIATELLE 250G SEMIT.	84
PASTA MARCA 1 TORCHIETTI MANTEQUILLA 250G	82	PQT. MARCA 1 ALFABETO 250G SEMIT.	82
PASTA MARCA 3 TAGLIATELLE 125G	95	PQT. MARCA 1 MINI STELLE 190G SEMIT.	80
PASTA MARCA 3 TAGLIATELLE 250G	84	PQT. MARCA 1 MINI REGINA 190G	80
PASTA MARCA 3 TORTIGLIONI 125G	75	PQT. MARCA 1 MINISPORTS 190G SEMIT.	80

Tabla 15 Velocidades empacadora B

<b>EMPACADORA B</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>pqt/ min</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>pqt/ min</b>
PASTA MARCA 1 FILINI 250G	85	PASTA MARCA 3 TORCHIETTI 125G	64
PASTA MARCA 1 FILINI 125G	100	PASTA MARCA 3 TORCHIETTI 250G	85
PASTA MARCA 1 FILINI 200G	85	PASTA MARCA 2 FILINI 200G	85
PASTA MARCA 1 FILINI 500G	57	PASTA MARCA 2 FILINI 250G	85
PASTA MARCA 1 PIPETTE 250G	85	PASTA MARCA 2 GNOCCHETTI 200G	85
PASTA MARCA 1 GNOCCHETTI 125G	70	PASTA MARCA 2 GNOCCHETTI 250G	85
PASTA MARCA 1 GNOCCHETTI 200G	84	PASTA MARCA 2 GNOCCHETTI 400G	60
PASTA MARCA 1 GNOCCHETTI 250G	84	PASTA MARCA 2 GNOCCHETTI 454G	60
PASTA MARCA 1 GNOCCHETTI 500G	57	PASTA MARCA 2 FARFALLE 200G	85
PASTA MARCA 1 FARFALLE 125G	75	PASTA MARCA 2 FARFALLE 250G	85
PASTA MARCA 1 FARFALLE 200G	84	PASTA MARCA 2 TAGLIATELLE 200G	85
PASTA MARCA 1 FARFALLE 250G	85	PASTA MARCA 2 TAGLIATELLE 250G	85
PASTA MARCA 1 TAGLIATELLE 125G X 20	75	PASTA MARCA 2 TAGLIATELLE 400G	60
PASTA MARCA 1 TAGLIATELLE 125G X 48	100	PASTA MARCA 2 TAGLIATELLE 454G	60
PASTA MARCA 1 TAGLIATELLE 200G	82	PASTA MARCA 2 ALFABETO 250G	80
PASTA MARCA 1 TAGLIATELLE 250G	85	PASTA MARCA 2 TORTIGLIONI 250G	83
PASTA MARCA 1 TAGLIATELLE 500G	60	PQT. MARCA 1 FILINI 250G SEMIT.	84
PASTA MARCA 1 ALFABETO 250G	80	PQT. MARCA 1 TUBETTI 180G SEMIT.	84
PASTA MARCA 1 TORTIGLIONI 250G	85	PQT. MARCA 1 TUBETTI 190G SEMIT.	84
PASTA MARCA 1 TORCHIETTI 125G	70	PQT. MARCA 1 PIPETTE 250G SEMIT.	83
PASTA MARCA 1 TORCHIETTI 200G	83	PQT. MARCA 1 GNOCCHETTI 250G SEMIT.	85
PASTA MARCA 1 TORCHIETTI 250G	83	PQT. MARCA 1 FARFALLE 250G SEMIT.	85
PASTA MARCA 1 TORCHIETTI MANTEQUILLA 250G	85	PQT. MARCA 1 TAGLIATELLE 250G SEMIT.	85
PASTA MARCA 1 SPIRALE EXPRESS X 220G	84	PQT. MARCA 1 ALFABETO 250G SEMIT.	83
PASTA MARCA 3 TAGLIATELLE 125G	110	PQT. MARCA 1 MINI STELLE 190G SEMIT.	84
PASTA MARCA 3 TAGLIATELLE 250G	85	PQT. MARCA 1 MINI REGINA 190G SEMIT.	84
PASTA MARCA 3 TORTIGLIONI 125G	83	PQT. MARCA 1 MINISPORTS 190G SEMIT.	84
PASTA MARCA 3 TORTIGLIONI 250G	85		

## BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN FALCONI, Andrés Humberto. Implementación de OEE y SMED como herramientas de lean manufacturing en una empresa del sector plástico. Guayaquil, 2014.

ALONZO GONZÁLEZ, Hugo Leonel. Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo). 2009.

BADUI DERGAL, Salvador. Química de los alimentos. Pearson Educación, México, 2006.

BARRERA CASTELLANO, Paloma. Estudio de una línea de envasado y aplicación de la Metodología TPM para el aumento de su eficiencia, mediante la reducción de pequeñas paradas en un equipo agrupador de envases de latas. Sevilla, 2011.

CASILIMAS MACIAS, Carlos Leonardo y POVEDA QUINTERO, Roberth Adrián. Implementación del Sistema de Indicadores de Productividad y Mejoramiento OEE (Overall Effectiveness Equipment) en la Línea Tubería en Corpacero S.A. Bogotá, 2012.

CRUELLES RUIZ, José Agustín. La teoría de la medición del despilfarro. Toledo, España, 2010.

BANCES CRUZ, Luis Carlos. Aplicación de un sistema de indicadores de efectividad global de equipos y su incidencia en el mejoramiento del proceso de fabricación de puntas de bolígrafos. Lima, 2017.

GÓMEZ-GÓMEZ, Manuel; DANGLLOT-BANCK, Cecilia, y VEGA-FRANCO, Leopoldo. Nonparametric statistical tests synopsis. When are they used? Revista mexicana de pediatría, v. 70, n. 2, pp. 91-99, 2003.

HERNÁNDEZ MATÍAS, Juan Carlos y VIZÁN IDOIBE, Antonio. Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación. Madrid, 2013.

HUAYAMAVE SARMIENTO, Otto Danilo. Determinación del espesor mínimo de películas plásticas termoencogibles para mejorar la eficiencia del proceso de enfardado. Guayaquil, 2017.

ILLANES ESPARZA, Julio Fernando. Envases flexibles plásticos: Uso y aplicación en la industria alimentaria. Valdivia, 2004.

INFOALIMENTACIÓN. Propiedades nutricionales de la pasta. Disponible en: [http://www.infoalimentacion.com/cereales/propiedades\\_nutricionales\\_pasta.htm](http://www.infoalimentacion.com/cereales/propiedades_nutricionales_pasta.htm).

INVIMA. Resolución 4393 de 1991. Fabricación, Empaque y Comercialización de Pastas Alimenticias. 1991.

I.P.O. Historia de la pasta, 2011. Disponible en: <http://www.internationalpasta.org/index.aspx?idsub=30>.

KILL, Ron C. y TURNBULL, Keith. Tecnología de la Elaboración de Pasta y Sémola, editorial Acribia, Zaragoza, España, 2004.

LÓPEZ RAMOS, Ana Marlene. Optimización estadística del tiempo de vida de anaquel del litchi y el nopal. 2015.

MARQUEZ, R. Empaques flexibles. Revista Conversión, 1997.

MENDENHALL, William; BEAVER, Barbara y BEAVER, Robert. Introducción a la probabilidad y estadística. Cengage Learning, 2010.

MUJICA VILORIA, Francy Fabiola. Estudio del proceso de termoencogimiento de películas de polietilenos. Sartenejas, 2007.

NAKAJIMA, Seiichi. Metodología TPM (Total Productive Maintenance). Tokyo - Japón, 1982.

OROZCO BARRAGÁN, Gabriel Andrés y PELÁEZ MOTTA, Francisco Alejandro. Estudio y diseño del programa de implementación del pilar del mantenimiento autónomo, como una estrategia para aumentar la eficiencia global del equipo (OEE), reduciendo las causas de las seis grandes pérdidas para la línea de producción Systempack. 2009.

PARDO MERINO, Antonio y RUIZ DÍAZ, Miguel Ángel. Análisis de datos con SPSS 13 Base. Madrid: McGraw-Hill, 2005.

PLASTICEL. Estructuras. 2017. Disponible en: [http://plasticel.com.co/es/wp-content/uploads/2017/06/Bilaminado\\_C.pdf](http://plasticel.com.co/es/wp-content/uploads/2017/06/Bilaminado_C.pdf).

PROALNET. Manual de usuario de la plataforma Proalnet. 2017.

ROACH, John. 4,000-Year-Old Noodles Found in China. National Geographic, 2005. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.com/news/2005/10/4-000-year-old-noodles-found-in-china/>

SOSA CARDENAS, Diego Alejandro. Indicadores de gestión. Bogotá, 2008.

STATGRAPHICS TECHNOLOGIES, INC. Statgraphics Centurion. Versión 16.3.04, Windows, 2013.

TNA. Robag® 3 Parts Manual, 2005.

TOALA ROBLES, Hugo Fernando y ZAMBRANO MONTESDEOCA, Mariana. Diseño de un sistema de gestión y control operacional para una empresa que se dedica a la comercialización de repuestos de vehículos y servicios de reparación cuyas instalaciones se encuentran ubicadas en la ciudad de Guayaquil. Guayaquil, 2009.

TRIOLA, Mario F. Estadística. 9a edición, México: Pearson Educación, 2004.

UCELO LEZANA, Astrid Roxana. Diseño e implementación del sistema de eficiencia global de los equipos (OEE) en una línea de producción de pañales desechables e investigación de propuesta viable para la degradación de estos productos no reciclables en la empresa Altenvasa. Guatemala, 2008.