

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas**

Aplicación del Indicador OEE para el mejoramiento de la eficiencia en la línea de  
soplado de una empresa fabricante de envases plásticos del cantón Durán.

**Proyecto Integrador**

Previo a la obtención del Título de:

**Licenciatura en Auditoría y Control de Gestión**

Presentado por:

Ivette Arianna Cruz Troya

Olga Nicol Flores Velóz

Guayaquil – Ecuador

Año 2023

## Dedicatoria

---

A mi familia por haber confiado en mi desde el inicio. A mis amigas por estar conmigo en esta etapa donde crecimos y aprendimos juntas.

*Ivette Arianna Cruz Troya*

El resultado de este trabajo le dedico a Dios y a mis padres. Con su apoyo logré una meta más tanto académica como personal.

A Dios, por darme fuerzas, guía, sabiduría y paciencia para perseverar en mis estudios.

A mis queridos padres, Edgar Flores Flores y Betty Velóz Gómez, por su apoyo inquebrantable, alentándome a perseguir mis sueños y siempre confiando en mí.

*Olga Nicol Flores Velóz*

## Agradecimientos

---

Gracias, mamá y papá por todo el esfuerzo durante estos años. Gracias Dios por demostrarme que siempre has estado conmigo y que sus planes son perfectos.

A mi hermano Steven por las conversaciones y consejos que me supo brindar en momentos vitales durante este camino, estoy muy orgullosa de ti.

*Ivette Arianna Cruz Troya*

En primer lugar, le agradezco a Dios por todo lo que me ha bendecido en mi vida, por los talentos otorgados y oportunidades ofrecidas; mi gratitud eterna por tu amor y guía.

A mis padres, mi pilar fundamental que siempre me ha brindado su apoyo de manera material, económico y moral. Su amor y aliento constante me impulsaron a ser perseverante y a luchar por un futuro mejor.

*Olga Nicol Flores Velóz*

## Declaración Expresa

---

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Ivette Arianna Cruz Troya* y *Olga Nicol Flores Velóz* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Guayaquil, 02 de junio de 2023.



---

Ivette Arianna Cruz Troya



---

Olga Nicol Flores Velóz

## **Evaluador**

---

Profesor de Materia  
**Christian Vera Alcívar**

## Resumen

El presente proyecto es realizado a una empresa manufacturera de envases plásticos ubicados en el cantón Durán, cuyo caso de estudio está basado en la aplicación del indicador OEE (Efectividad Global del Equipo), donde se levantó la información mediante entrevistas a los componentes que conforman el indicador que son: disponibilidad, rendimiento y calidad; se observa que requieren optimizar el proceso de la línea de soplado buscando la eficiencia operativa de los equipos y así potenciar sus procesos productivos mediante propuestas de mejoras continuas. La metodología que se usa para la realización del estudio es la herramienta de ciclo de Deming, que nos permitirá hacer mejoras continuas diarias a raíz de la información que hemos descubierto, posteriormente tomar acciones correctivas ante las problemáticas presentadas en los diferentes componentes del indicador OEE; así, al repetir el ciclo una y otra vez la organización podrá lograr un crecimiento gradual y sostenible, identificando áreas de mejora y optimizando constantemente sus procesos y resultados. Finalmente, al implementar mejoras basadas en los resultados del OEE, la empresa puede reducir los tiempos de inactividad, minimizar los defectos de producción y aumentar la productividad en general.

**Palabras Clave:** Eficiencia, Proceso, OEE, Ciclo Deming,

## **Abstract**

*The present project is carried out in a plastic containers manufacturing company located in the Durán canton, whose case study is based on the application of the OEE (Overall Equipment Effectiveness) indicator, where information was collected through interviews to the components that make up the indicator which are: availability, performance and quality; it was observed that they need to optimize the process of the blow molding line seeking operational efficiency of equipment and thus enhance their production processes through proposals for continuous improvement. The methodology used to carry out the study was the Deming cycle tool, which will allow us to make daily continuous improvements based on the information we have discovered, then take corrective actions to the problems presented in the different components of the OEE indicator; thus, by repeating the cycle over and over again the organization can achieve a gradual and sustainable growth, identifying areas for improvement and constantly optimizing its processes and results. Finally, by implementing improvements based on OEE results, the company can reduce downtime, minimize production defects, and increase overall productivity.*

**Keywords:** *Efficiency, Process, OEE, Deming Cycle,*

# Índice general

## Tabla de contenido

<b>Dedicatoria</b> .....	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>II</b>
<b>Declaración Expresa</b> .....	<b>III</b>
<b>Evaluadores</b> .....	<b>IV</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>V</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>VI</b>
<b>Índice general</b> .....	<b>VII</b>
<b>Abreviaturas</b> .....	<b>X</b>
<b>Simbología</b> .....	<b>X</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>XI</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>XII</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>2</b>
<i>1.1. Antecedentes</i> .....	<i>2</i>
<i>1.2. Descripción del problema</i> .....	<i>3</i>
<i>1.3. Justificación del problema</i> .....	<i>3</i>

1.4.	<i>Objetivos</i> .....	4
1.4.1.	Objetivo general .....	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	4
1.5.	<i>Marco teórico</i> .....	4
1.5.1.	Marco Conceptual .....	4
1.5.2.	Marco Referencial .....	11
1.5.3.	Marco Metodológico .....	13
<b>CAPÍTULO 2.....</b>		<b>15</b>
<b>Metodología .....</b>		<b>16</b>
2.1.	<i>Tipo de Investigación</i> .....	16
2.2.	<i>Hipótesis de investigación</i> .....	17
2.3.	<i>Población y Muestra</i> .....	18
2.4.	<i>Proceso metodológico</i> .....	18
2.5.	<i>Instrumento de recolección de información</i> .....	19
2.6.	<i>Ciclo Deming</i> .....	19
	FASE 1: PLANIFICAR .....	19
	FASE 2: HACER .....	21
	FASE 3: VERIFICAR.....	29
	FASE 4: ACTUAR.....	31
<b>CAPÍTULO 3.....</b>		<b>32</b>
<b>Resultados Obtenidos del indicador OEE a través del ciclo Deming.....</b>		<b>33</b>
	<i>FASE 1: PLANIFICAR</i> .....	33
	Revelaciones .....	33
	<i>FASE 2: HACER</i> .....	34

Clasificación de los tiempos de pérdida.....	35
<i>Resultados Obtenidos de los tiempos de perdidas .....</i>	<i>38</i>
<i>Resultados obtenidos del Indicador OEE.....</i>	<i>40</i>
Análisis de resultados del Indicador OEE.....	40
<i>FASE 3: VERIFICAR.....</i>	<i>42</i>
<i>FASE 4: ACTUAR.....</i>	<i>44</i>
Análisis de Costo-beneficio .....	44
Costos del manual de estandarización .....	45
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>47</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>48</b>
4.1. Conclusiones .....	48
4.2. Recomendaciones.....	49
<b>Referencias .....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>52</b>

## **Abreviaturas**

OEE	Overall Equipment Effectiveness
PDCA	Planificar, hacer, verificar y actuar
ISO	International Organization for Standardization
HDPE	High Density Polyethylene)
SAS	Sociedad por acciones simplificadas

## **Simbología**

PNV	Paradas no voluntarias
PV	Paradas voluntarias
SCRAP	Materia prima desperdiciada
UD	Unidad
LTS	Litros
SEG	Segundos
RPM	Revoluciones por minuto

## Índice de figuras

Ilustración 1 - Clasificación del OEE. Cruelles (2010) .....	7
Ilustración 2. - Estructura de las 16 grandes pérdidas (Ecoquality, 2019).....	8
Ilustración 3. – Definiciones de los tipos de pérdidas comunes. Autoría propia, .....	9
Ilustración 4. - Ciclo Deming. Autoría propia. ....	10
Ilustración 5. - Diagrama sobre tamaño poblacional. ....	18
Ilustración 6. - Mapa de actor principal de problemática. Autoría propia. ....	21
Ilustración 7. - Mapa procesal de función operativa de la empresa. Autoría propia.....	22
Ilustración 8. - Smart procesal de extrusión. Autoría propia. ....	26
Ilustración 9. - Proceso de planificación de materia prima. Autoría propia. ....	26
Ilustración 10. - Manual de estandarización de la máquina. Autoría propia.....	30
Ilustración 11.- Tipo de pérdida que tiene la maquina dentro del tiempo operativo valioso. Autoría propia. ....	36
Ilustración 12.- Tipo de pérdida que tiene la máquina dentro del tiempo operativo neto. Autoría propia. ....	37
Ilustración 13.- Tipo de pérdida que tiene la máquina dentro del tiempo operativo. Autoría propia. ....	37
Ilustración 14.- Tipo de pérdida que tiene la máquina dentro del tiempo de carga. Autoría propia. ....	38
Ilustración 15: Gráfico de barras que detalla de manera porcentual los tiempos de pérdidas .....	38

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> .....	13
<b>Tabla 2</b> .....	20
<b>Tabla 3</b> .....	25
<b>Tabla 4</b> .....	34
<b>Tabla 5</b> .....	35
<b>Tabla 6</b> .....	35
<b>Tabla 8</b> .....	42
<b>Tabla 9</b> .....	44

# **CAPÍTULO 1**

## **Introducción**

### **1.1. Antecedentes**

La empresa de este proyecto pertenece a la industria de envases plásticos constituida en junio del 2018 en la provincia del Guayas en el cantón Durán, donde iniciaron sus operaciones con infraestructura y recursos a partir de agosto del 2020.

La actividad principal de la empresa consiste en la fabricación y comercialización de envases y tapas plásticas, los cuales son orientados principalmente al sector agrícola para composición químico.

La empresa tiene como misión satisfacer las necesidades de calidad y precio de sus clientes brindando siempre la mejor opción para transportar los productos de forma segura y a la vez otorgar un servicio personalizado; así mismo, cuenta con la visión de posicionar la marca en la mente del consumidor como la alternativa con la mejor relación costo-beneficio en el sector actual del mercado. Por otra parte, al pertenecer al sector de plásticos forman parte del compromiso medioambiental al contar con máquinas 100% eléctricas permitiendo ahorrar de más del 35% de este consumo y al reprocesar el material para evitar desechos.

El principal enfoque de este proyecto es determinar la efectividad global de la línea de soplado a través de la implementación del indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness, por sus siglas en inglés) para controlar su eficiencia, puesto que proporciona una visión integral de la productividad de los equipos al considerar los aspectos relacionados con el indicador como son: disponibilidad, rendimiento y calidad. Para ello, la utilización de un sistema de resolución de problemas mejorará de manera continua la problemática, como es el Ciclo Deming o Ciclo PDCA.

## **1.2. Descripción del problema**

La empresa en la que se implementó el indicador es una fábrica que produce envases plásticos por la línea de soplado. Inicialmente, consideraban poco práctico tener el enfoque de efectividad de las máquinas, dada la poca cantidad de clientes; sin embargo, actualmente se encuentra en proceso de expansión de mercado con un aumento de clientes claves. Esto les ha obligado a gestionar con mayor eficiencia sus máquinas para brindar un mejor servicio a sus clientes. Para esto, la empresa necesita encontrar una forma de optimizar el uso de sus bienes de capital.

## **1.3. Justificación del problema**

El presente trabajo busca mejorar la eficiencia en los procesos productivos mediante la técnica de medición OEE, el cual dicha herramienta ayuda a medir la eficiencia global del equipo siendo esta apta y capaz de obtener información útil sobre la situación actual de la máquina. La información que nos genera este indicador es apropiada para el proyecto puesto que ayudará a identificar las causas de tiempos de inactividad en la línea de soplado e ineficiencias en el proceso de producción, evaluar el rendimiento de la maquinaria con respecto a su rendimiento estándar y analizar sobre la calidad de los productos producidos, sean estos, defectuosos o no conformes. Junto a este indicador, el uso de un método de gestión continua como es el Ciclo Deming, para poder buscar posibilidades de mejora, implementar modificaciones, analizar resultados y repetir el ciclo de manera continua.

Para esta actividad del proyecto intervienen los departamentos de producción, calidad y mantenimiento.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. *Objetivo general***

Determinar la efectividad global de la línea de soplado mediante el indicador OEE para el monitoreo de su eficiencia.

### **1.4.2. *Objetivos específicos***

- Comprender las causas de productos defectuosos en la máquina para su respectivo análisis y posterior aplicación del ciclo de mejora continua.
- Establecer los tiempos perdidos para su posterior clasificación OEE
- Aplicar el indicador OEE a la máquina de mayor problema para la cuantificación de su eficiencia.
- Mejoramiento del indicador OEE mediante la aplicación de procesos correctivos

## **1.5. Marco teórico**

En este proyecto se expondrán los diferentes conceptos aplicados, con el fin de facilitar la comprensión del material, el cual se encuentra enfocado a una empresa manufacturera de envases plásticos.

### **1.5.1. *Marco Conceptual***

#### **1.5.1.1. Línea de soplado o moldeo por soplado**

Existen definiciones que afirman que este modelo de soplado se caracteriza por ser discontinuo y es exactamente esta razón lo que nos permite tener mejoras para cumplir con los objetivos trazados, ya que produce envases huecos al fundir una resina dando origen a una preforma que posteriormente se la lleva al molde que se desea fabricar, una vez enfriada se obtiene

el producto final. La preforma se puede elaborar de dos formas, una es por inyección y sopleo o extrusión y sopleo. (Mariano, 2011)

y

### ***Moldeo por extrusión - sopleo***

“Es preferido para la obtención de botellas de PVC transparentes, es un proceso de extrusión - sopleo, con una etapa que asegura el estiramiento longitudinal del recipiente producido. Las primeras etapas de este método siguen el mismo camino descrito para el proceso extrusión - sopleo convencional, pero al llegar a la última etapa no se obtiene el producto final, sino una preforma. En el proceso convencional, la preforma obtenida es sellada en su parte inferior y soplada, sufriendo un gran estiramiento circunferencial, pero bajo longitudinalmente, que provoca un arreglo y orientación desbalanceado en las moléculas y pérdida de las propiedades físicas máximas que el polímero puede proporcionar. Para resolverlo, la preforma obtenida es trasladada al molde que tiene la forma del producto final y que es mayor en longitud y circunferencia en relación con la preforma.” (Mariano, 2011)

### **1.5.1.2. Efectividad Global del Equipamiento - OEE**

Basándonos en lo que afirmó Nakajima (1988): “El indicador OEE propuesto por Nakajima (1988) tiene como objetivo medir la efectividad productiva de los equipos y reducir sus pérdidas a lo más próximo de cero, y que sea reconocido como una necesidad por diferentes organizaciones”. Mientras que para Bamber et al (1998) argumenta que: “El OEE previene la suboptimización individual de las máquinas o líneas, entregando un método sistemático de estabilización incorporando herramientas y técnicas prácticas de gestión con el fin de lograr una vista equilibrada de la disponibilidad de proceso, calidad y rendimiento”.

### ***Cálculo OEE***

Según Belohlavek (2006), el indicador OEE es un índice que nos permite medir cuantificar la efectividad que tiene una línea o una máquina en forma de porcentaje, caracterizados por 3 subindicadores que son: disponibilidad, rendimiento y la calidad. La ecuación mencionada es la siguiente:

$$OEE (\%) = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad \times 100\%$$

#### *Ecuación 1: Indicador OEE*

**Disponibilidad:** Citando directamente tenemos que es la “Proporción de tiempo que la máquina estuvo lista para operar o producir respecto al tiempo planificado de producción, es decir, mide el tiempo realmente productivo”. (Alonso, 2009)

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo de operación} - \text{tiempo de para}}{\text{Tiempo de operación}} * 100\%$$

#### *Ecuación 2 - Expresión para hallar la disponibilidad*

**Rendimiento:** Basándonos en la afirmación tenemos que es: “Muestra el correcto aprovechamiento de la capacidad de la máquina en el tiempo que estuvo operativa. Las disminuciones del rendimiento son provocadas generalmente por pequeñas paradas o por variaciones de la velocidad, a valores menores que la capacidad nominal de la máquina”. (Belohlavek, 2006):

$$Rendimiento = \frac{\text{Unidades totales planificadas} - \text{Unidades totales generadas}}{\text{Unidades totales planificadas}} * 100\%$$

#### *Ecuación 3 - Expresión para hallar el rendimiento*

**Calidad:** “Cuántas unidades producidas dentro de los parámetros de calidad establecido respecto al total de producción realizada, sean productos buenos o malos”. (Belohlavek, 2006):

$$Calidad = \frac{Productos\ buenos - productos\ fallidos}{Productos\ buenos\ y\ fallidos} * 100\%$$

*Ecuación 4 - Expresión para hallar la calidad*

### **Clasificación de la OEE**

Las componentes del indicador se expresan en porcentajes pero hay que tener muy en claro que para determinar el valor del OEE se debe multiplicar a las 3 componentes en forma de coeficiente o índice, caso contrario saldrá mal. Lo correcto está en multiplicar las componentes expresadas en índice, es decir, en valores entre 0 y 1 y a esta multiplicación agregarle el 100%. Ponemos a su disposición una tabla sobre la clasificación de este indicador:

OEE	Valoración	Descripción
OEE<65%	Deficiente (Inaceptable)	Se producen importantes pérdidas económicas. Existe muy baja competitividad.
65%≤OEE<75%	Regular	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas. Existe baja competitividad.
75%≤OEE<85%	Aceptable	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85%≤OEE <95%	Buena	Entra en valores de Clase Mundial. Buena competitividad.
95%≤OEE≤100%	Excelente	Valores de Clase Mundial. Alta competitividad.

Fuente: Cruelles (2010).

### *Ilustración 1 - Clasificación del OEE. Cruelles (2010)*

Se critica bastante que las componentes de este indicador tienen la misma importancia y que muchas veces no es así. Según Raouf (1994), deben tener ponderaciones distintas porque existen pérdidas que varían según la componente a analizar, ya que la disponibilidad está relacionada con las pérdidas de tiempos, el rendimiento de la velocidad y la calidad por el resultado final del producto.

Asimismo, hemos adjuntado las pérdidas más comunes que ocurren:

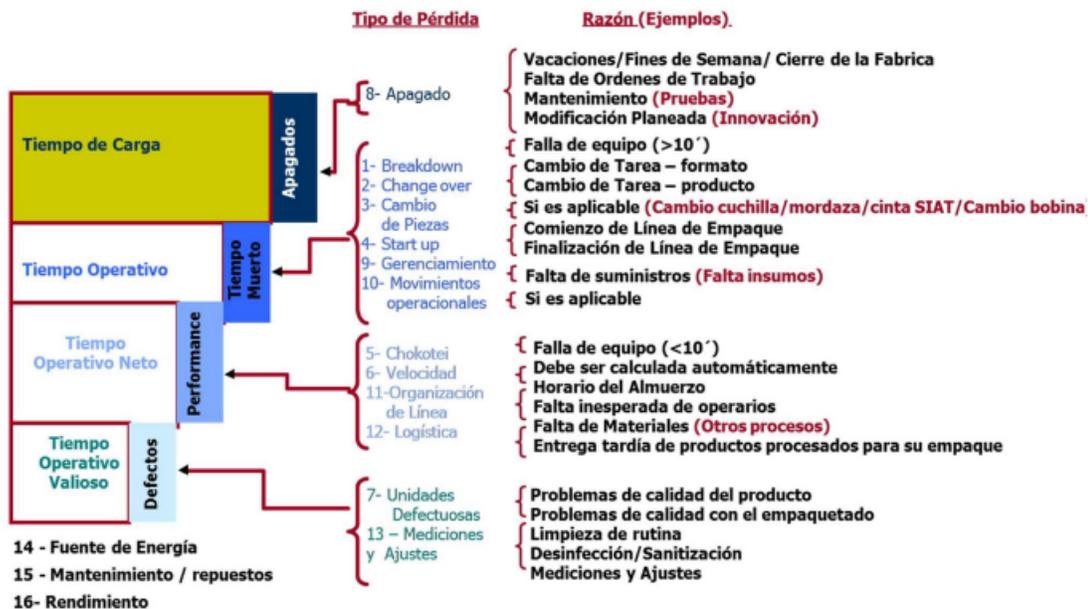


Ilustración 2. - Estructura de las 16 grandes pérdidas (Ecoquality, 2019)

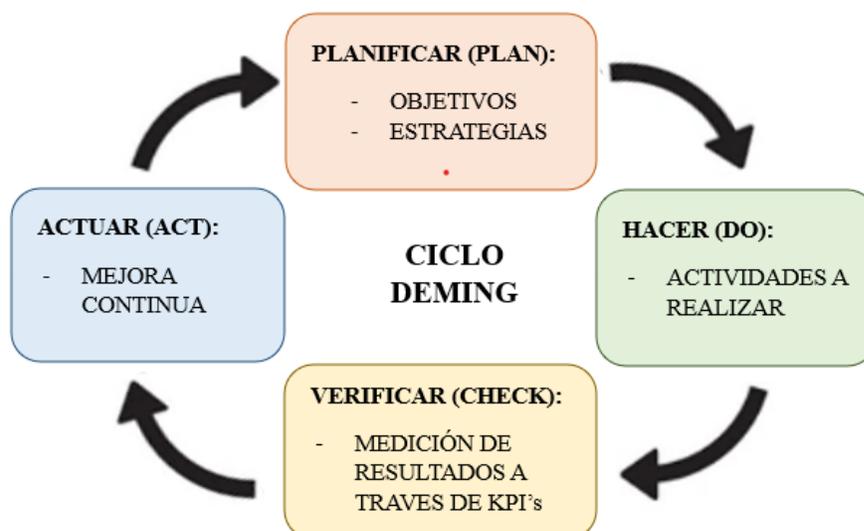
Desglosando lo que quiere decir esta ilustración, podremos detallar mejor lo que corresponde a las pérdidas de tiempo más comunes en el nivel industrial:

Tipo de pérdida	Definición
1.- <<Breakdown>>	Engloba a las fallas de equipo tal como la rotura de algún componente.
2.- <<Change over>>	Es el tiempo que se pierde en pasar del último producto fabricado hasta el primero del siguiente turno. Entre las más comunes están el cambio de producto, cambio de molde o marca.
3.- Cambio de piezas	Es el tiempo perdido por tener que reemplazar alguna pieza de la máquina porque ya cumplió su vida útil o porque se necesita suministrar un nuevo insumo que se usa para la producción. Entre las más comunes tenemos: cambios de mordaza, cuchilla, bobina, teflón, cinta, etc.
4.- <<Start up y Ramp down>>	Es el tiempo que se ajusta para que la máquina inicie y alcance su velocidad de operación. Por ejemplo: Inicio de producción, fin de producción.
5.- Chokotai	Es el tiempo por paradas que no son planificadas MENORES a 10 minutos tales como enroscar, ajustes, falla de equipos o de línea de producción.
6.- <<Speed>>	Es el tiempo que se pierde por trabajar a menor velocidad de la que normalmente opera y esto ocurre por daños en el equipo o materiales contaminados.
7.- Unidades defectuosas	Tiempo que se pierde debido a una anomalía en el proceso tal como la reducción de la velocidad o parar la línea para retrabajar los productos en la línea.
8.- <<Shutdown>>	Por ejemplo: falta de demanda, feriado, fin de semana, innovaciones/ proyectos, limpieza programada, etc. Se tiene que mencionar que este tipo de pérdidas no afectan al OEE.
9.- <<Management>>	Son las pérdidas por falta de capacitación, orden, repuestos o algún suministro de energía. Por ejemplo: Accidentes, incidentes de seguridad, riesgos calidad, falta de energía eléctrica, reuniones no programadas, etc.
10.- <<Operational motion>>	Pérdidas por disposición baja en el personal debido a falta de conocimiento, desplazamientos o fallas en la ejecución.
11.- <<Line organization>>	Pérdidas por falta de operadores tal como la hora de almuerzo, o porque se les atribuyó más trabajo a los operadores de lo que se tenía previsto.
12.- <<Logistics>>	Es el tiempo que se pierde por problemas con la materia prima tal como la falta de material del empaque, stock lleno, falta de pallet, etc.
13.- <<Measurement and adjustment>>	Son los tipos de pérdidas por ajuste y calibración de algún componente del equipo para evitar que se repita el mismo problema. Por ejemplo: ajustes y calibraciones para prevenir la falta de calidad, limpieza no programada, peso fuera de lo especificado, etc.
14.- <<Energy>>	Pérdidas por cortes de energía. Sin embargo, esto no afecta al OEE.
15.- <<Maintenance Spare Parts>>	No afecta al OEE
16.- Yield	Son las pérdidas en la materia prima y esta tampoco afecta al OEE.

*Ilustración 3. – Definiciones de los tipos de pérdidas comunes. Autoría propia,*

### 1.5.1.3. Ciclo Deming

Este ciclo consta de 4 fases: planear, hacer, verificar y hacer. Es una herramienta de mejora continua que se caracteriza en poder repetir el proceso hasta que se alcance los objetivos deseados. Como todo ciclo, se tiene que respetar el orden y este no es la excepción, ya que no se puede obtener un resultado sin haber hecho algo. La ventaja que presenta este ciclo es que se puede hacer las mediciones que sean necesarias para corregir esas falencias que hacen falta para lograr lo que queremos. (UMNG, 2019, pág. 3.2)



*Ilustración 4. - Ciclo Deming. Autoría propia.*

Los conceptos se definen así:

**Planear:** En esta fase se tiene que realizar la estrategia para cumplir con los objetivos y el tiempo que en teoría esperan a que se lleve acabo su realización, ya que algunas veces ocurren imprevistos o situaciones inesperadas que pueden adelantar o atrasar el tiempo planificado.

**Hacer:** Es la realización o dicho de otra manera la puesta en práctica de lo que previamente se organizó. Básicamente es la puesta en marcha de la metodología para procesar los datos que se obtienen y así empezar a desarrollar las ideas de solución.

**Verificar:** En esta fase se comprueba los resultados obtenidos con lo esperado a nivel teórico, en caso de que no se obtenga lo esperado, toca regresar a la fase anterior y hacer las correcciones pertinentes. Además, también se revisa el impacto de tu propuesta de solución para saber si se elimina por completo o solo se corrige.

**Actuar:** En esta última fase se debería cumplir las metas trazadas en un porcentaje altamente significativo, sino, toca retroceder y cambiar el plan, mas no la meta. También se debe notificar la mejora que se obtuvo antes y después de haber puesto en marcha la planificación, ya que sirve de experiencia para tomar las medidas correctivas.

Borrego (2009) menciona que este ciclo tiene la versatilidad que no es únicamente aplicable a las máquinas, sino a un conjunto de ellos e inclusive en otras áreas de una empresa. Respetando la secuencia del ciclo se puede hallar las actividades que merman y así enfocarnos en mejorarlo. El mismo Dr. Deming que usó una servilleta y una pluma dijo que “la herramienta no presenta un grado de dificultad alto”, dando a entender que no hay que subestimar el poder que tienen las herramientas por más insignificante que parezcan.

### ***1.5.2. Marco Referencial***

Camila Andrea Cano Betancurt, trabajo de grado titulado “Aplicación del indicador de eficiencia de equipos OEE, para el área de inyección como una forma de optimizar los procesos y recursos en la empresa Inversiones Pérez Vélez SAS”, como objetivo principal en este trabajo de tesis es implementar el indicador de Eficiencia OEE en la empresa Inversiones Pérez Vélez SAS

como una forma de optimizar los recursos de la organización, teniendo como resultado en la aplicación del Indicador OEE, en el factor de Calidad se evidencia mejora en los productos, defectos mínimo y más unidades conformes en cada turno, esto aumenta la producción y mejora la credibilidad con los clientes finales, también disminuye la cantidad de producto a remoler y el indicador individual de calidad. En el factor Disponibilidad, mejoraron los tiempos de paro por montajes, daños, faltas de mantenimientos preventivos y por parámetros. En cuanto el desempeño, mejoraron los ciclos de cada producto lo que ayudó a un mejor rendimiento de unidades por turno, mejorando la pronta entrega para los clientes y la producción de diferentes productos seguidamente. (Betancurt, 2023)

Acorde con lo mencionado en el párrafo anterior y posteriormente analizado, el indicador OEE ayuda a medir el porcentaje actual de la máquina para que luego esté logré identificar los problemas que no permiten la efectividad total del equipo, por lo que esta implementación logra mejorar de manera porcentual la disponibilidad, calidad y rendimiento de este, llevando a una mejora del proceso ante el análisis de la recopilación de datos durante su ejecución.

Ivonne Lizeth Algarra Rodríguez, trabajo de grado titulado “Estudio de la efectividad global de los equipos (OEE) y propuesta de mejoramiento basada en el uso de herramientas de manufactura esbelta en la empresa Inemflex SAS”, establecieron como objetivo medir el estado actual de la empresa a través del Indicador OEE y proponer mejoras al desempeño productivo, mediante el uso de herramientas Lean Manufacturing, como resultado de esta aplicación lograron recopilar los datos necesarios como los tiempos programados, perdidos de producción conforme y no conforme, para que posteriormente se identifique las maquinas con baja efectividad llevando a una competitividad con porcentajes inferiores los parámetros de <<Word Class>>. (Ivonne Lizeth Algarra Rodríguez, 2018)

Acorde con lo mencionado en el párrafo anterior y posteriormente analizado, rescato que este indicador es muy accesible para ayudar a medir la efectividad de la máquina en nuestro proyecto el cual nos va a dar de manera porcentual la situación actual de la máquina para que posteriormente se tome las medidas adecuadas ante la información recopilada para la mejora continua.

### **1.5.3. Marco Metodológico**

Según investigaciones mencionadas en el punto anterior, se llegó al análisis de la metodología empleada, surgiendo que es aplicable para este caso de estudio:

La aplicación del OEE busca la mejora del proceso y eficiencia de la línea de producción en la industria, evaluando sobre cómo están utilización los equipos y a qué medida se está aprovechando su capacidad máxima. Por ello, la herramienta necesaria para el cumplimiento de este indicador es el ciclo de Deming, puesto que busca constantemente la optimización de las actividades mediante la verificación de sus cuatro fases que son: planear, hacer, verificar y actuar para posterior generar fases correctivas ante situaciones de afectación del proceso.

**Tabla 1**

*Resumen de metodología aplicada en otras tesis similares.*

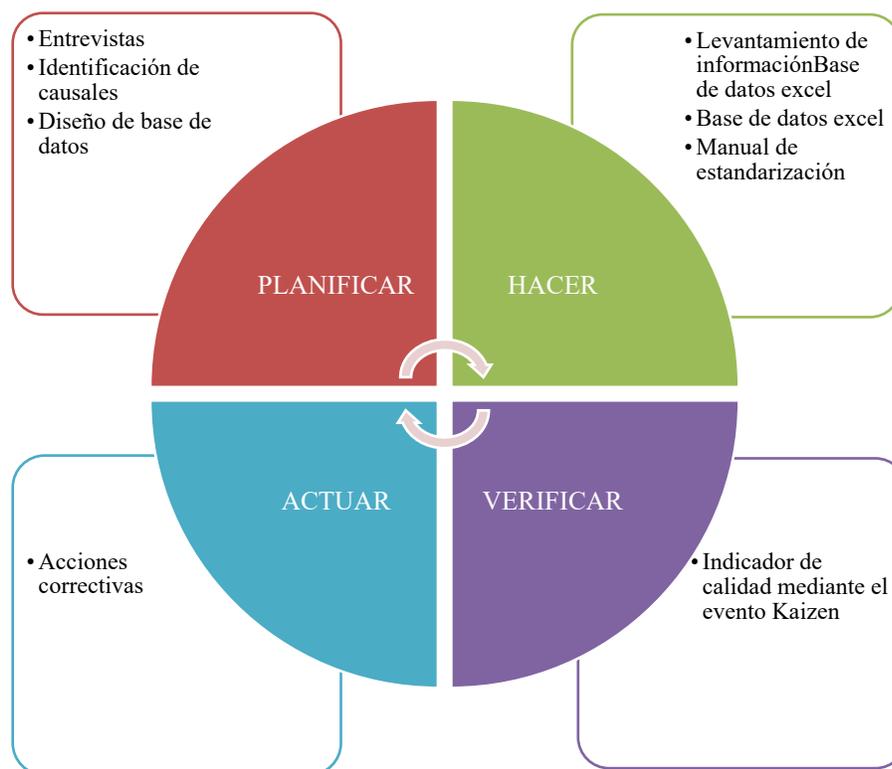
<b>Título</b>	<b>Tesis 1</b>	<b>Tesis 2</b>
<b>PLANEAR</b>	Levantamiento de información, establecer cálculo actual del OEE en la organización, determinar y diseñar acciones para el mejoramiento del OEE mediante el uso de la metodología	Recopilación de información, aplicación de identificación de problemas, sistema de control y aplicación del OEE con mejoras posibles

<b>HACER</b>	Entrevistas, Base de datos de Excel Búsqueda de fuentes de autores y propuesta de posibles soluciones	Seleccionar maquina piloto, diagrama de Ishikawa, matriz Causa y Efecto; y, acciones de mejora
<b>VERIFICAR</b>	Información consolidada del funcionamiento de la línea de soplado, medición del estado actual de la empresa mediante indicador OEE y propuesta de mejoras continua con el uso Lean Manufacturing.	Daño de resistencia por mala manipulación, cambio de moldes para elaborar otro producto, reducir tiempos muertos y cuellos de botella provocados por los paros no programados.
<b>ACTUAR</b>	Se enfocaron en la búsqueda de la eliminación de las pérdidas ocultas para las máquinas laminador e impresora.	Diseñaron un sistema de registros en línea, la misma que se utiliza para visualizar la información en tiempo real y poder tomar decisiones oportunas.

*Nota. – Autoría propia.*

## **CAPÍTULO 2**

## Metodología



### 2.1. Tipo de Investigación

Este proyecto es un **caso de estudio**, puesto que la empresa dispone de algunas máquinas en su planta, sin embargo, nosotros nos limitamos a la línea de soplado. Podemos hacer una recopilación de datos o dicho de otra manera un levantamiento de información mediante encuestas, entrevistas, visitas de campo, entre otras. Esto nos ubica dentro de un análisis tanto cualitativo como cuantitativo para alcanzar los objetivos antes trazados, es decir, debemos levantar la información por nuestra propia experiencia para encontrar esas revelaciones que de momento solo suponemos con la poca información que se dispone.

## 2.2. Hipótesis de investigación

El uso del coeficiente OEE mejorará eventualmente la eficiencia de la planta en cualquier momento que se requiera ya que va de la mano con el ciclo de mejora continua.

La compañía como era de esperarse tiene varias máquinas y varios modelos de sopladoras, lo que nos hizo tener que limitar la cantidad de máquinas a analizar. Dicha limitación consiste en enfocarnos exclusivamente en un solo tipo de máquina de soplado que tiene la empresa, la cual, por petición de la empresa, no pondremos el nombre real de la máquina, ni su modelo, sino, usaremos el pseudónimo de máquina de soplado la que estamos analizando. Como dato adicional, se sabe que la planta cuenta con 4 máquinas distintas para la fabricación de envases.

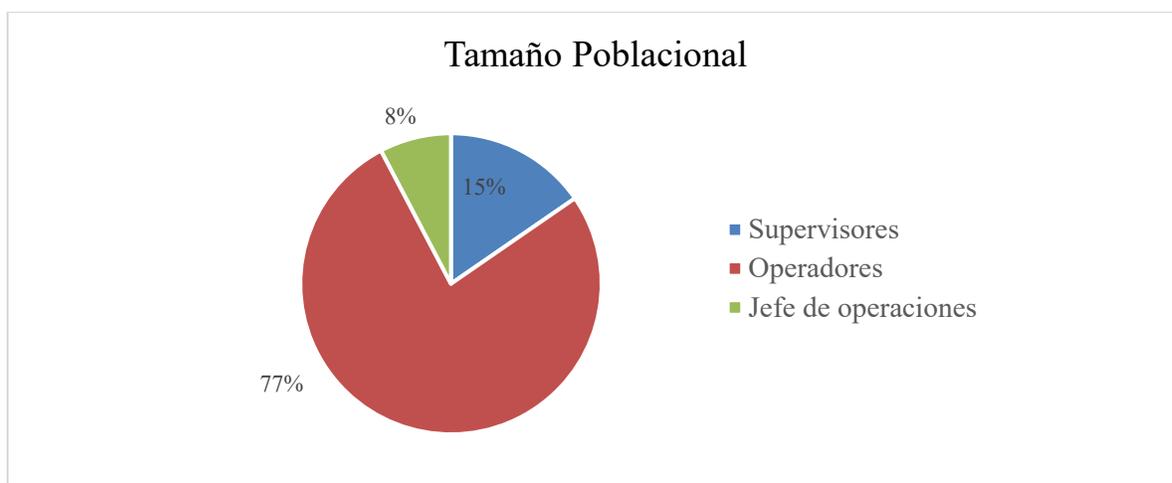
Las fórmulas mencionadas en el capítulo anterior sirven de base para la obtención de los índices, sin embargo, estos índices varían y se pueden modificar según la forma en que la empresa hace operar a la máquina en conjunto con el personal asignado, pero al final fue el mismo resultado.

Se solicitó a la empresa que nos facilitara datos de la máquina de soplado, los cuales serán detallados más adelante. La manera que empleamos para determinar la efectividad global del equipo industrial fue mediante el software de Office 365, Excel; Esto se debe a que la empresa nos proporcionó información de la máquina de soplado en formato xlsx con datos tomados desde el miércoles 10 de mayo hasta el viernes 7 de Julio del 2023. Por lo que fue necesario especificar que estos índices son válidos para este intervalo de tiempo y así mismo, recordarles que el índice OEE satisface al ciclo de mejora continua.

### 2.3. Población y Muestra

La determinación de la población de estudio se basó en la participación del personal del departamento producción, calidad y mantenimiento, el cual está compuesto de: 2 supervisores, 10 operadores y 1 jefe de operaciones; un total de 13 empleados.

Además, en esta investigación, se tomó como muestra el departamento de producción, al cual se implementó el indicador OEE con la mejora continua de los procesos basado en la herramienta del Ciclo Deming, con el propósito de mejorar la eficiencia de sus operaciones.



*Ilustración 5. - Diagrama sobre tamaño poblacional.*

*Nota. Personal registrado hasta el mes de julio 2023. Autoría propia.*

### 2.4. Proceso metodológico

En la realización de este proyecto, se empleó primero la selección de la población en estudio, posteriormente se recolectó información mediante herramientas, como entrevistas de manera virtual y presencial, observaciones y documentos escritos para organizar y clasificar la información obtenida para así poder realizar su análisis e interpretación y finalmente realizar proyección de mejoras aplicables para el estudio de caso.

## 2.5. Instrumento de recolección de información

Para obtener una comprensión más completa y precisa del área, se realizó un proceso de recopilación de datos mediante conversaciones por la aplicación <<zoom>> y visitas de campo. Estas acciones se llevaron a cabo con la finalidad de obtener la máxima información a partir de las observaciones realizadas por personas encargadas, quienes trabajan directamente en el proceso de producción con la línea de soplado en estudio. Asimismo, la aplicación de herramientas de análisis y resolución de problemas como mapa de actores, etc.

## 2.6. Ciclo Deming

El ciclo Deming es una herramienta que tiene como finalidad la evaluación del control interno, a través de 4 componentes fundamentales para asegurar la consecución de sus objetivos.

Estos componentes son los siguientes:

- Planear
- Hacer
- Verificar
- Actuar

### ***FASE 1: PLANIFICAR***

En este capítulo se detalla el proceso que se utilizó para levantar información y obtener las revelaciones que nos ayudan a la comprensión de la problemática mediante el ciclo Deming.

Empezaremos con una tabla que resuma la metodología aplicada:

**Tabla 2***Planificación*

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Estrategia</b>	<b>Herramienta usada</b>	<b>Tiempo estimado</b>
Comprender las causas de productos defectuosos en la máquina para su respectivo análisis y posterior aplicación del ciclo de mejora continua.	Levantar información del área de producción y calidad.	Entrevistas Visitas de campo Base de datos en Excel.	1 mes y medio <u>F/. inicio:</u> 22/05/2023 <u>F/. fin:</u> 7/07/2023
Establecer los tiempos perdidos para su posterior clasificación OEE.	Elaborar una base de datos con la información reunida.	Entrevistas Visitas de campo Base de datos en Excel	1 mes y medio <u>F/. inicio:</u> 22/05/2023 <u>F/. fin:</u> 7/07/2023
Aplicar el indicador OEE a la máquina de mayor problema para la cuantificación de su eficiencia.	Determinar la máquina que presenta más inconvenientes	Clasificación de los tiempos de pérdidas	1 mes
Mejoramiento del indicador OEE mediante la aplicación de procesos correctivos.	Establecer un manual de estandarización para el mejoramiento del indicador calidad	Evento Kaizen	2 semana

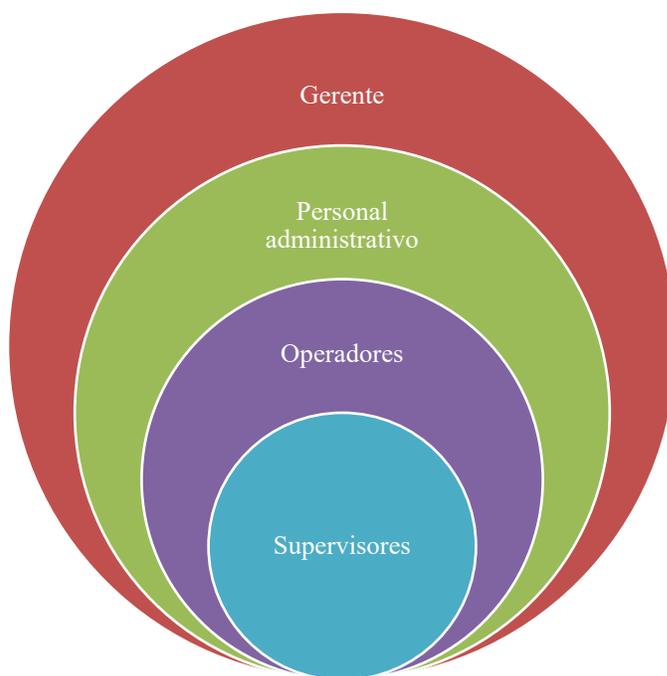
*Nota.* Descripción de la fase 1 planificar

## ***FASE 2: HACER***

### **Levantamiento de información**

En esta primera etapa del ciclo Deming, tuvimos que hacer entrevistas para conocer todo lo que aborda la máquina de nuestro interés y nos dimos cuenta de que hay personal que trabaja directa e indirectamente. A continuación, se detallarán las herramientas que se usó para llevar a cabo lo antes mencionado:

### **Mapa de Actores**



*Ilustración 6. - Mapa de actor principal de problemática. Autoría propia.*

Esta herramienta nos permitió identificar la persona que está directamente involucrada en la máquina de manera diaria y promueve el estado de los reportes diarios. Como se pudo observar, los supervisores o también llamado operadores son el eje de esta situación, así que se le hizo sus

respectivas entrevistas para comprender mejor el funcionamiento de la máquina, así como por menores que se detallarán en las revelaciones.

### Mapa procesal de Funciones



*Ilustración 7. - Mapa procesal de función operativa de la empresa. Autoría propia.*

En este mapa se bosquejó de acuerdo con las responsabilidades que cumplen cada personal de acuerdo con el puesto designado, el cual, para este caso, intervienen directamente con la línea de soplado 3 colaboradores que son el jefe de operaciones, quienes dan la orden para la producción requerida, los supervisores quienes son los encargados de iniciar su jornada y poner en marcha las producciones establecidas previamente y los operadores quienes ejecutan directamente el producto final.

Asimismo, para comprender su proceso de producción, será descrito con detalle a continuación:

### Proceso de producción

1. La planta de la empresa opera mediante dos turnos, los cuales corresponden a 12 horas por día, lo que nos indicaron fue que hay personal matutino-vespertino y nocturno; Un turno empieza a las 08:00 a.m. y termina a las 20:00 p.m., mientras que el otro turno va

desde las 20:00 p.m. hasta las 08:00 a.m. Además, se debe tener en cuenta que la máquina de soplado no es la única máquina en la planta y que manualmente se las activa y desactiva, y no es que se cumple por ley que a la hora de inicio del turno se debe prender sí o sí la máquina y por consiguiente que a la hora del fin de turno se tiene que detener.

2. Se revisa el panel eléctrico y se sube los breakers para poner a calentar los tornillos y cabezales (3 horas aproximadamente).
3. Mientras se calientan, se revisa los equipos periféricos tales como el agua <<chiller>>, el compresor de aire y el agua de proceso. El agua tiene que estar de 12 a 14 grados centígrados para que enfríe el molde que viene a altas temperaturas, el cabezal y la boquilla del tornillo.
4. Se requiere bastante agua helada para que la materia prima pueda diluirse y no afectar el empaquetamiento en la caja reductora.
5. Luego, se va regulando los rpm (revoluciones por minuto) de los equipos periféricos.
6. Si la orden a realizar es del mismo molde que ya tenía puesto la máquina se procede a realizar su fabricación, caso contrario, tienen que cambiar la boquilla del cabezal. Lo que implica a tener que ajustar los rpm para la boquilla, por experiencia se sabe que, si es más pequeña la boquilla, entonces se puede usar el mismo rpm que ya estaba.
7. Una vez con los equipos periféricos ya funcionando de manera correcta, se procede a encender la máquina 1 y se retira el material que quedó porque se detuvo la máquina en el turno anterior para ser llevado al moledor; este proceso toma aproximadamente 30 minutos.

8. Los residuos que son llevados al molidor se les conoce como <<scrap>> y normalmente son productos fallidos ya sea por mal peso químico, tonalidad, puntos negros, contaminación, entre otras.
9. Una vez ya con la orden de los productos a fabricar, se procede a hacer la mezcla con el correcto peso que por estándar lo hacen: 70% HDPE que es el polietileno de alta densidad, 28% con SCRAP y 2% de colorante.
10. Se lleva el producto a calidad y esta persona es la encargada de dar el aprobado para empezar a fabricar.
11. Durante el proceso tienen que revisar y chequear que no haya inconvenientes en la fabricación del producto, y la persona que se encarga de moler tiene que revisar la calidad de los productos antes de enviarlo al despacho donde se procede a empaquetar las unidades según el pedido.

Adicional, para reforzar con respecto sobre lo que deben tener presente los supervisores al momento de arrancar la maquina a su proceso productivo, se lo demostrará posteriormente:

### **Proceso de Empaquetamiento**

1. El supervisor de turno a cargo de la producción fabrica como tal los envases de la orden.
2. Deben recibir la verificación del agente de calidad de lo que han producido
3. El operador tiene que empacar en los denominados bultos los productos del turno.
4. Se envía esto al despacho.

**Tabla 3**

*Productos finales de la máquina con sus respectivos tiempos de ciclos y unidades producidas por hora.*

<b>PRODUCTOS</b>	<b>TIEMPO DE CICLO (SEG)</b>	<b>RATIOS UD/HORA</b>
CANECA RECTANGULAR DE 20 LTS NATURAL	95	38
CANECA RECTANGULAR DE 20 LTS NATURAL 1100	76	47
CANECA RECTANGULAR DE 20 LTS BLANCO	95	38
CANECA RECTANGULAR SIN VISOR DE 20 LTS BLANCO	95	38
CANECA RECTANGULAR DE 20 LTS BLANCO 1100	75	48
CANECA RECTANGULAR SIN VISOR DE 20 LTS BLANCO	77	47
CANECA RECTANGULAR SIN VISOR DE 20 LTS BLANCO 1000	75	48
CANECA RECTANGULAR DE 20 LTS AMARILLO 1000	75	48
CANECA CUADRADO DE 20 LTS NATURAL	95	38
CANECA CUADRADO DE 20 LTS BLANCO	95	38
CANECA RECTANGULAR SIN VISOR DE 10 LTS BLANCO 700	67	54
CANECA RECTANGULAR SIN VISOR DE 10 LTS BLANCO 600	41	88
CANECA RECTANGULAR SIN VISOR DE 20 LTS AZUL	95	38
CANECA RECTANGULAR SIN VISOR DE 20 LTS NEGRO 1200	83	43
CANECA RECTANGULAR SIN VISOR DE 20 LTS NEGRO	95	38
CANECA RECTANGULAR DE 20 LTS NEGRO	76	47
CANECA RECTANGULAR SIN VISOR DE 20 LTS NEGRO	76	47
CANECA RECTANGULAR SIN VISOR DE 10 LTS AZUL	75	48
CANECA RECTANGULAR SIN VISOR DE 20 LTS AMARILLO 1000	75	48
CANECA RECTANGULAR DE 10 LTS NATURAL 700	67	54

*Nota. – Listado de envases producidos desde el 22 de mayo. Autoría propia.*

### Proceso de Extrusión de la línea de soplado

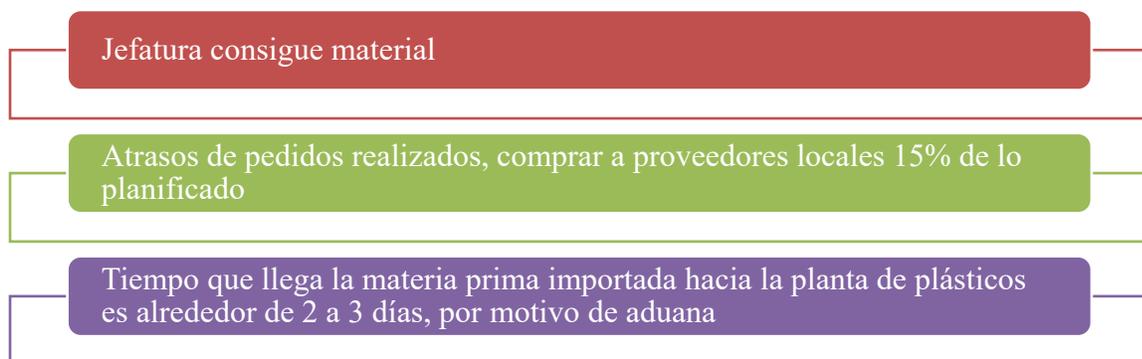
En el proceso de extrusión se encargan de fundir y moldear el plástico a flujo continuo de presión y fuerza controlada, permitiendo que los compuestos del plástico obtengan la forma deseada para su aplicación. Por ello el encargado del área debe controlar con medidas lo siguiente:



*Ilustración 8. - Smart procesal de extrusión. Autoría propia.*

### Stock de Materia Prima

La adquisición de la materia prima es procesada por el jefe de la empresa el cual se encarga de solicitarla y delega el tema de documentos de importación a la contadora de la empresa quien es la que se encarga de manejar todo el tema para que esa llegue las instalaciones y sea recibida por el personal de bodega para su almacenamiento.



*Ilustración 9. - Proceso de planificación de materia prima. Autoría propia.*

El uso del coeficiente OEE mejorará eventualmente la eficiencia de la planta en cualquier momento que se requiera, ya que va de la mano con el ciclo de mejora continua. Con la información levantada se pudo notar que la empresa carecía de estandarización en algunos procesos tales como la ficha técnica de los envases que fabrican, el proceso de la planta por parte de los operarios o supervisores y el stock de materia prima.

### **Estandarizar**

- La forma en que se regula el agua
- Los ciclos que no sean altos
- La poca refrigeración
- La presión al chiller
- Mangueras con aperturas inadecuadas
- Máquinas debidamente lubricadas
- La planificación de la materia prima

### **Procedimiento de los cálculos**

Los datos medidos en horas que se necesitó para la realización del cálculo fueron:

1. Disponibilidad: Tiempo disponible, tiempo de paradas a ciclo ideal
2. Rendimiento: Cantidades producidas, tiempo disponible y rango de unidades por hora a ciclo ideal
3. Calidad: Unidades defectuosas, cantidades producidas.

Datos necesarios para evaluación de los componentes del indicador OEE:

**Hora inicio:** Tiempo medido en horas desde que se puso a operar la máquina en el turno.

**Hora fin:** Tiempo en horas que funcionó la máquina durante el turno.

**Ciclo ideal:** Cantidad de unidades por hora que se espera que produzca, el cual según el Excel proporcionado corresponde a la columna denominada RATIO(UNID/HORAS). Si se desea las unidades hay que multiplicar por horas.

**Piezas totales producidas:** Son las unidades que llegó a producir la máquina 1 durante el turno. En el Excel corresponde a la columna CANTIDAD PRODUCIDA.

**Piezas no conforme:** Corresponde a los productos defectuosos que se generaron por turno. En el Excel corresponde a la columna UNIDADES DEFECTUOSAS.

Una vez detallado lo que significa cada variable con sus respectivas unidades, la fórmula que se empleó para cada indicador en la base de datos fue:

$$\text{Disponibilidad: } \frac{\text{Tiempo disponible}[H] - \text{Horas de paradas}[H]}{\text{Tiempo disponible}} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento: } \frac{\text{Cantidad producida}[Unidades]}{\text{Ratio} \left[ \frac{\text{Unidades}}{H} \right] * \text{Tiempo disponible}[H]} * 100\%$$

$$\text{Calidad: } \frac{\text{Cantidad producida}[Unidades] - \text{Unidades defectuosas}[Unidades]}{\text{Cantidad producida}[Unidades]} * 100\%$$

El <<ratio>> es la proporción que existe entre las unidades que se pueden producir en una hora y se obtiene dividiendo los 3600 [s] para el tiempo ciclo de la máquina [s].

### ***FASE 3: VERIFICAR***

#### **Manual de Estandarización**

Después de las entrevistas con los supervisores notamos que estos tenían formas diferentes de operar la máquina tales como el peso, el tiempo de distribución de la materia prima mientras ponen a funcionar los equipos periféricos, entre otras. Esto nos llevó a querer acabar con esas diferencias, ya que el proceso debe ser el mismo para la fabricación de los envases y el óptimo posible. Por lo tanto, se planteó realizar un manual de estandarización que combinó lo mejor de ambas formas y así optimizar el proceso de producción.

El manual que se tiene pensado diseñar puede ser para el proceso de producción, el de extrusión o el de empaquetamiento, o inclusive para las tres secciones antes mencionadas, ya que de momento con la información procesada que tenemos estas son las áreas donde podemos optimizar y corregir todas esas causas que generan pérdidas de tiempo o son inconvenientes que afectan directa o indirectamente a la eficiencia de la máquina.

### MANUAL DE ESTANDARIZACIÓN DE LA MÁQUINA

FECHA:

TURNO:

ENCARGADO DEL TURNO:

EQUIPO A REVISAR	PARÁMETROS	¿COMPROBADO?	DESCRIPCIÓN DE ANOMALÍA	¿QUÉ SE HIZO?
Agua chiller	*Encendido *Temperatura de 12 a 14 grados Celsius *Presión a 2 a 3 [bares]	SÍ NO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Compresor de aire	* Encendido * Presión 2 a 3 [bares]	SÍ NO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Agua de procesos	*2500-2750 [lts] Según la cantidad que se requiera	SÍ NO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Panel Eléctrico	*Breakers subidos *Revisar la temperatura de tornillos y cabezales	SÍ NO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Molde	*Revisar lo que se debe fabricar *Revisar que la boquilla sea correcta *180 grados celsius	SÍ NO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Retiro del material	*Suciedad, piel de naranja, baja tonalidad, puntos negros, etc, enviarlo al moledor	SÍ NO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Peso de mezcla	*70% de virgen o HDPE *28% SCRAP *2% colorante	SÍ NO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Máquina	*Lubricación adecuada *Nivelada *Ciclos según el envase *Presión 2-3 [bares]	SÍ NO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Materia prima	* Material de alta densidad y fluidez * Avisar el stock a jefatura	SÍ NO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Caja reductora	* Revisar que el motor que la refrigera esté encendido	SÍ NO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		

*Ilustración 10. - Manual de estandarización de la máquina. Autoría propia.*

*Nota. - Debe ser llenado por el supervisor de turno.*

***FASE 4: ACTUAR***

Para este caso de estudio las acciones correctivas que se tomarán durante el proceso de producción permitirán a los operarios y supervisores la verificación de los equipos periféricos, maquina y materia prima mejorar la eficiencia global. Por consiguiente, la solución que brindaremos se encargará de resolver aquellos factores que retrasaban y perjudicaban a la máquina no solo desde el punto de vista técnico, administrativo o procesal, sino también desde el campo del valor económico permitiendo a la empresa destinar el presupuesto a las recomendaciones que se les brindará con la finalidad de mejorar el indicador OEE.

## **CAPÍTULO 3**

## Resultados Obtenidos del indicador OEE a través del ciclo Deming

### FASE 1: PLANIFICAR

#### *Revelaciones*

- No hay mantenimientos preventivos
- El problema más recurrente en la máquina se debe a fallas en el sensor
- Le denominan <<para larga>> cuando no funciona la planta desde un viernes o sábado al lunes.
- Problemas en el rebabado por usar cuchillas o estiletes
- Fallas del operador al mezclar el peso
- Pérdida de tiempo en actividades manuales como el destornillar a alta temperatura porque deben esperar a que se enfríe el producto.
- Mala planificación de la materia prima
- Materia prima es importado y hay que esperar el proceso de la aduana, lo que obliga comprar a las empresas aledañas a un precio que suele ser más alto en comparación a cuando la importan.
- Falta de luminosidad en el turno de la noche
- Falta de conocimiento y habilidad operacional por parte de los operarios
- El turno del día es más ajetreado
- Los supervisores prefieren laborar en el turno de noche
- Sobrecargan de actividades a los operarios y supervisores mientras están en la máquina

- Personal inconforme
- Mala planificación de compras por parte del personal administrativo
- Ciclos altos, debe operar de 105 a 110 segundos (tiempo de salida del producto final)
- Rebaban y enfundan sin pasar por el comprobador

## FASE 2: HACER

Una vez obtenido todos los datos decidimos que es necesario hacer una tabla con los comentarios obtenidos por parte del personal para una mejor comprensión de las causas que detienen la línea de soplado y así cumplir con los objetivos planteados.

### Tabla 4

*Tipos de problemáticas que producen baja la calidad del producto.*

<b>CAUSAS DE BAJA CALIDAD</b>	Color
	Puntos negros
	Arrastre de material en el cuello
	Costura abierta en el asa
	Costura abierta en la base

Los tipos de paradas lo hemos clasificado en dos grupos: PNV y PV, donde PNV significa paradas no voluntarias y PV paradas voluntarias.

**Tabla 5***Tipos de paradas de la maquina estudiada*

<b>Tipo de paradas</b>	
<b>PNV</b>	<b>PV</b>
Ajuste de banda del motor	Reunión aniversario
Ajuste de perno en el tablero eléctrico principal	Cambio de bandas del motor
Ajuste del sensor	Ajuste
Cambio de horquilla	Almuerzo
Corte de energía	
Daño en el vástago del carro	
Revisión del sistema eléctrico	
Cambios de turno	

*Nota. – Autoría propia.****Clasificación de los tiempos de pérdida***

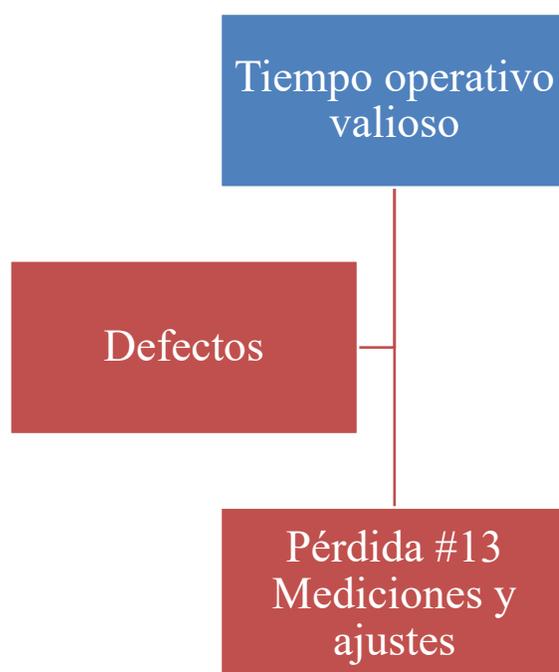
Analizando cada elemento en la tabla 1, tenemos que clasificarlos para poder hacer la matriz de las pérdidas de tiempo y para eso tenemos:

**Tabla 6***Clasificación de tipos de pérdidas.*

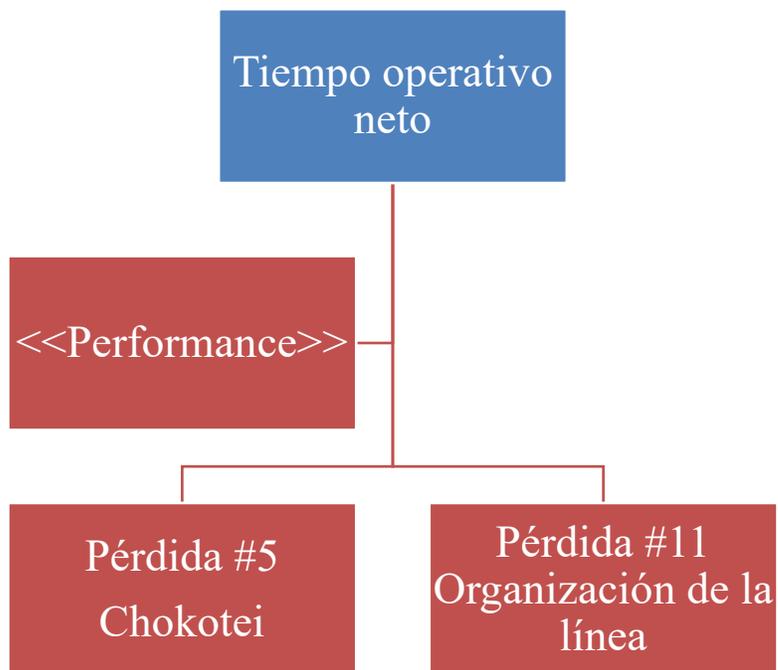
<b>Razón</b>	<b>Número de pérdida</b>	<b>Tipo de pérdida</b>
Ajuste de banda del motor	Pérdida # 13	Measurement and adjustment
Ajuste de perno en el tablero eléctrico principal	Pérdida # 13	Measurement and adjustment
Ajuste del sensor	Pérdida # 13	Measurement and adjustment

Cambio de horquilla	Pérdida # 13	Measurement and adjustment
Corte de energía	Pérdida # 14	Energía
Daño en el vástago del carro	Pérdida # 13	Measurement and adjustment
Revisión del sistema eléctrico	Pérdida # 14	Energía
Reunión aniversario	Pérdida # 11	Organización de la línea
Cambio de bandas del motor	Pérdida # 3	Cambio de piezas gastadas
Ajuste	Pérdida # 5	Chokotei
Almuerzo	Pérdida # 11	Organización de la línea
Cambio de turno	Pérdida # 4	Partida y detención

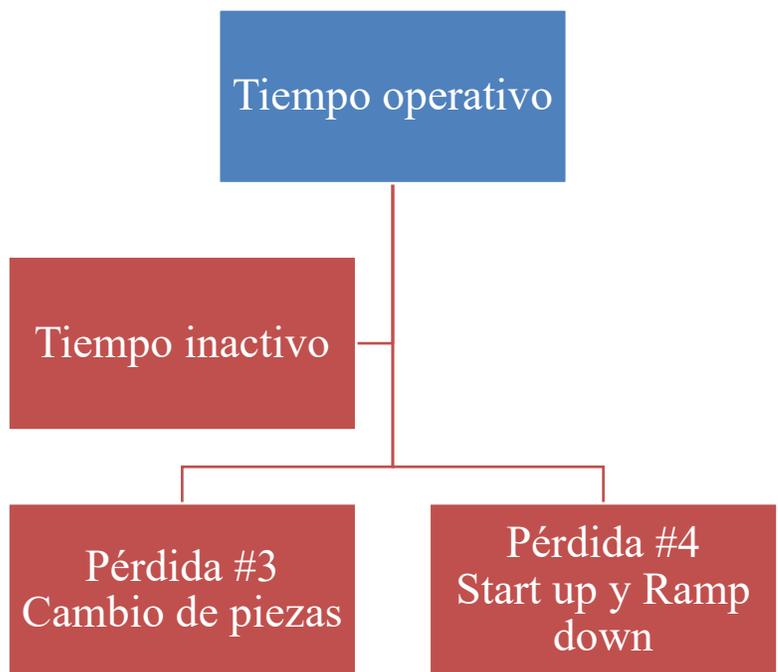
*Nota. - Autoría propia*



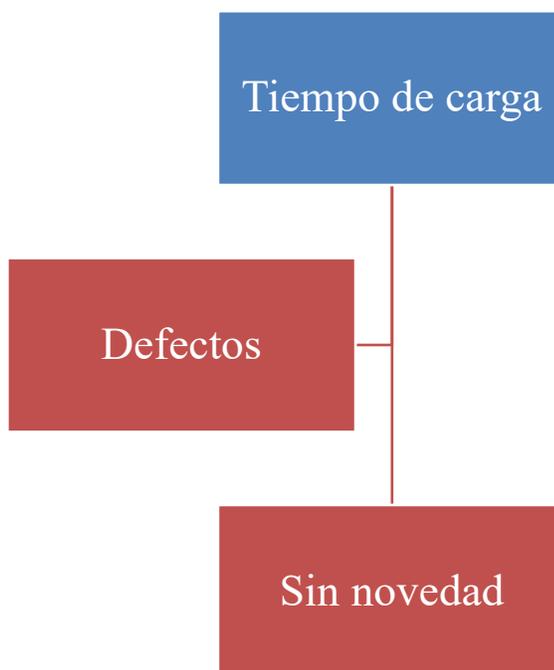
*Ilustración 11.- Tipo de pérdida que tiene la maquina dentro del tiempo operativo valioso.  
Autoría propia.*



*Ilustración 12.- Tipo de pérdida que tiene la máquina dentro del tiempo operativo neto. Autoría propia.*

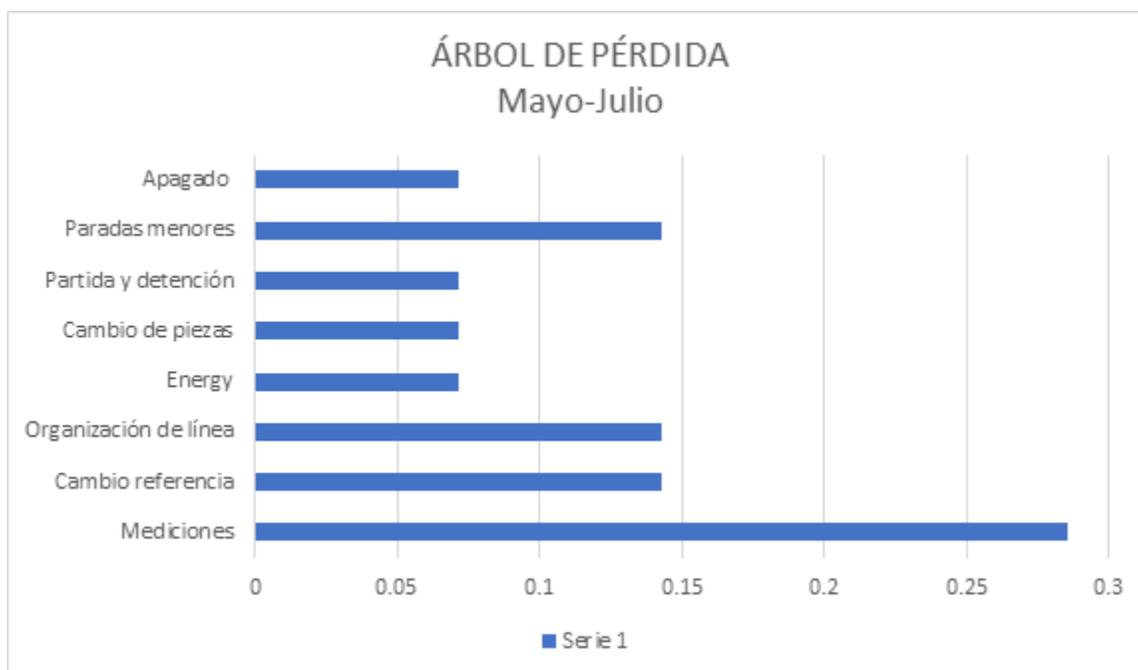


*Ilustración 13.- Tipo de pérdida que tiene la máquina dentro del tiempo operativo. Autoría propia.*



*Ilustración 14.- Tipo de pérdida que tiene la máquina dentro del tiempo de carga. Autoría propia.*

### Resultados Obtenidos de los tiempos de perdidas



*Ilustración 15: Gráfico de barras que detalla de manera porcentual los tiempos de pérdidas*

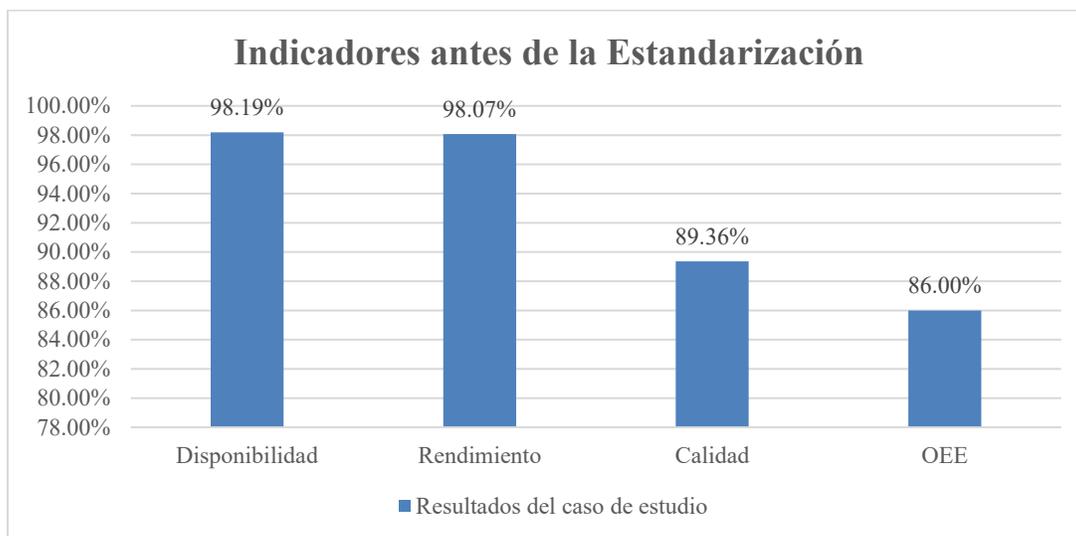
El árbol de pérdida para este caso de estudio contiene valores muy demostrativos de lo que ocurrió durante la toma de valores entre mayo y julio en la línea de soplado de la empresa. Se puede observar que el tipo de pérdida que más influyó a la disminución de la eficiencia son las mediciones que se les hace a diario en la máquina, el segundo grupo más influyente están muy parejos debido a que se son eventos que ocurren diario y la empresa no lo consideraba como tiempo de pérdida, entre esos está la hora de almuerzo, las paradas menores por tiempo de arranque y fin de la producción; Así mismo, por los ajustes y cambios de moldes durante la fabricación de los envases.

Por último, los tipos de pérdidas que afectan en menor proporción al tiempo están las limpiezas, regulaciones de gerenciamiento, tomas de muestra para los repuestos, falta de órdenes y feriados. Este grupo de causas alteran más que nada a los componentes de rendimiento y disponibilidad, ya que es directamente con la máquina. Además, creemos que es necesario recalcar que la máquina no disponía para este periodo de mantenimientos preventivos, siempre solucionaban cuando ocurría el problema.

## Resultados obtenidos del Indicador OEE

**Tabla 7**

*Diagrama de barras del indicador OEE y sus subindicadores antes del manual de estandarización.*



*Nota. – Estos valores fueron obtenidos mediante la base de datos levantada desde el 22 de mayo hasta el 7 de julio del 2023. Autoría propia.*

### ***Análisis de resultados del Indicador OEE***

#### **Subindicador Disponibilidad**

Siguiendo una línea similar a los subindicadores previamente examinados, este subindicador se posiciona en la categoría de "muy buena" calificación, al registrar un valor de 98,19%. Su cálculo involucró la determinación de un porcentaje respecto al tiempo total que la máquina estuvo en operación por turno, denominado "tiempo disponible" y expresado en horas. Es evidente que este desempeño se encuentra en el rango de nivel mundial según la clasificación OEE (Cruelles, 2010).

### **Subindicador Rendimiento**

La puntuación de este subindicador se encuentra en la categoría de nivel mundial, ya que alcanza un valor del 98,07% según la clasificación OEE. Esta situación se debe a que las incidencias de fallos son escasas o de corta duración, lo que permite mantener una tendencia generalmente positiva en términos de la cantidad de unidades previstas que se logran completar.

### **Subindicador Calidad**

En este aspecto particular, logramos identificar diversas formas de pérdida experimentadas por la máquina durante el análisis. Estas pérdidas abarcaron aspectos como la calidad del color, presencia de puntos negros, arrastre de material en el cuello, apertura de costuras en el asa y la base, así como la aparición de una textura similar a la piel de naranja en la superficie. Estos inconvenientes en el proceso, que resultan en la obtención de productos de baja calidad, no pueden comercializarse. En su lugar, se someten a un proceso de trituración para su posterior reutilización en cantidades limitadas; a este material triturado se le conoce como "SCRAP". Es importante destacar que estos errores de producción no dependen exclusivamente de la máquina analizada, sino que están vinculados a las acciones de los operadores desde el momento en que llevan a cabo la mezcla, la cual debe contener un 70% de HDPE, un 28% de SCRAP y el resto correspondiente al colorante. Esta mezcla se realiza de forma manual, sin el uso de básculas para medir las cantidades en gramos según los porcentajes del peso total de la mezcla, lo que resulta en problemas de tonalidad en los envases producidos, así como en la aparición de puntos negros o la textura similar a la piel de naranja. Dado que el valor obtenido en este subindicador fue de 89.36% según la evaluación OEE, se encuentra en la categoría de "muy buena" en términos de desempeño.

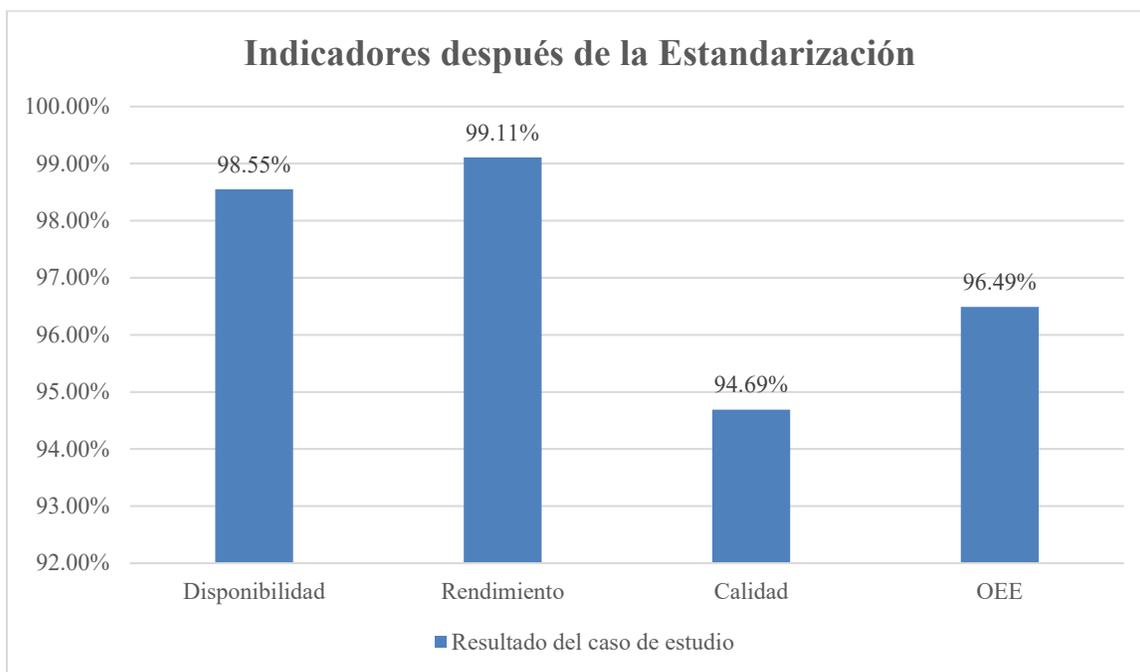
## Indicador OEE

Es importante destacar que este valor se obtiene al multiplicar los subindicadores como coeficientes en lugar de hacerlo de manera porcentual. De acuerdo con la clasificación del indicador, se ubica en la categoría de "muy buena", dado que registra un valor del 86%. Esta situación se debe a que dos de los subindicadores se sitúan en el nivel de "clase mundial", mientras que el subindicador de menor desempeño aún se encuentra en el rango de "buena". Por lo tanto, los desafíos no recaen en la máquina en sí, sino más bien en las acciones de los operadores.

## FASE 3: VERIFICAR

### Tabla 7

*Diagrama de barras del indicador OEE y sus subindicadores después del manual de estandarización.*



*Nota. – Estos valores fueron obtenidos mediante la base de datos levantada desde mayo hasta julio del 2023. Autoría propia.*

### **Subindicador Disponibilidad**

La tasa de este elemento evolucionó de 98,19% a 98,55%, siendo la mejora sutil debido a la diversidad de valores presentes en la muestra. Además, esta mejora se atribuye en parte a la escasez de problemas que provocaron paradas en la máquina, lo que resultó en una reducción del tiempo inactivo durante los turnos de producción.

### **Subindicador Rendimiento**

Durante el evento Kaizen y su período de evaluación de una semana, el rendimiento de este elemento se elevó del 98,07% al 99,21%. Este ligero incremento se originó únicamente en momentos de pérdida relacionados con ajustes y mediciones, es decir, en aspectos asociados al mantenimiento de la máquina y a los intervalos de tiempo perdidos debido a cambios de piezas.

### **Subindicador Calidad**

Se observó una mejora en este componente, ya que durante la semana de recopilación de datos utilizando el manual de estandarización, no se presentaron los problemas previos que solía enfrentar el operador. Los operadores indicaron que seguir un conjunto de instrucciones reduce los posibles errores que podrían surgir debido a la falta de concentración. En muchas ocasiones, los operadores pueden enfrentar problemas y distracciones mentales durante el trabajo, pero al comenzar el turno de manera minuciosa y revisar cuidadosamente los componentes de la máquina, se asegura un mejor rendimiento durante ese periodo. Durante la semana en la que se implementó esta metodología, el porcentaje del componente de calidad aumentó del 89,36% al 94,69%. Esto se debió a que, desde el inicio del proceso de producción, se ajustó adecuadamente el peso de la mezcla, lo que evitó la reaparición de problemas de baja calidad, como la aparición de la textura similar a la piel de naranja o variaciones incorrectas en la tonalidad. No obstante, no se alcanzó el

100% debido a incidentes imprevistos, como algunos productos defectuosos. Se presume que esto ocurrió debido a errores en el peso de la mezcla, posiblemente porque no cuentan con balanzas o básculas precisas para medir con exactitud la cantidad correspondiente al porcentaje requerido. Por lo tanto, se emitirá una recomendación a la empresa con relación a esta cuestión.

### **Indicador OEE**

Finalmente, logramos elevar el indicador del 86,05% al 92,58%, acercándonos significativamente a la categoría de clasificación a nivel mundial. Sin embargo, esta mejora no fue casual, sino que se logró a través de una mayor eficiencia derivada de la optimización en el proceso de producción, sin necesidad de realizar inversiones financieras.

## **FASE 4: ACTUAR**

### *Análisis de Costo-beneficio*

En este apartado se proporciona una descripción exhaustiva de la evaluación previa y posterior a la implementación del manual de estandarización, con el propósito de comprender los impactos positivos que generó durante el evento Kaizen, y aún más significativamente, para resaltar el valor que nuestra solución aporta a la empresa.

### **Tabla 8**

*Inversión en un personal de reproceso para la calidad de los productos*

<b>Personal de calidad</b>	<b>Gasto</b>
Total por día	\$ 34,00
Total por semana	\$ 170,00
Total por mes	\$ 680,00

*Nota. Tabulación con respecto al total del personal, mas no del gasto por cada trabajador. Autoría propia.*

Siguiendo lo expuesto en la etapa 3 del capítulo previo, la tabla ubicada en la parte superior desglosa la inversión realizada por la empresa en la contratación de personal dedicado exclusivamente a rectificar las deficiencias ocasionadas por los operarios, las cuales repercuten en el indicador de calidad.

Puesto a esto, se buscó disminuir las pérdidas o errores que más frecuentaban el personal en cuestión, para ello, discutimos en cómo hacer que los operadores realizaran de manera óptima sus labores durante la jornada de producción. Por lo tanto, con el análisis correspondiente optamos por diseñar un manual de estandarización que proporcionará instrucciones a los trabajadores acerca del proceso de producción, esto se debió a que, de acuerdo con las entrevistas, este aspecto presentó la menor puntuación, corroborando en el análisis del indicador OEE, que registró el valor más bajo con un puntaje de 0,86 del indicador de calidad.

Se recopiló información hasta la fecha establecida en la planificación, durante este período se produjeron algunos acontecimientos, como la designación de personal para corregir los errores en el área de calidad durante la producción. Por lo tanto, fue necesario realizar entrevistas para obtener una comprensión más profunda de la situación actual de la empresa. Durante este proceso, se reveló que se estaban realizando inversiones para brindar apoyo a los trabajadores, ya que se habían cometido errores costosos, como embalajes incorrectos y comentarios desfavorables por parte de posibles clientes, lo que no fue bien recibido por la alta dirección. En consecuencia, nos vimos obligados a implementar los manuales de estandarización lo más pronto posible, con el fin de realizar una comparativa del indicador OEE antes y después de su implementación.

### ***Costos del manual de estandarización***

Los recursos invertidos en la creación de manuales de estandarización por parte de la empresa son mínimos, ya que se basan en elementos ya existentes en la operación diaria la misma

no se detalla en específico al tener un valor insignificante. Además, la implementación de estos manuales tiene como objetivo evitar la necesidad de asignar personal adicional para corregir los errores causados por el bajo desempeño de los operadores. En otras palabras, utilizar los manuales equivale a un ahorro de \$680,00 de forma mensual en gastos de personal que ya no serían requeridos, Asimismo, proyectándose a 5 años el ahorro equivaldría a \$40.800 dólares.

El gráfico del indicador OEE, tras una semana de aplicación de los manuales de estandarización, muestra una notable reducción en los errores relacionados con el empaquetamiento y otros aspectos vinculados a la calidad. Esta mejora se debe a que los operarios ya no dependen del supervisor, lo que significa que la carencia de conocimiento se suple con la disponibilidad del manual, evitando así la pérdida de tiempo al buscar al supervisor para resolver dudas que surgen durante el proceso de producción.

Así pues, los logros alcanzados comprendieron:

- Incremento en el subindicador de calidad.
- Reducción de errores o quejas reportadas por los posibles clientes durante el evento Kaizen.
- Disminución de los intervalos de tiempo de pérdida, como los relacionados con movimientos operativos, procedimientos de medición y ajuste.

## **CAPÍTULO 4**

## Conclusiones y recomendaciones

En función de la información recopilada y detallada en los capítulos previos, siguiendo el ciclo Deming, presentamos las conclusiones y recomendaciones derivadas de este estudio de caso.

### 4.1. Conclusiones

- Las causas de los productos defectuosos fueron ocasionadas por los operarios, ya que no disponían de herramientas adecuadas para ciertas actividades, ni una estandarización del proceso productivo que regule la fabricación de los envases.
- Después de identificar los tiempos de pérdidas durante la operación de la máquina notamos que donde ocurrían más inconvenientes era en la categoría del tiempo operativo neto debido a la mala organización de la línea, así como los ajustes y mediciones.
- En este caso de estudio se logró cuantificar la eficiencia global de la máquina cuyo resultado fue de muy buena según la clasificación del OEE, sin embargo, el subindicador más devaluado fue el de calidad.
- Como medida correctiva para la solución de los productos defectuosos y tiempos de perdidas nos enfocamos en diseñar manuales de estandarización para la máquina, equipos periféricos, y los tiempos de ciclos mejorando el proceso de producción en la línea de soplado.

## 4.2. Recomendaciones

- En la fase de verificar del ciclo Deming se observó que los operadores tienden a asumir tareas adicionales que no están dentro de su competencia durante sus jornadas laborales. Por lo tanto, se sugiere distribuir de manera equitativa las responsabilidades entre el equipo de producción para reducir los tiempos de pérdidas relacionados con movimientos operativos.
- Si la empresa aplica los manuales, eventualmente se ahorraría un gasto en personal de reproceso. Por lo que, se recomienda destinar dicho recurso económico para proveer de herramientas más adecuadas que faciliten el trabajo del personal de planta.
- Durante las entrevistas, los supervisores destacaron que enfrentan demoras debido a que tienen que esperar a que los tornillos y cabezales se enfríen para poder manipularlos. Además, basándose en sus experiencias laborales, sugirieron que la adquisición de un yale eléctrico y un taladro inalámbrico reduciría los tiempos que se pierden al cambiar los moldes, así como mejorar el transporte de cargas y que una balanza mejoraría la precisión del peso en la mezcla.
- Se recomienda emplear el proceso del ciclo Deming junto con otras herramientas que favorezcan la mejora continua en diversos procesos de la empresa, tales como la optimización del proceso de logística.

## Referencias

Mariano. (s. f.-b). *EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS*. Tecnología de los Plásticos.

<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

Díaz-Contreras, C. A. (2020). *EFFECTIVIDAD GENERAL DE EQUIPOS (OEE) AJUSTADO POR COSTOS*.

[https://www.redalyc.org/journal/339/33962773006/html/#redalyc\\_33962773006\\_ref2](https://www.redalyc.org/journal/339/33962773006/html/#redalyc_33962773006_ref2)

El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el potencial administrativo.

(2019). *Universidad Militar Nueva Granada*, d0105108.

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/34875/castillopineda%20lady%20esmeralda2019.pdf.pdf?sequence=1#:~:text=El%20ciclo%20Deming%20se%20conforma,y%20de%20ah%C3%AD%20en%20adelante>.

Armando, U. A. L. (2020). *Implementación de un sistema para mejorar la eficiencia productiva de las máquinas de alta capacidad de una industria del plástico Mediante el Indicador de Eficiencia General de los Equipos (OEE) y la metodología Kaizen*.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51719>

Algarra Rodríguez, Ivonne Lizeth, & Sierra Parga, Cristian Camilo. (2018). ESTUDIO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO BASADA EN EL USO DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA EMPRESA INEMFLEX S.A.S. *Universitaria*

*Agustiniana*. <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/599>

Rodríguez, J., (2019). *Nuevo sistema de Gestión de Eficiencia Global (OEE) en tiempo real para industria*. [Tesis magistral, Universidad Politécnica de Valencia]. RiuNet.

[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/127853/Rodr%C3%ADguez%20-%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Eficiencia%20Global%20\(Overall%20Equipment%20Effectiveness,%20OEE\)%20en%20tie....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/127853/Rodr%C3%ADguez%20-%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Eficiencia%20Global%20(Overall%20Equipment%20Effectiveness,%20OEE)%20en%20tie....pdf?sequence=1)

Hernández et al. (2006). *Metodología de la investigación 4ta edición*. Unipamplona.

[https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_158/recursos/e-books/16062015/metodologia.pdf](https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_158/recursos/e-books/16062015/metodologia.pdf)

## ANEXOS

### Entrevista a Personal Planta

**Responsable:** SUPERVISOR 1

**Responsable:** SUPERVISOR 2

1. ¿Cuántas máquinas existen en la línea de soplado?
2. ¿Qué tipo de sopladora es la máquina que estamos analizando?
3. ¿Cómo opera la máquina normalmente?
4. ¿Cuáles son los inconvenientes más comunes?
5. ¿Qué medidas han tomado o piensan tomar para solucionar estos problemas?
6. ¿Cuántas personas están involucradas en el proceso?

## Encuesta a Personal de Mantenimiento

**Responsable:** JEFE DE MANTENIMIENTO

1. ¿Cuántas personas conforman el departamento de mantenimiento?
2. ¿Qué rol y actividades cumplen dichas personas?
3. ¿Existen encargados específicos de revisar con las máquinas antes, durante y después del proceso de producción?
4. ¿Llevan algún registro o reporte de lo que ocurre en la máquina? ¿Cuál es dicho control?
5. ¿Ante posibles paras de la máquina, qué acciones realizan?
6. ¿Cómo manejan los mantenimientos de la máquina?
7. ¿Cuáles son los causales que hacen detener la máquina?
8. ¿Cómo se maneja el presupuesto para los mantenimientos?
9. ¿Cuentan con proveedores seguros para los repuestos de la máquina?
10. ¿Cómo manejan de los repuestos para los mantenimientos?