

Universidad del Bío-Bío  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Civil Industrial

Profesor Guía:  
Felipe Muñoz Valdés



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

### **Informe de Presentación**

**“DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD PARA UNA EMPRESA  
DE REMANUFACTURA DE MADERA USANDO EL ÍNDICE OEE”**

**“PRODUCTIVITY DIAGNOSIS FOR A WOOD REMANUFACTURING COMPANY  
USING THE OEE INDEX”**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Civil Industrial

Concepción, 13 de enero 2023

David Alejandro Morales Carrillo  
Ingeniería Civil Industrial

## ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 Origen del Tema .....	7
1.1.1 La Empresa .....	8
1.1.2 Infraestructura, Equipamiento y Proceso.....	9
1.1.3 Estructura Organizacional .....	13
1.1.4 Mercado Objetivo.....	14
1.2 Justificación.....	14
1.3 Objetivos del Estudio.....	16
1.4 Métodos y Procedimientos .....	17
1.4.1 Método.....	17
1.4.2 Participantes .....	19
1.4.3 Materiales .....	21
1.4.4 Proceso .....	21
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Productividad .....	22
2.2 Eficiencia.....	23
2.3 Índice OEE .....	24
2.4 Cálculo del Índice OEE .....	26
2.5 Clasificación del OEE.....	29
2.6 Causas de Pérdidas en la Capacidad Productiva .....	32
2.7 Estudio de Casos .....	33
2.7.1 Implementación del OEE en el proceso de fabricación de vidrio templado. ....	33
2.7.2 Implementación del OEE en planta metálica Rheem Chile .....	34

2.7.3	Incremento del OEE en una empresa del sector automotriz .....	34
2.8	Cuello de Botella .....	36
2.9	Los 5 Pasos de Enfoque (Teoría de las Restricciones) .....	38
CAPÍTULO 3: RESULTADOS .....		41
3.1	Análisis de Datos .....	41
3.2	Proceso de Análisis de Información .....	43
3.2.1	Análisis del OEE en la Organización .....	44
CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE LINEAMIENTOS DE MEJORA.....		47
4.1	Lineamientos de Mejora .....	47
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		51
BIBLIOGRAFÍA .....		54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Línea de Producción de la Empresa MOLDURAS TRIE-PEL .....	10
Figura 2: Equipamiento y Producción de cada Maquinaria .....	12
Figura 3: Organigrama Empresa Molduras TRIE-PEL .....	13
Figura 4: Ciclo de Shewhart/Deming .....	17
Figura 5: Diagrama del Proceso Metodológico.....	20
Figura 6: Eficiencia General de los Equipos (OEE) .....	25
Figura 7: Diagrama de Cálculo del OEE .....	29
Figura 8: Los 5 Pasos de Enfoque .....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Identificación de Participantes .....	19
Tabla 2: Clasificación OEE .....	30
Tabla 3: Datos de Tiempos y Producción de la empresa .....	41
Tabla 4: Tiempos Infructíferos de las Maquinarias .....	43
Tabla 5: Índice OEE de la empresa MOLDURAS TRIE-PEL .....	44

## RESUMEN

La productividad es uno de los factores más importantes en una empresa, por esta razón, el primer paso para dar cumplimiento a los objetivos planteados se realizó una investigación previa con el propósito de establecer donde se presentan los problemas de productividad de la empresa, con objeto de potenciar procesos productivos y poder determinar ciertos lineamientos que permitan realizar mejoras y aprovechar oportunidades.

La metodología empleada fue un análisis de cada uno de los departamentos (jefe de máquinas y operarios) los cuales son parte del área ejecutiva-productiva de la empresa. El objeto del análisis es la obtención de datos relevantes para conocer la dinámica productiva de la empresa y posteriormente establecer estrategias de mejora.

Los resultados del análisis señalan, a modo de información recabada, aquellos elementos de la empresa que no estaban realizando un trabajo eficiente, tanto a nivel material como humano. Sin duda, la situación descrita provoca pérdidas en la producción y, como consecuencia, pérdida en los costos de la empresa.

Finalizada la investigación preliminar, se tomó la decisión de aplicar el Índice de Eficiencia general de equipos (OEE) y con los resultados obtenidos se pudieron realizar lineamientos de mejora que permitieran a la empresa TRIE-PEL aumentar su producción. Se utilizó este índice, dado que es un estándar a nivel internacional, y permite comparar con otros procesos productivos.

De acuerdo con los resultados obtenidos con el OEE, se logró mantener controlado los costos en función de los potenciales de sus maquinarias instaladas, aumentando de este modo la productividad en un plazo breve maximizando el uso de las materias primas y horas hombre.

De acuerdo con todos estos análisis y propuestas realizadas desde el inicio del proceso productivo, a saber: gestión administrativa, eficiencia humana, eficacia de maquinarias, almacenaje y traslado de las materias primas, se sostiene que se pudo comprobar un notable aumento en la productividad por la maximización de la gestión global en la empresa moldurera TRIE-PEL.

En razón de esta nueva situación productiva de la empresa (dinámica de producción más eficiente), le ha permitido a TRIE-PEL posicionarse frente a sus competidores del mercado.

*Palabras claves: Moldurera, Eficiencia general de equipos (OEE), Productividad, Teoría de las Restricciones (TOC).*

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se presentan antecedentes de la empresa y el problema estudiado. Además, se presentan los objetivos del estudio y la metodología utilizada para abordar el problema

### **1.1 Origen del Tema**

El CETMA (Centro de Extensionismo Tecnológico en Manufactura) de la Universidad de Concepción, es un centro que ayuda a empresas de distintos tamaños de las regiones del Biobío y Ñuble, en rubros como Metalmecánica, Forestal y Agroalimentos, mediante una metodología de trabajo que les permite mejorar sus procesos productivos e impacto territorial.

La empresa Molduras TRIE-PEL solicita la colaboración de CETMA para mejorar su productividad. En este contexto, surge la necesidad de contar con un Ingeniero Civil Industrial, con el propósito de generar un modelo de gestión basado en indicadores productivos. El profesional seleccionado para realizar la labor descrita proviene de la Universidad del Bío-Bío y, para llevar a cabo la tarea encomendada se utiliza el Indicador de Eficiencia General de Equipos (OEE), el cual permite mejorar en un corto plazo la productividad y, de esta manera, obtener una eficacia permanente en la organización.

### 1.1.1 La Empresa

Molduras TRIE – PEL es una empresa del sector maderero, orientada a la fabricación de molduras, ubicada en Los Chonos 263, Buen Retiro de la comuna de coronel, Chile.

El proceso de remanufactura cuenta con cuatro puestos de trabajo:

Trozador – Finger - Prensa – Moldurera.

En cada uno de estos puestos de trabajo, se generan pérdidas de rendimiento de materia prima y pérdidas de tiempo, lo que implica que tenga una baja productividad.

La empresa es consciente de que su productividad es baja en comparación a la de sus competidores debido a que es nueva en el rubro, por lo que no es conocida como otras empresas forestales o madereras de la región que llevan tiempo en el mercado. Otro de sus problemas es que no posee un enfoque productivo que esté basado en las eficiencias operacionales por lo que no tiene claro cuál podría llegar a ser su productividad al aplicar un enfoque como el que desarrollará en este trabajo.

Ante esta situación se pueden identificar claramente los principales problemas de la empresa:

- 1.- No se cuenta con una medición de la productividad.
- 2.- La producción es baja.

Por ello, es razonable aplicar un indicador de medición como lo es el índice OEE, ya que es acorde a las necesidades de la empresa para poder diagnosticar y guiar un proceso de búsqueda y/o diseño de mejoras para el proceso productivo.

### 1.1.2 Infraestructura, Equipamiento y Proceso

Moldurera TRIE-PEL cuenta con una dotación de aproximadamente 20 personas orientada a la fabricación de molduras con madera seca.

La empresa cuenta con un galpón semi abierto de aproximadamente 690 m<sup>2</sup>. El piso en su mayor parte es de tierra compactada, con algunos sectores de hormigón, en donde se encuentran instalados los equipos y/o máquinas.

La empresa tiene una línea de producción que consta de cinco áreas de trabajo:

- Zona de Acopio: Lugar donde llega la madera para luego ser trasladada a las demás áreas que tienen sus respectivas maquinarias que van convirtiendo la materia prima en el producto finalizado.
- Trozador: En esta máquina la madera se corta y se ajusta a las dimensiones de las demás máquinas.
- Finger: Recibida la madera desde el trozador, aquí se corta quitando las imperfecciones y luego es unida y pegada usando un sistema de ensamblado de madera que permite un mejor aprovechamiento de la misma, obteniendo de esta manera una madera homogénea y de elevada resistencia. Este es un producto hecho estrictamente de trozos de madera que son pegados con adhesivos especiales de alto rendimiento, de gran adherencia y resistencia a la humedad ambiental normal.
- Treillage: Desde el Finger, la madera es llevada a la máquina Treillage, la que además de prensar la madera le da un diseño (rejillas) para darle un valor agregado.
- Moldureras 1 y 2: Finalmente el producto llega a las moldureras donde sale el producto finalizado según las especificaciones y requerimientos de los compradores. Estas moldureras sirven para el mecanizado de las caras longitudinales de madera maciza, materias derivadas de la madera como MDF (fibropanel de densidad media), plásticos o materiales similares.

En la Figura 1 se presenta gráficamente la línea de producción de la empresa.

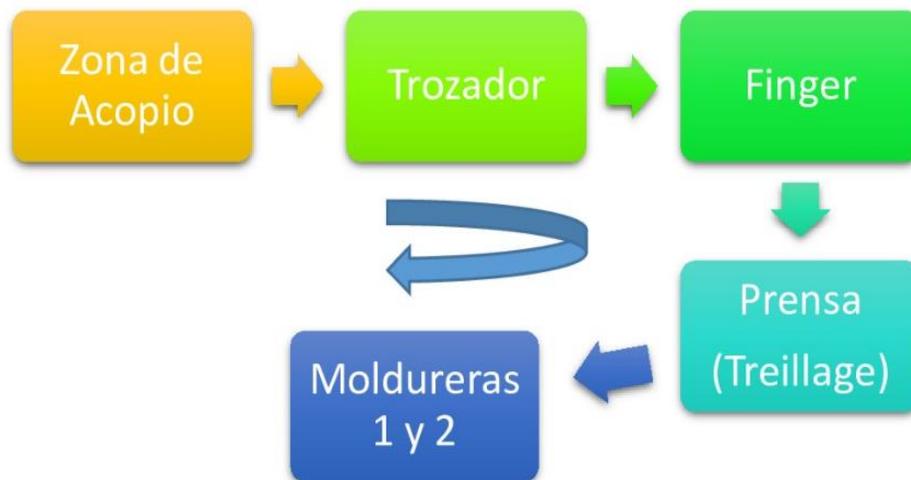


Figura 1: Línea de Producción de la Empresa MOLDURAS TRIE-PEL

*Fuente: Elaboración propia*

Cada área de trabajo es detallada a continuación:

- a) Trozador: Produce 3000 ml de madera en 21/33 mm.
- b) Finger Tochetto:
  - Línea Encolado.
  - Línea Prensado: Operación manual. Produce Blanks con maderas en 21/33 mm, sobrantes de molduras pintadas, con una capacidad de 2400 mts lineales diarios.
- c) Treillage (Rejas): Se ocupa un Rip, produce 50 unidades diarias. Se ocupan además 2 pistolas de aire y sierras manuales para corte y clavado de dichas huinchas en sus respectivos marcos.
- d) Moldurera Weinig N°1 (Reacondicionada): La cual lleva 4 años funcionando. Produce todo tipo de molduras, su producción es de 3000 piezas diarias entre rajado y moldurado.
- e) Moldurera N°2: sirve como apoyo de la primera moldurera, con el objetivo de aumentar la producción de la empresa.

Todo esto es crucial para la entrega de un buen producto final.

<b>Maquinaria</b>	<b>Producción o Producto Final</b>
 <p data-bbox="462 682 607 720"><b>Trozador</b></p>	
 <p data-bbox="483 1115 586 1152"><b>Finger</b></p>	
 <p data-bbox="467 1545 604 1583"><b>Treillage</b></p>	



**Moldurera**



Figura 2: Equipamiento y Producción de cada Maquinaria

*Fuente: Elaboración propia*

### 1.1.3 Estructura Organizacional

La Estructura Organizacional de la empresa Molduras TRIE-PEL, está conformada por los siguientes cargos:

Administrador, Encargado de Finanzas, Jefe de Operaciones y Prevencionista de Riesgo.

Este equipo de administrativos se aprecia en el siguiente organigrama:



Figura 3: Organigrama Empresa Molduras TRIE-PEL

*Fuente: Elaboración propia*

El organigrama de la empresa, representado en la Figura 3, cumple un turno que comienza a las 08:00 y finaliza a las 17:30 hrs. Desde lunes a viernes. Además, cuenta con un personal de trabajo que es detallado a continuación:

- Un prevencionista de Riesgos (Part time).
- En la máquina de Moldurera: 1 Operador y 3 Ayudantes.
- En la máquina de Finger: 1 Operador Encolado, 1 Operador Prensa y 2 Ayudantes.
- En la máquina de Trozado: 1 Operador Trozador.
- En la máquina de Treillage: 3 Maestros.

#### 1.1.4 Mercado Objetivo

El mercado objetivo de la remanufacturera lo componen empresas que entregan sus productos en ferreterías del grupo MTS, distribuidores de empresas constructoras, otros revendedores de productos y venta a ferreterías locales. Las ventas actuales de la empresa han retomado un aumento progresivo alcanzando el nivel de ventas realizado antes del periodo de pandemia. Con la adquisición de la segunda máquina moldurera que estaba en los planes desde febrero del 2020 se proyecta un aumento de la producción en un 50%.

Molduras TRIE-PEL, considerando su situación, toma la materia prima (madera) y la elabora de acuerdo a las exigencias de su mercado objetivo con objeto de alcanzar la satisfacción plena de sus clientes consolidándose como una empresa competitiva a nivel regional y, poco a poco, posicionarse como una alternativa real en el mercado nacional en el largo plazo.

### 1.2 Justificación

Actualmente las empresas, al igual que la sociedad, viven en un mundo globalizado, y la competencia en los mercados cada día es mayor, es así que la productividad juega un rol muy importante, ya que de ello depende mantenerse dentro de esos mercados y ser más competitivos.

La competencia de los mercados, las carencias en la gestión y sobre todo el no contar con las herramientas que le permitan a la empresa Molduras TRIE-PEL competir de igual a igual con sus competidoras es lo que no le permite ver la situación actual que su organización presenta. Si no conocen los errores que cometen, continuarán haciendo cada día lo mismo sin tener ninguna superación, lo que la lleva a tener pérdidas económicas y de materia prima.

Por otra parte, a pesar de las pérdidas y de la baja productividad, hasta ahora no han hecho nada para poder superar esta situación de un proceso productivo lento que le llevan a perder eficiencia ni lograr darse cuenta de las posibles causas que lo provocan.

### **1.3 Objetivos del Estudio**

Los objetivos planteados para este proyecto son:

#### *Objetivo General*

Proponer lineamientos de mejoras que impacten positiva y permanentemente en la producción de la empresa Molduras TRIE – PEL mediante el indicador de eficiencia general de equipos (OEE), aumentando de este modo la productividad.

#### *Objetivos Específicos*

1. Cuantificar la productividad de los equipos involucrados en el proceso productivo.
2. Identificar la máquina que posee la menor productividad en el proceso productivo.
3. Definir estrategias de trabajo que permitan mitigar los efectos de la pérdida de materia prima y exceso en los tiempos de producción.

## 1.4 Métodos y Procedimientos

A continuación, se expondrán los procedimientos llevados a cabo para la investigación, en los cuales se definen etapas y acciones realizadas para cumplir los objetivos mencionados.

### 1.4.1 Método

Cuando se realiza un método de investigación empírica (modelo de investigación científica), se desarrollan argumentos teóricos y prácticos fundamentados, que sirven para la toma de decisiones, al igual que para evaluar los resultados acontecidos o futuros de la solución de la problemática.

El diseño de una investigación empírica, se concreta a la totalidad de las etapas mencionadas en el marco de la investigación (Heinemann, 2003).

Para el desarrollo del estudio, se ha utilizado el modelo metodológico de Shewhart/Deming (Figura 4), que permite controlar el proceso de obtención de resultados deseados sin que ocurran desvíos con relación a las expectativas.



Figura 4: Ciclo de Shewhart/Deming

*Fuente: Elaboración propia*

La explicación de las fases son las siguientes:

1. **Planear:** Es la etapa de definición del problema, es decir, la descripción de los efectos provocados por una situación adversa, o la explicación de algún proyecto de mejora que se desea realizar con el fin de conocer el problema y definir los objetivos (Escalante, 2006); en ésta se definen los elementos del proceso, sus pasos a seguir, las entradas y salidas, así como sus características. En la aplicación de este caso, esta etapa, abarca desde la definición del problema, hasta el desarrollo teórico y contextual.
2. **Hacer:** En esta etapa se empiezan a evaluar todos los sistemas de medición con los que se cuentan para el análisis de las variables significativas del problema definido. Posteriormente se evalúa la capacidad del proceso tomando en cuenta la evaluación de los problemas con el fin de la reducción o eliminación de actividades o procesos sin valor agregado (Escalante, 2006). En este caso, lo descrito anteriormente, abarca la aplicación de la herramienta desde el mapeo del estado actual al mapeo del estado futuro.
3. **Verificar:** En esta etapa se valida la mejora con la presentación de resultados, a través de la comparación de los datos anteriores con los obtenidos después de la aplicación de las herramientas de *Lean Manufacturing*.
4. **Actuar:** Esta etapa es donde se controla, se da seguimiento al proceso implementado y se mejora; en este caso práctico, el seguimiento del proceso se presentará a manera de recomendaciones para implementación de mejoras en las áreas restantes, esto por las limitaciones de tiempo y de aprobaciones de las personas responsables de la empresa.

Por lo tanto, al aplicar esta metodología en el estudio, cada etapa consta de los siguientes puntos:

1. **Planear:** Descrito en todo el capítulo I y II, es decir:
  - Introducción del tema.

- Objetivos y justificación del estudio.
  - Definición de la herramienta de apoyo para la toma de decisiones.
  - Marco Teórico (Fundamentación del estudio).
- 2. Hacer:** Abarca el capítulo III, identificando sus puntos importantes como lo son:
- Situación actual de la empresa.
  - Análisis del problema e identificación de las causas.
  - Desarrollo de la estrategia de implementación (Metodología).
- 3. Verificar:** Evaluación de resultados.
- 4. Actuar:** Conclusiones y recomendaciones.

#### 1.4.2 Participantes

Los agentes que fueron partícipes de la presente investigación, son los siguientes:

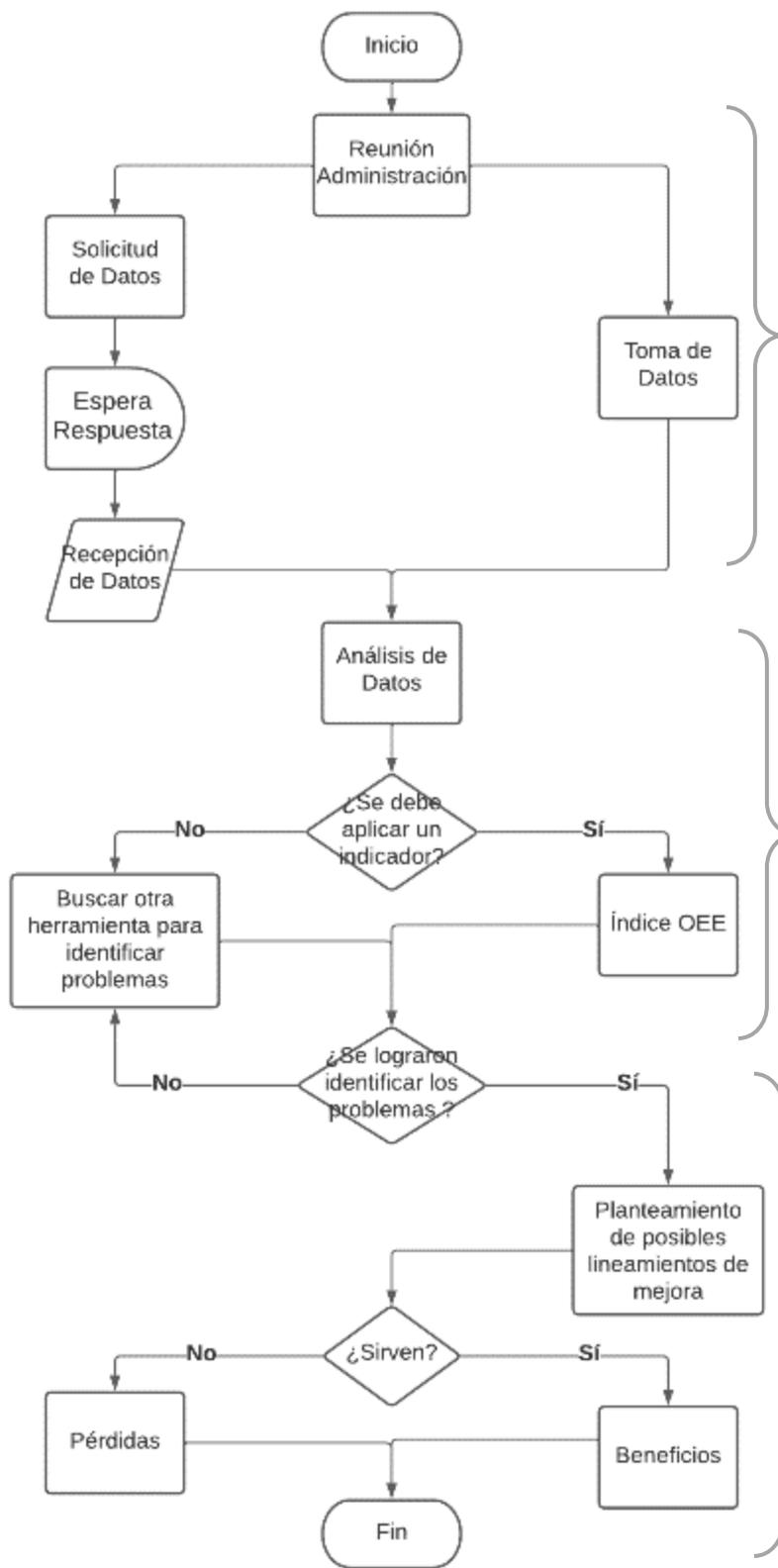
- Administrador (un individuo)
- Operarios de máquinas (5 individuos)

A continuación, se presenta una tabla que describe la función tanto del administrador como de los operarios, quedando expresada en la Tabla 1:

Tabla 1: Identificación de Participantes

Tipo de Participante	Cantidad	Cargo	Función
Administrativo	1	Gerencial	Administración y gestión de la empresa
Operarios	5	Ejecutores	Encargados de maquinarias de líneas de producción

*Fuente: Elaboración propia*



**Etapa 1: Proceso de Recolección de Información.**

La recolección de datos se realiza de dos formas: la primera fue una entrevista con el administrador, con la intención de conocer el proceso de control de las diferentes áreas; y la segunda, fue la toma de datos en modalidad *in situ*. Para ambas formas de recolección, la información se ordenó en una tabla de registro (Tabla 3).

**Etapa 2: Análisis de Datos**

Los datos recolectados fueron introducidos en el modelo de trabajo propuesto por el OEE, el cual permite determinar la productividad y con ello la competitividad de la empresa. La finalización de esta etapa permite pasar al análisis de resultados.

**Etapa 3: Resultados**

Utilizando las herramientas (índice OEE y los 5 pasos de la teoría de las restricciones) se estima que estas tendrían un impacto positivo en la eliminación de cuellos de botellas o algún otro déficit. Con lo anterior se espera lograr incrementar la productividad de la empresa por medio de la generación de lineamientos para una mejora continua que permita mantener niveles de competitividad en el tiempo y así dar cumplimiento a los objetivos de esta investigación.

Figura 5: Diagrama del Proceso Metodológico

Fuente: Elaboración propia

### *1.4.3 Materiales*

Dada la naturaleza de la investigación realizada en la empresa moldurera, solo fue necesario utilizar materiales para recoger información, los cuales fueron: reloj/cronómetro y cámara/celular para el registro visual. Además de la utilización de fuentes primarias como la realización de entrevista tanto al administrador y a cada operador encargado de las máquinas.

### *1.4.4 Proceso*

El seguimiento de la metodología permite que el proyecto se enfoque en resolver las causas de las pérdidas más significativas de la línea de producción, lo cual garantiza que sus resultados se sostengan en el tiempo. Este proceso se aprecia en mayor detalle en la Figura 5.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

A través de la aplicación del Indicador OEE, se abordó el proyecto de superación de los cuellos de botella en la empresa Molduras TRIE-PEL, para ello fue necesario conocer cada concepto que esté relacionado con el indicador que se quiere implementar en la empresa, analizar estadísticamente los datos obtenidos u otras investigaciones preliminares.

### **2.1 Productividad**

Para el desarrollo de esta investigación es necesario tener claro una serie de conceptos entre los que se encuentra productividad, eficiencia, crecimiento, entre otros.

La productividad es uno de los índices más importantes a la hora de saber si una empresa está dirigiendo sus actividades por el buen camino. Es decir, esta productividad va a permitir conocer el retorno que producen los medios invertidos en la actividad. Carro & González (2012) señala que la productividad significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por lo tanto, este concepto, Productividad, es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos), lo cual se puede visualizar de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

Considerando los postulados de Kaplan & Cooper (1998), toda empresa necesita tener un sistema que dé cuenta de sus costos para ordenar esencialmente tres elementos de su organización:

1. Conocer sus inventarios y cuantificar el costo de los productos vendidos para emitir con certeza sus informes financieros.
2. Tener un cálculo preciso de sus operaciones, productos y clientes.
3. Entregar información clara y precisa a sus ejecutivos y empleados con respecto a la eficiencia de los procesos productivos.

Un elemento adicional señalado por Carmona (1993), se relaciona al concepto de “contabilidad y costos”, el que lo asemeja a un sistema de información responsable que presente antecedentes contables, relevantes y oportunos para la toma de decisiones relacionadas con el sistema productivo de la empresa.

## 2.2 Eficiencia

La eficiencia es “la expresión que mide la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado, minimizando el empleo de recursos” (Fernández & Sánchez, 1997).

La eficiencia de un proceso productivo puede medirse mediante una amplia variedad de criterios. Carro & González (2012) dicen que un proceso es muy eficiente si:

- Tiene una productividad muy elevada: grandes resultados (*outputs*) por unidades de consumo (*inputs*).
- Produce una calidad altísima y, en consecuencia, hay pocos desperdicios (todas las unidades son aprovechables).
- Produce a costos muy bajos.
- Tiene un ciclo de respuesta muy corto, permitiendo ofrecer un servicio extraordinario en poco tiempo.

- Obtiene su producción con equipos muy buenos que requieran poca inversión y mantenimiento.

Una empresa necesita operar estratégicamente y mejorar sus procesos de producción con tecnología especializada para acelerar la producción. Y, además, operar con asertividad y reducir el desperdicio de dinero, tiempo, materia prima y mano de obra.

La buena gestión del equipo de trabajo y la adecuada compra de materias primas son factores esenciales para que un proceso sea más eficiente. Sin embargo, la modernización de las etapas, tanto a través de equipos y sistemas como de la evolución de las tácticas de producción, es el factor más decisivo para que la empresa sea competitiva y se mantenga con el tiempo.

### **2.3 Índice OEE**

El índice OEE (indicador de eficiencia general de equipos u Overall Equipment Effectiveness, en sus siglas en inglés) es una herramienta desarrollada por Nakajima en 1998, el cual 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 (Badiger & Gandhinathan, 2008).

Apoyando la idea anteriormente trabajada encontramos el planteamiento de Cruelles (2010) que afirma que este índice informa sobre las pérdidas y cuellos de botellas del proceso y enlaza la toma de decisiones financieras y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, de la planificación anual. Finalmente, el índice OEE sirve para cumplir los requerimientos de calidad y mejora continua exigidos por la certificación ISO 9000:2000.

Para Bamber, Sharp & Hides (1999) el rol del OEE va más allá de solo monitorear, controlar y llevar la cuenta de las iniciativas de mejora del equipo. El OEE previene la suboptimización individual de las máquinas o líneas productivas, entregando un método sistemático de estabilización de objetivos de producción e incorpora herramientas y técnicas prácticas de gestión con el fin de lograr una vista equilibrada de la disponibilidad de proceso, calidad y rendimiento.

Algunos objetivos que persigue el OEE son:

- Detectar las fallas más comunes a fin de mejorar los puntos débiles de la planta.
- Reducir los costos relacionados con las pérdidas de mantenimiento y calidad.
- Mantener un costo efectivo de mantenimiento.

En la Figura 6, se muestra representativamente como es calculado el índice OEE, el cual depende de la Disponibilidad de los recursos, el Rendimiento y la Calidad del producto final. Una vez que tienen estos datos, con las operaciones necesarias, se obtiene el indicador en cuestión, el cual representa la eficiencia general de los procesos u equipos.

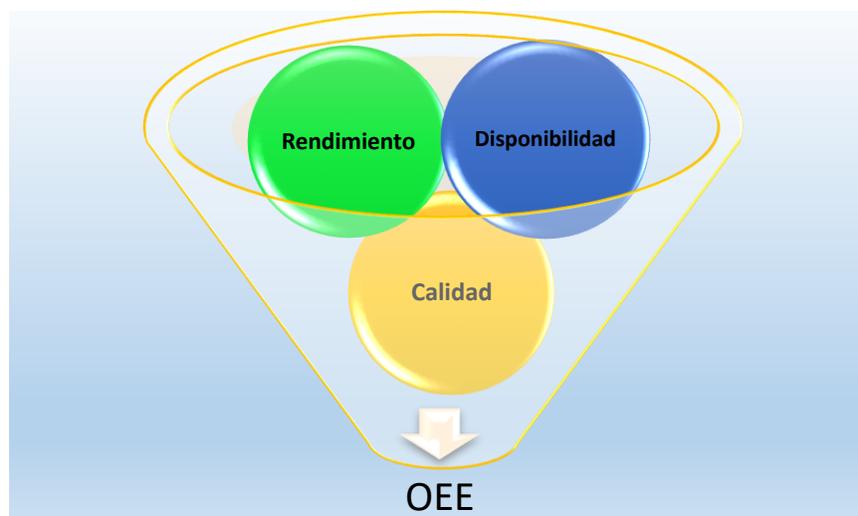


Figura 6: Eficiencia General de los Equipos (OEE)

*Fuente: Elaboración propia*

## 2.4 Cálculo del Índice OEE

La ventaja del OEE, frente a otras razones, es que mide en un único indicador todos los parámetros fundamentales de la producción industrial: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Sería una buena estimación decir que, tener un OEE de 80%, significa que de cada 100 piezas buenas que la máquina podría haber producido, solo ha producido 80, lo que indica un buen funcionamiento de esta, aunque todo es relativo.

El indicador OEE según Belohlavek (2006) es un método de medición de la efectividad productiva con un resultado porcentual y que integra datos tales como la disponibilidad del equipamiento, el ritmo y la tasa de calidad que se logra:

$$OEE = Disponibilidad \times Ritmo \times Calidad$$

Donde:

- La Disponibilidad: Representa cuanto tiempo ha estado funcionando la máquina o equipo, respecto al tiempo que se planificó que estuviera funcionando.
- El Ritmo: Es la producción durante el tiempo que ha estado funcionando; es decir, cuánto ha fabricado -sea bueno o malo- respecto a lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo real.
- La Calidad: Es el indicador más conocido de todos. Representa a cuánto se ha fabricado bueno a la primera, respecto del total de la producción realizada.

### ❖ Disponibilidad:

La disponibilidad es el cociente del Tiempo Productivo (TP) entre el Tiempo Disponible (TD), para un periodo de producción determinado. Se ve afectada por las paradas que se producen en el proceso de fabricación como, por ejemplo: arranques de máquinas, cambios, averías y esperas (Cruelles, 2010).

$$\textit{Disponibilidad} = \left(\frac{TP}{TD}\right) \times 100\%$$

Donde:

- *TD*: Es el tiempo total del trabajo diario, donde se descuentan los paros programados (tpo. De colación o alguna reunión planificada).

$$TD = \textit{tpo. total de trabajo} - \textit{paro programado}$$

- *TP*: Indica el tiempo de la máquina funcionando. Es la diferencia entre el tiempo disponible y el tiempo muerto.

$$TP = TD - \textit{tpo. muerto}$$

#### ❖ Ritmo:

El ritmo es el cociente de la Producción Real (PR), entre la Capacidad Productiva (CP), para un periodo de producción determinado. El ritmo se ve afectado por las microparadas y la velocidad reducida (Cruelles, 2010).

$$\textit{Ritmo} = \left(\frac{PR}{CP}\right) \times 100\%$$

Donde:

- *CP*: Se refiere a la cantidad de piezas ideales producidas por las maquinarias, es decir, lo que el fabricante indica lo que debería producir.
- *PR*: Se refiere al total de las piezas producidas, por maquinarias, en el turno de trabajo.

**❖ Calidad:**

La calidad es el cociente de la Producción Buena (PB), entre la Producción Real (PR). El porcentaje de calidad se ve lastrado por retrabajos o piezas defectuosas (Cruelles, 2010).

$$\text{Calidad} = \left( \frac{PB}{PR} \right) \times 100\%$$

Donde:

- *PR*: Se refiere al total de las piezas producidas, por maquinaria, en el turno de trabajo
- *PB*: Se refiere al total de piezas producidas, es decir, la Producción Real (PR) descontando las piezas defectuosas.

$$PB = PR - \text{piezas defectuosas}$$

En la Figura 7 se muestra cómo obtener los tres factores del OEE según Cruelles (2010):

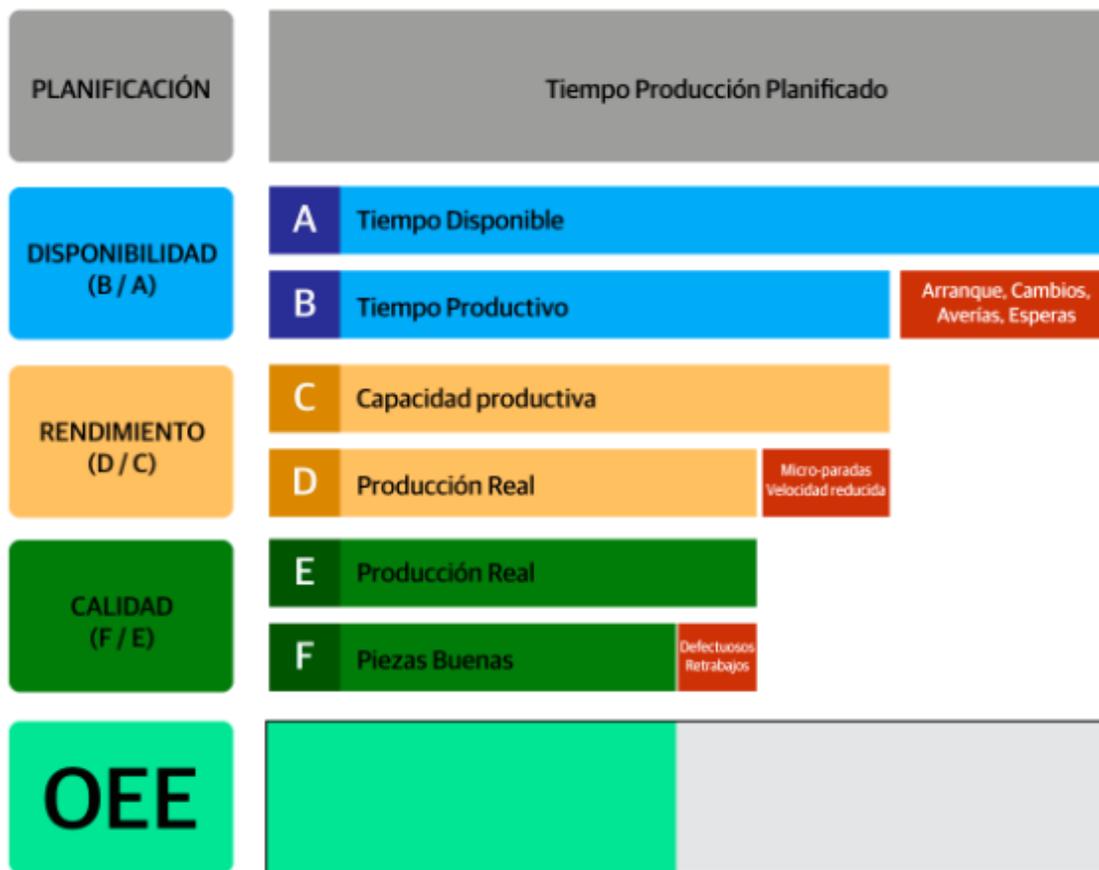


Figura 7: Diagrama de Cálculo del OEE

*Fuente: Cruelles (2010). La Teoría de la Medición del Despilfarro.*

Tras analizar la figura, se puede concluir que para incrementar el índice OEE, es indispensable tener información veraz del origen de las pérdidas productivas y así poder tomar las decisiones adecuadas para mejorar.

## 2.5 Clasificación del OEE

El valor del OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta con respecto a los avances que han obtenido las empresas de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia. Según Cruelles (2010), el OEE debe medirse

en la línea de producción en donde las maquinarias tienen una gran influencia y según esta métrica, como se muestra en la Tabla 2: Clasificación OEE, cada valor posee características puntuales, las cuales indican el nivel de competitividad del proceso. Y en base a esto optar por la mejor alternativa mejorando continuamente el nivel de competitividad de la empresa y los procesos evaluados.

Tabla 2: Clasificación OEE

OEE	CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
<65%	INACEPTABLE	Importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad
≥65% - <75%	REGULAR	Aceptable sólo si está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
≥75% - <85%	ACEPTABLE	Ligeras pérdidas económicas. Ligeramente baja competitividad
≥85% - <95%	BUENA	Entra ya en valores considerados "World Class". Buena competitividad
≥95%	EXCELENTE	Además de tener los valores "World Class", posee una competitividad excelente.

*Fuente: Cruelles (2010). La Teoría de la Medición del Despilfarro*

La primera aplicación de OEE se puede rastrear a finales de la década de los '60 cuando fue utilizada por Seiichi Nakajima en Nippon Denso como una métrica clave en TPM (Total Productive Maintenance). Según Nakajima (1998), "TPM es una metodología de plan de mejora, que permite la mejora continua y rápida del proceso de fabricación mediante el uso de la participación de los empleados, con su empoderamiento, en una medición de resultados de ciclo cerrado".

Según Cruelles, "la métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las

operaciones de planta. Además, la es la métrica para cumplimentar los requerimientos de calidad y de mejora continua exigidos por la certificación ISO 9000:2000”.

Por lo tanto, Cruelles (2010) menciona que esta herramienta es fácilmente entendible para el proceso de mejora continua en la empresa debido a que:

- Es infalible al señalar claramente donde está el problema (las pérdidas se visualizan).
- Muestra las prioridades de un modo muy claro.
- Facilita la tarea de seleccionar de forma correcta las mejoras específicas necesarias.
- Los resultados de las acciones de mejora emprendidas se observan rápidamente.
- Es un indicador simple y fácil de entender para todos los implicados.

El cálculo del índice OEE además de generar información diaria sobre la efectividad de una máquina, identifica en cuál o cuáles de las “seis grandes pérdidas” se debe centrar el análisis y solución en orden de prioridad.

## 2.6 Causas de Pérdidas en la Capacidad Productiva

En la operación de un equipo se definen seis tipos de pérdidas que inducen a disminuir la disponibilidad de los activos y posterior producción, en una planta industrial.

- Pérdida de Tiempo (Disminución de la Disponibilidad)
  - Averías: Una falla repentina genera una pérdida de tiempo en la producción. La causa puede ser organizativa o técnica, por ejemplo: error de operación del equipo/maquinaria o mantenimiento deficiente. Las averías esporádicas o fallos repentinos son normalmente fáciles de corregir.
  - Esperas: El tiempo de producción disminuye cuando el equipo está en espera. El activo puede quedar en estado de espera por varios motivos, al iniciar y finalizar un turno de trabajo, un cambio de equipo o calibraciones en el proceso.
  
- Pérdida de Velocidad (Disminución del Ritmo)
  - Microparadas: Las paradas menores ocurren por una falla temporal en un activo o cuando no está operando de manera normal, ocasionando una disminución en la velocidad de producción. El evento se puede producir por el eventual atascamiento de algún insumo, bloqueo de sensores, ajuste de piezas del equipo. Los tipos de paradas menores son diferentes a las pérdidas por averías.
  - Velocidad Reducida: Las pérdidas por velocidad reducida se refieren a la diferencia entre la velocidad teórica de diseño y la velocidad real del equipo. La velocidad teórica es previamente analizada por el área de operaciones, quien determina la velocidad de acuerdo a los eventos ocurridos durante la producción en los distintos activos.

- Pérdida de Calidad (Disminución de la Calidad)
  - Desechos: Son los productos que no cumplen los requisitos establecidos por el control de calidad. El objetivo es “cero faltas”, es decir fabricar productos de buena calidad siempre.
  - Remanufactura: Son productos que no cumplen los requisitos de calidad establecidos, los que son procesados y reconvertidos. Los productos remanufacturados son de calidad inferior al estándar establecido lo que implica un tipo de pérdida de calidad.

## **2.7 Estudio de Casos**

### *2.7.1 Implementación del OEE en el proceso de fabricación de vidrio templado.*

González, Calderón, & Gómez (2019), realizaron una investigación en una industria ubicada en el Estado de México en el año 2018, donde se analizaron las líneas de producción para determinar los índices del OEE, que arrojaron un rendimiento global de un 35% el cual es un rango “inaceptable” en el mes de octubre de dicho año.

En este punto donde se determinaron estrategias que permitieron mejorar dicho rendimiento. En primer lugar se analizaron los flujos de proceso de ambas líneas, identificando áreas de mejora y simplificando etapas de fabricación, lo cual permitió optimizar tiempos de producción y disponibilidad de los equipos, una segunda acción fue la modificación del equipo de corte, permitiendo procesar tres tipos de parte, sin necesidad de hacer cambios en la herramienta, lo cual causó una disminución de tiempos de preparación. Finalmente se evaluó y mejoró las condiciones de iluminación, con esto se redujeron los tiempos de inspección en la calidad del producto. Lo cual en el mes de noviembre permitió obtener un incremento del 5% del OEE, en relación a la medición anterior.

### *2.7.2 Implementación del OEE en planta metálica Rheem Chile*

Contreras (2018), realizó un estudio donde durante dos años, implementó el índice OEE en una empresa dedicada a la elaboración de tambores metálicos llamada Rheem Chilena.

Se analizó una línea de producción en donde se elaboran tambores de 55 y 60 galones con tapa fija y removible. Al realizar el seguimiento del OEE correspondiente al mes de enero 2018, mostró un 30% de eficiencia global, el cual comparado respecto al mismo periodo del año 2017 el cual corresponde a un 27%, se logró concluir que a pesar de un pequeño aumento de un 3%, se continúa en una categoría “inaceptable” para la competitividad de la empresa. Este bajo OEE fue ocasionado principalmente por el bajo porcentaje de rendimiento el cual se encontraba entre los (50% - 55% dentro del periodo).

Esto sirvió para ayudar a crear un sentimiento de responsabilidad conjunta entre los operarios de las máquinas, los encargados de mantenimiento y a la alta gerencia para trabajar en la mejora continua y optimizar la eficiencia, minimizando pérdidas y disminuyendo sus costos, permitiéndoles seguir en la competencia del mercado.

### *2.7.3 Incremento del OEE en una empresa del sector automotriz*

Chávez, Santiesteban & Pérez (2021) realizaron un estudio en una empresa automotriz mexicana que se especializa en la fabricación y desarrollo de etiquetas, mediante procesos de impresión flexográficos, con el objetivo de duplicar su rentabilidad en sus ventas para el año 2025.

Gracias al análisis efectuado dentro de la empresa, se localizaron problemas en términos de aprovechamiento del rendimiento y productividad operativa, generando así defectos de calidad debido a la falta del recurso humano calificado y a la disminución del valor añadido de los productos.

Se alcanzó a incrementar el nivel del indicador OEE con un aumento del 19%, con un nivel de mejora final del 52%, a diferencia del 33% que se tenía anteriormente. Por otra parte, el nivel por maquinaria logró aumentar arriba de un 70%. De la misma manera, fue posible disminuir el nivel de actividades no programadas efectuadas durante el año en curso con una mejora del 36.54%, lo que representa un total de 19 actividades atendidas. Eso equivale a 14 trabajos menos, a diferencia del año anterior, en el que se realizaron 33 actividades no programadas. Por el contrario, se alcanzó a disminuir el nivel de fallas por mes durante una evaluación de los primeros 3 meses del año 2020 y 2021: de un 31.37% de fallas presentes en el 2020, en este año se redujo a un 19.60% de fallas, con una disminución del 11.17%. Incluso, el nivel de refacciones dentro del área de mantenimiento logró actualizarse cerca de un 66.28%, con una diferencia mínima de gestionar del 66.28%.

Cabe señalar que, se deben seguir procesos y procedimientos para alcanzar la mejora sustentable y mantener la mejora lograda por un periodo de tiempo. Por ello, se proponen realizar reuniones semanales con el personal involucrado para dar seguimiento a los inventarios y al OEE y la implementación de un sistema de alta automática de las refacciones (sistemas como SAP o ERP).

## 2.8 Cuello de Botella

El cuello de botella es un proceso (o etapa productiva) que funciona de manera ineficiente, o a bajo nivel de productividad, causando como consecuencia la reducción del flujo de salida de los productos/servicios en sus procesos. Al respecto, Heizer & Render (2014) indican que los cuellos de botella son restricciones que limitan la salida de producción.

Los cuellos de botella no son algo malo en sí mismos, pero pueden percibirse como el eslabón más débil en la línea de producción. Debido a esto, Heizer & Render (2014) presentaron cuatro principios para el manejo del cuello de botella:

1. *Libere órdenes de trabajo para el sistema al ritmo marcado por la capacidad del cuello de botella:* la teoría de las restricciones utiliza el concepto de *tambor*, *amortiguador*, *cuerda* para ayudar en la implementación de programas para los cuellos de botella y no-cuellos de botella. En este contexto, el *tambor* es el ritmo del sistema. El *amortiguador* es el recurso. Y la *cuerda* proporciona la sincronización necesaria para jalar las unidades a través del sistema.
2. *El tiempo perdido en el cuello de botella es una pérdida de capacidad para todo el sistema:* este principio implica que el cuello de botella debe estar siempre ocupado con trabajo. Si se tienen empleados e inspectores bien entrenados, así como una capacitación cruzada antes del cuello de botella, es posible reducir la capacidad perdida.
3. *El aumento de la capacidad de una estación que no es cuello de botella es un espejismo:* el aumento de la capacidad de las estaciones que no son cuello de botella no tiene impacto sobre la capacidad global del sistema. Trabajar más rápido en una estación que no es cuello de botella sólo puede crear un inventario extra, con todos sus efectos adversos. Esto implica que los no-cuellos de botella deben prever un tiempo de inactividad. El trabajo o las preparaciones extra de las estaciones que no son cuello de botella no

causarán retraso, lo que permite que en este tipo de estaciones puedan hacerse lotes más pequeños y cambios de producto con mayor frecuencia.

4. *El aumento de la capacidad de los cuellos de botella incrementa la capacidad de todo el sistema:* los administradores deben enfocar sus esfuerzos de mejora en el cuello de botella. la capacidad del cuello de botella puede mejorarse por diversos medios, incluyendo la descarga de algunas de las operaciones del cuello de botella a otra estación de trabajo, aumento de la capacidad del cuello de botella (añadiendo recursos, trabajando más tiempo o más rápido), subcontratación, desarrollo de rutas alternativas, y reducción de los tiempos de preparación.

Aun cuando los administradores tengan bajo control los procesos y la variabilidad de la calidad, los cambios tecnológicos, el personal, los productos, las mezclas de productos y los volúmenes pueden crear múltiples y cambiantes cuellos de botella. La identificación y el manejo de los cuellos de botella es una tarea necesaria de las operaciones, pero por definición, los cuellos de botella no pueden “eliminarse”. Un sistema siempre tendrá al menos uno.

## 2.9 Los 5 Pasos de Enfoque (Teoría de las Restricciones)

Dentro de la metodología *Lean*, el Dr. Goldratt & Cox (1985) introdujo una herramienta conocida como los 5 Pasos de Enfoque o 5 Pasos de la Teoría de las Restricciones (TOC, por sus siglas en inglés, Theory of Constraints) es el cuerpo de conocimientos que maneja todo lo que limita la habilidad de una organización para lograr sus metas y buscaba específicamente aumentar el rendimiento, la reducción de los tiempos de ciclo y la elevación de la satisfacción del cliente.

La base de la teoría de las restricciones es el reconocimiento y manejo de estas limitaciones mediante un proceso de cinco pasos:

- Paso 1: Identificar el cuello de botella

La *Teoría de Las Limitaciones* de Goldratt estipula que si se mejora el rendimiento en cualquier otro lugar que no fuera el punto del cuello de botella, se causarían más pérdidas.

- Paso 2: Explota/Honra el cuello de botella

Para explotar un cuello de botella, primero hay que definir si el cuello de botella es una parte válida del proceso, teniendo cuidado de que la restricción no sea un paso innecesario, como, por ejemplo: la supervisión de la gestión. Si el cuello de botella es una parte necesaria y generadora de valor del proceso, entonces hay que asegurarse de que sólo está haciendo el trabajo que se requiere.

- Paso 3: Subordinar el resto de los procesos al cuello de botella

Lo que significa que el cuello de botella impulsa la velocidad de la entrega, por lo tanto, los pasos 1 y 2 deben entregar a una velocidad que genere un suministro de trabajo que el cuello de botella pueda manejar. La Teoría de las Limitaciones llama a esto un enfoque *Drum – Buffer – Rope (Gestión de Producto Bajo Pedido)*, que en español significa, Tambor-Amortiguador-Cuerda. Donde una cuerda metafórica se ata a la restricción, causando que el resto de la línea de suministro se mantenga

al día. La cuerda asegura que la línea no abastezca el cuello de botella demasiado rápido, ni demasiado lento, causando que se quede paralizada. La cuerda toma el papel de un amortiguador, asegurando que el equipo sepa cuando se le está acabando el margen de maniobra.

- Paso 4: Superar el cuello de botella – elevando su capacidad

En este paso, se observa como el resto del proceso de producción puede ayudar al cuello de botella, es decir, que todo el equipo trata de aliviar el cuello de botella redistribuyendo los recursos y por lo tanto, incrementando la producción y el rendimiento.

- Paso 5: Reiniciar el proceso, volviendo a revisar el cuello de botella

El último paso de la implementación de la Teoría es asegurarse de que se reinicie el proceso a la nueva velocidad, y observar cómo las cosas están fluyendo a través del cuello de botella. Si es necesario, empezar de nuevo desde el principio. Ya no es necesario apuntar a la restricción, cuando no importa la mejora que hagas, el cuello de botella ya no mejora tu tiempo de ciclo. Cuando esto sucede, significa que el cuello de botella significativo ha sido desplazado a otra área de tu línea.

Para enfocar el proceso de mejora continua se debe seguir la metodología de la teoría de las restricciones, la cual se muestra en la Figura 8 de la siguiente manera:

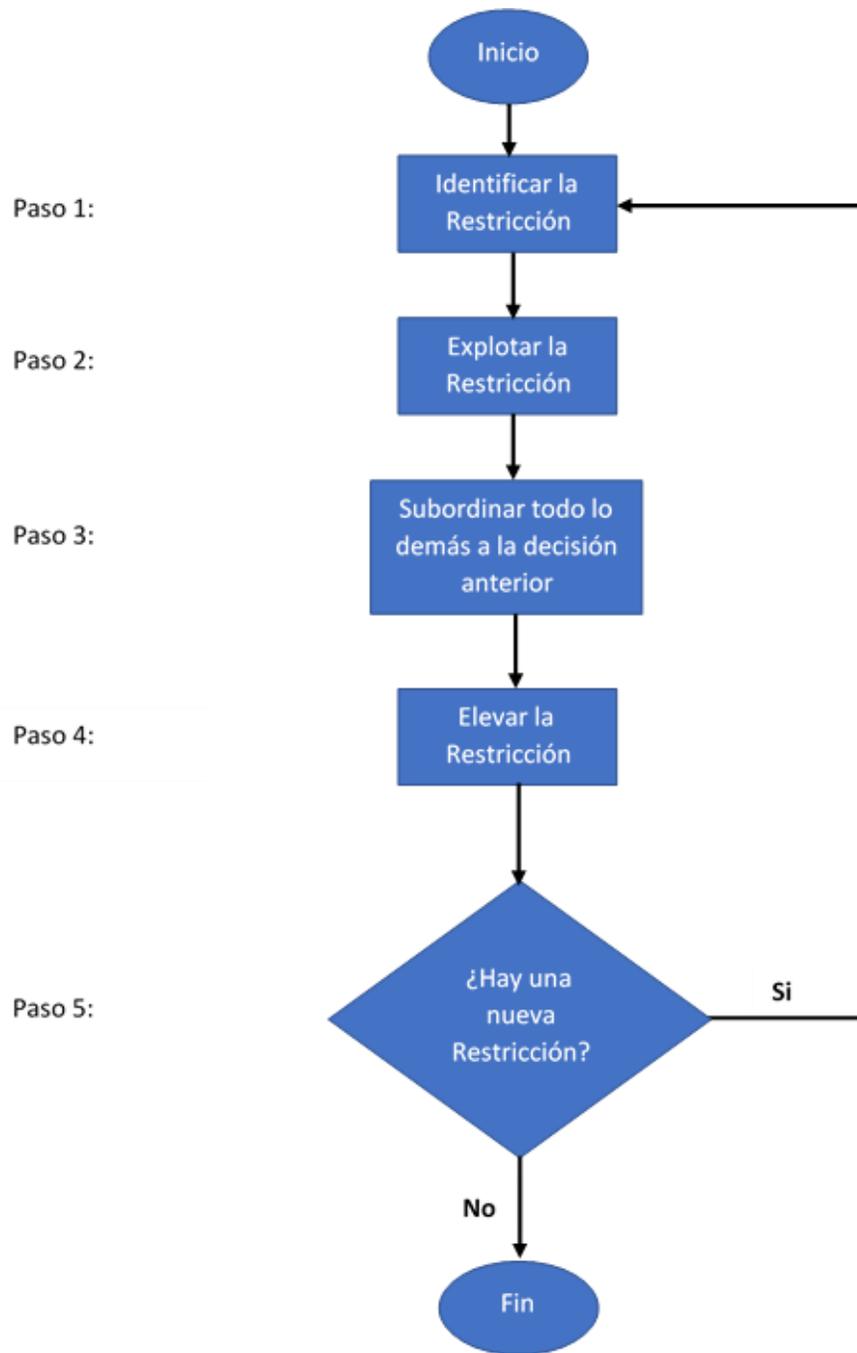


Figura 8: Los 5 Pasos de Enfoque  
 Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO 3: RESULTADOS

En el siguiente capítulo, una vez obtenido los datos, se evaluaron en las herramientas de estudio, arrojando la situación actual de la empresa y logrando identificar la máquina con menor eficiencia.

### 3.1 Análisis de Datos

Como se mencionó en el diagrama del proceso metodológico (Figura 5), la primera etapa fue la de recolección de datos, quedando en la siguiente tabla de registro:

Tabla 3: Datos de Tiempos y Producción de la empresa

DATOS						
	Maquinaria	Finger	Trozador	Treillage	Moldurera 1	Moldurera 2
	Día	1	1	1	1	1
(Hrs)	Turno	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
(Min)	Comida	30	30	30	30	30
(Min)	Paro Programado	0	0	0	0	0
(Min)	Tiempo Muerto	90	90	30	90	90
(Min)	Tpo. Disponible Turno	540	540	540	540	540
(PPM)	Pz. Ideal C/Maq	1,6	1,6	0,1	7	6
(Pz)	Pz. Prod. Totales	700	700	50	3000	2000
(Pz)	Pz. Defectuosas	30	0	0	50	30

*Fuente: Elaboración propia*

Donde cada ítem es especificado a continuación:

- a) **Día:** Se refiere al periodo de medición, por lo tanto, se registra cuánto producen tanto las máquinas, como la línea de producción completa de la empresa.

- b) Turno:** El turno, medido en horas, son las horas trabajadas de la empresa, el cual era un ítem necesario, para saber si la empresa contaba con más de un turno de trabajo, como, por ejemplo: tres turnos de ocho horas cada uno o dos turnos donde a medio día se cambian los trabajadores, etc.  
Se tuvo conocimiento que la empresa trabajaba con solo un turno fijo de nueve horas y media diarias.
- c) Comida:** En este ítem, se solicitaba el tiempo de colación que tenía cada trabajador de la empresa, si es que tenían. El cual era de 30 minutos diarios. Por ende, todas las maquinarias dejaban de funcionar en esos 30 minutos de trabajo.
- d) Paro Programado:** Se refiere a algún ajuste, arreglo, remodelación de maquinaria o alguna reunión o evento importante pero que no afecte al tiempo de funcionamiento de cada maquinaria.
- e) Tiempo Muerto:** Se refiere a alguna detención inoportuna de alguna máquina o de algún trabajador, que afecte directamente al funcionamiento de las máquinas y de la producción. (También se pudiese considerar por ejemplo una vez terminado la hora de colación, que algún trabajador se demore en llegar a la maquinaria o si la máquina se demora en encender para empezar a trabajar, entre otros factores que afecten el 100% del funcionamiento de éstas).
- f) Tpo. Disponible Turno (TD):** Es el tiempo total del trabajo diario, donde se descuentan los paros programados (tpo. De colación o alguna reunión planificada).
- g) Pz. Ideal c/Maq.:** En este ítem se solicita la información de la producción de piezas que la máquina debería realiza por minuto. Generalmente al comprar una maquinaria, el proveedor da a conocer cuál es el rendimiento ideal que la máquina debiese tener. (Ej: Una sierra nueva debería cortar en un minuto 10 trozos de madera).
- h) Pz. Prod. Totales (PR):** En este ítem se registra la cantidad total de piezas producidas por minuto, en cada una de las maquinarias, es decir, la *Producción Real (PR)*.

- i) **Pz. Defectuosas:** Como el nombre lo indica, en este ítem se registran las cantidades de piezas defectuosas de cada maquinaria, pero lo más probable era que en algunas máquinas no hubiese piezas defectuosas, ya que la mayoría de las maquinarias trabajan con un buen producto o las mismas máquinas arreglan los defectos.

### 3.2 Proceso de Análisis de Información

Una vez realizada toda la recolección de datos, se utilizó índice OEE, permitiendo identificar la problemática de la empresa y la competitividad que esta posee.

Al analizar los datos, se agrupó el tiempo en que las maquinarias no generan producción obteniendo la siguiente tabla:

Tabla 4: Tiempos Infructíferos de las Maquinarias

Máquinas	Finger	Trozador	Treillage	Moldurera 1	Moldurera 2
Colación	30 min	30 min	30 min	30 min	30 min
Tiempo Muerto	90 min	90 min	30 min	90 min	90 min
Total	120 min	120 min	60 min	120 min	120 min
Porcentaje	21,1%	21,1%	10,1%	21,1%	21,1%

*Fuente: Elaboración propia*

De un turno diario de 570 min, casi todas las máquinas poseen el mismo tiempo infructífero, representando un 21,1% del tiempo total, exceptuando el Treillage, que solo representa un 10,1%, siendo la máquina que más tiempo se mantiene en funcionamiento durante la jornada laboral.

### 3.2.1 Análisis del OEE en la Organización

Para poder evaluar el rendimiento de la empresa, se ingresaron los datos en la Tabla 5, la cual nos indica el índice OEE de cada maquinaria de la línea de producción quedando detallado a continuación:

Tabla 5: Índice OEE de la empresa MOLDURAS TRIE-PEL

ÍNDICE OEE (MOLDURAS TRIE-PEL)										
MAQUINARIA	Tpo. Disponible (min)	Tpo. Productivo (min)	Tpo. Muerto (min)	Pz. Ideal Prod.	Pz. Producidas	Pz. Defectuosas	% DISPONIBILIDAD	% RITMO	% CALIDAD	OEE
Finger	540	450	90	720	700	30	83%	97%	96%	78%
Trozador	540	450	90	720	700	0	83%	97%	100%	81%
Treillage	540	510	30	51	50	0	94%	98%	100%	93%
Moldurera 1	540	450	90	3150	3000	50	83%	95%	98%	78%
Moldurera 2	540	450	90	2700	2000	30	83%	74%	99%	61%
						Promedio =	86%	92%	99%	78%

Fuente: Elaboración propia

Dicho esto, se describe el OEE obtenido, según la clasificación de Cruelles (2010) en cada una de las diferentes maquinarias que posee la empresa:

- **FINGER:**

El valor de la métrica OEE indica un rango “aceptable” del finger al estar en el intervalo  $75% < OEE < 85%$ , lo cual significa que la máquina posee ligeras pérdidas económicas y una competitividad ligeramente baja. Siendo la “disponibilidad” el indicador que altera el OEE al poseer la menor razón porcentual y por tanto, no tener una mayor clasificación.

- **TROZADOR:**

El valor de la métrica OEE indica un rango “aceptable” del trozador al estar en el intervalo  $75% < OEE < 85%$ , teniendo las mismas características que el finger, a pesar de que el índice sea un poco mayor.

- **TREILLAGE:**

El valor de la métrica OEE indica un “buen” rango del treillage al estar en el intervalo  $85\% < OEE < 95\%$ , lo que significa que entra en valores considerados “World Class” y posee buena competitividad. Esta es una de las máquinas que muestra mayor productividad de la empresa y el menor tiempo muerto.

- **MOLDURERA 1:**

El valor de la métrica OEE indica un rango “aceptable” de la moldurera 1 al estar en el intervalo  $75\% < OEE < 85\%$ , por tanto, sigue las mismas características que las primeras dos máquinas (finger y trozador).

- **MOLDURERA 2:**

El valor de la métrica OEE indica un rango “inaceptable” de la moldurera 2 al estar en el intervalo  $OEE < 65\%$ , significando que se producen importantes pérdidas económicas y una muy baja competitividad. Por lo tanto, se puede identificar que esta máquina es la que menor eficiencia posee en la línea de producción afectando la competitividad general de la empresa.

Se observa que en promedio el índice de la empresa MOLDURAS TRIE-PEL es de un 78%, clasificando en un rango “aceptable” al estar dentro del intervalo  $75\% < OEE < 85\%$ , como se indicó en la teoría de Cruelles (2010). Al igual que en toda la línea de producción, el indicador más influyente es la “disponibilidad”, esto se debe a la falta de automatización y depender mucho del factor humano y traslado de la materia prima a los demás puestos de trabajo, lo que causa una disminución en los tiempos, generando momentos en desuso de las maquinarias como se aprecia en la Tabla 4 viéndose afectado el completo y óptimo funcionamiento de cada una de estas. También a las averías y esperas que conllevan los factores mencionados anteriormente. El otro índice, relativamente bajo es el “ritmo”, el cual tiene que ver con las maquinarias al no ser usadas al 100% de su capacidad productiva, es decir, que, por los problemas anteriores, las máquinas “pierden”

tiempo valioso al no estar en funcionamiento y por ende no cumplen con las indicaciones óptimas que vienen de fábrica (producción de piezas ideales por minuto de cada una de las máquinas). Lo que hace que tengan microparadas y la velocidad sea más reducida afectando a la producción y productividad de la empresa.

## **CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE LINEAMIENTOS DE MEJORA**

Al lograr comprender la situación actual e identificar la máquina que menor eficiencia posee con el OEE, en el siguiente capítulo se proceden entregar lineamientos de mejora continua para tratar la restricción y mantener los niveles de competitividad en el tiempo.

La mejora continua es una herramienta de incremento de la productividad que favorece un crecimiento estable y consistente en todos los segmentos de un proceso. Según Xitumul (2009) mejorar de manera continua implica aplicar la creatividad e innovación con el objeto de mejorar los tiempos de preparación de las máquinas-herramientas, la organización del trabajo y la capacitación del personal ampliando sus conocimientos y experiencias mediante un incremento de sus polivalencias laborales.

### **4.1 Lineamientos de Mejora**

Para lograr incrementar la productividad y competencia de la empresa, se realizan propuestas de lineamientos de mejora enfocadas principalmente en aumentar la efectividad productiva de las maquinarias y también en la disminución de los tiempos muertos que posee la organización.

Esto conlleva a la necesidad de dotar a los responsables de los procesos, para evaluar la efectividad y eficiencia de la línea de producción y así buscar permanentemente su mejora.

A continuación, se describen las diferentes fases del ciclo de mejora continua según Xitumul (2009) y las herramientas recomendadas en cada una de ellas:

#### **➤ Primera Fase: Detección de problemas.**

- Identificar y listar situaciones mejorables.

- Priorizarlas.
- Asignar responsabilidades y definir equipos de mejora.

Se debe especificar el problema u oportunidad de mejora detectado en términos cuantificables y además especificar los objetivos a alcanzar en el proceso de resolución. Para ello, se debe recoger información adicional que ayude a responder las siguientes preguntas:

- a) Tipo de problema.
- b) Situación.
- c) Temporabilidad.
- d) Actividades empleadas en su corrección.
- e) Impacto sobre la globalidad del proceso.

➤ **Segunda Fase: Análisis de las causas del problema.**

- Analizar las causas.
- Considerar posibles soluciones.
- Escoger las soluciones factibles.
- Establecer mecanismos de control.
- Detectar y analizar las resistencias al cambio.

Se procede a identificar aquellas causas que tienen un efecto significativo sobre el problema y que se puede actuar para minimizar o eliminar su efecto.

➤ **Tercera Fase: Definir e implantar la solución al problema.**

- Aplicar soluciones.
- Controlar el proceso de su aplicación.
- Detectar y paliar las resistencias al cambio.
- Considerar soluciones alternativas.

- 1) Para conseguir, entre varias posibilidades, la solución óptima, se procede a:
  - a) Listar todas las posibles soluciones a la causa raíz detectada.
  - b) Evaluar las diferentes alternativas en base de:
    - i) Impacto o eficacia en la resolución del problema.
    - ii) Costo de la solución.
    - iii) Relación costo/beneficio.
    - iv) Resistencia al cambio de los impactos derivados de la solución.
    - v) Tiempo de implantación.
  - c) Diseñar la solución escogida con definición de:
    - i) Nuevos procedimientos.
    - ii) Modificaciones de recursos materiales y humanos.
    - iii) Adecuación o modificación de infraestructura.
  - d) Diseñar el sistema de control de la nueva situación, en donde se describirán:
    - i) Parámetros a controlar y estándares de funcionamiento.
    - ii) Procedimientos de actuación para el control sistemático y ante desviaciones.
    - iii) Recursos necesarios para garantizar el funcionamiento del sistema de control.
- 2) La fase de implantación de la solución se debe llevar a cabo de forma sistemática y con éxito. Dependiendo de la participación de los profesionales implicados, su grado de conocimiento del objetivo, y de la disponibilidad de recursos necesarios. Se procederá a:
  - a) Tratar la resistencia al cambio, en donde se debe:
    - i) Identificar las fuentes de resistencia y de apoyo más probables.
    - ii) Valorar y priorizar dichas fuentes en función de su impacto potencial.

- iii) Identificar acciones para vencer los obstáculos mediante información, participación, y contacto con líderes.
  
- b) Desarrollar el Plan de Implantación:
  - i) Actividades que hay que realizar para la implantación (formación, procedimientos, cambios de personal e instalaciones, etc.).
  - ii) Nombrar responsables.
  - iii) Determinar cronograma.
  - iv) Seguimiento del plan.
  
- c) Si la implantación de la solución implica importantes cambios en la empresa, se debe, previamente, verificar su eficacia.

➤ **Cuarta Fase: Control / Monitorización**

- Revisar los resultados.
- Monitorizar.
- Reiniciar el ciclo.

Es importante realizar un cambio a la vez cuando se tratan de mejorar varios problemas. Ya que es muy frecuente querer solucionar todo de una manera simple y rápida, pero sin verificar el impacto en la maquinaria. Por ende es mucho más difícil diagnosticar problemas y evaluar qué tan efectiva fue la solución.

## **CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Por medio de la aplicación del OEE, se lograron establecer parámetros que ayudaron a identificar de forma precisa los problemas que provocaba la disminución del rendimiento de la empresa Molduras TRIE-PEL. Además, la aplicación de este índice sirvió como estrategia válida para mitigar los efectos de la pérdida de materia prima y exceso en los tiempos de trabajo, logrando un aumento de la productividad de la empresa.

Por otra parte, mediante la obtención de datos y el análisis de ellos, se logró observar e identificar las falencias en la gestión y organización de la moldurera. Siendo la problemática principal, la falta de gestión efectiva sobre los tiempos de trabajo (tiempos muertos y paradas de maquinarias) provocando disminución en la producción y competitividad de la empresa. Para dar solución a la situación descrita, se propuso soluciones enfocadas en estrategias de mejora de gestión administrativa y productividad.

Otro elemento importante a destacar es que una vez realizado y aplicado el índice OEE se logra establecer claramente la situación actual en que se encuentra la empresa. La aplicación de la métrica del enfoque OEE, permitió constatar que los datos obtenidos se encuentran en la línea de niveles de competitividad aceptables para ser una empresa eficiente y competitiva en el mercado.

Una vez que se logra conocer la situación actual de la empresa, se identifica la máquina con menor eficiencia general de equipos, siendo la moldurera 2 con un indicador de eficiencia de un 61%.

Todo lo anterior permite generar lineamientos de mejora, los que representa una ayuda a la empresa, en función de la obtención de una mejora organizacional y proyección hacia el logro de un posicionamiento importante dentro del mercado

regional, generando una visión futura que se alinea a las necesidades propias de la remanufacturera como a las necesidades particulares de los trabajadores. Estos lineamientos ayudan a mantener un orden, ambiente laboral sano y una producción en constante crecimiento, creando planes que permiten generar mayor rentabilidad con el menor gasto posible.

Finalmente, la investigación y los procedimientos realizados se alinearon a los objetivos propuestos, por lo que, a modo de cierre de conclusiones, se establecieron lineamientos de mejora de producción de la empresa TRIE-PEL, se cuantificó la productividad de los equipos involucrados, se identificó la máquina con menor efectividad y se definieron diversas estrategias de mitigación de pérdida de materia prima y exceso en los tiempos de producción. Las acciones mencionadas se ejecutaron bajo el indicador que propone el enfoque OEE, con lo que se da respuesta a los objetivos de investigación planteados.

No obstante, según las soluciones anteriormente señaladas, se entregó una recomendación para aplicar en un futuro inmediato, siendo esta, evaluar la posibilidad de obtener un software enfocado al control de producción.

Para mejorar los índices OEE de manera significativa se utilizan los sistemas MES (Manufacturing Execution System en inglés), un software que monitorea y documenta la gestión de la planta con el objetivo de:

- Reducir Costes.
- Mejorar la Productividad.
- Aumentar la Trazabilidad y la Calidad de entrega a los clientes.

Un sistema capaz de detectar posibles errores potenciales para solucionarlos sin pérdidas de tiempo significativas, es el mejor modo de que la Disponibilidad mejore.

Para mejorar el Rendimiento, hay que conseguir optimizar las velocidades de producción. Debido a esto, un buen programa de gestión (como lo es el software)

que envíe ordenes de trabajo directamente a planta o que conecte planificación con compras, puede evitar que se produzcan pequeñas paradas que acaban afectando al rendimiento general.

Y, por último, aunque evitar al 100% la aparición de un producto mal producido es complicado, lograr identificar los puntos de control considerados más críticos e incidir en su buen funcionamiento, puede permitir que los números totales bajen al mínimo. Es por esto que un software que cubra toda la trazabilidad del producto es la mejor manera de lograr un nivel de control casi perfecto.

Al realizar diversos cambios en la estructura y funcionamiento de la organización, las personas pueden verse afectadas en el ámbito emocional, debido a la salida de su zona de confort. Generando sentimientos como el miedo e inseguridad a lo nuevo y desconocido. Frente a dicha situación, se recomiendan los siguientes procesos para reducir o eliminar las incertidumbres que podrían generar, afectando a la productividad de la empresa:

1. Comunicar claramente al personal qué se va a cambiar y qué se quiere lograr con el cambio, ya sea en una charla o escrito.
2. Dedicar tiempo a oír los miedos y temores del personal con respecto al cambio (sirve para entender por qué y/o en qué se oponen o afecta el cambio).
3. Dar recompensas o estímulos para favorecer la aceptación de la nueva situación.
4. Reforzar continuamente los aspectos positivos del cambio.
5. No negar los aspectos negativos y ser lo más realista de las consecuencias del cambio.

Por lo tanto, una empresa que identifica con claridad y soluciona sus problemas, rápidamente va a obtener un equilibrio en sus finanzas, mejorará su producción y competirá de mejor manera en el mercado, lo que es vital para su propia subsistencia.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Badiger, A. S., & Gandhinathan, R. (2008). A proposal: evaluation of OEE and impact of six big losses on equipment earning capacity. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 2(3), 234-248.
- Bamber, C. J., Sharp, J.M. & Hides, M.T. (1999). "Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: A UK manufacturing case study perspective", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol 5 No. 3, pp. 162-181.
- Belohlavek, P. (2006). *OEE: Overall Equipment Effectiveness*. Buenos Aires, Argentina: 1ª ed. Blue Eagle.
- Carmona, S. (1993). *Cambio Tecnológico y Contabilidad de Gestión*. Instituto de Cuentas. Madrid.
- Carro, R., & González, D. (2012). *Productividad y Competitividad*. Buenos Aires: Centro de Documentación, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
- Chávez, J., Santiesteban, N., & Pérez, I. (2021). Incremento de la Eficacia Global del Equipo (OEE) por medio de la reducción de tiempos muertos y seguimiento del control de insumos para los mantenimientos preventivos: caso de una empresa del sector automotriz. *Estudios de Administración*, 27(2), 110-130.
- Contreras, F. (2018). Implementación del sistema de indicadores de productividad OEE (eficiencia global de equipos) en planta metálico Rheem Chile. [Memoria de título]. Universidad Andrés Bello. Santiago.

- Cruelles, J. A. (2010). *La teoría de la medición del despilfarro*. Toledo, España. Zedegon.
- Escalante, E. (2006). *Análisis y mejoramiento de la calidad*. México: Limusa.
- Fernández, M. & Sánchez, J. (1997) *Eficacia Organizacional. Concepto, desarrollo y evaluación*. Madrid.
- Goldratt, E.M & Cox J. (1985). *La Meta: Un Proceso de Mejora Continua*. 2ª ed. Monterrey, Nuevo León, México. North River Press.
- González, M., Calderón, L., & Gómez, M. (2019). Implementación del OEE en el proceso de fabricación de vidrio templado. *Revista de Invención Técnica*, 3(10), 11-21.
- Heinemann, K. (2003). *Introducción a la Teoría de la Investigación Empírica*. España: Paidotribo.
- Heizer, J., & Render, B. (2014). *Principios de Administración de Operaciones* (Novena ed.). México, D.F.: Pearson Educación.
- Kaplan, R., & Cooper, R. (1998). *Coste y Efecto*. Ediciones Gestión 2000, S. A., Barcelona.
- Nakajima, S. (1998). *Introduction to Total Productive Maintenance*. MA, EEUU: Productivity Press, Cambridge.
- Xitumul, A. (2009). Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas. [Trabajo de graduación]. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.