



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

---

---

**CENTRO UNIVERSITARIO UAEM VALLE DE MÉXICO**

**IMPLEMENTAR UN EVENTO KAIZEN MEJORA ENFOCADA  
PARA REDUCIR EL TIEMPO IMPRODUCTIVO EN UNA  
LÍNEA DE EMPAQUES**

**TESIS**

Que para obtener el Título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presenta

**C. Carlos Vladimir Vázquez Cisneros**

**Asesor: Dra. en C. Gabriela Gaviño Ortiz**

**Atizapán de Zaragoza, Edo. de México. Enero 2023.**



## **RESUMEN**

En el contexto de las organizaciones industriales y de procesos intervienen una serie de eventos que inciden, en el caso de la manufactura tales como: la materia prima, el funcionamiento de las máquinas y equipos suele cambiar, en el personal y colaboradores hay transiciones, entre otras situaciones, en busca de la mejora el intercambio de ideas se realiza en grupos de trabajo, prácticas basadas en empresas altamente efectivas.

En los casos destacados de empresas, si bien existe un interés, también está implícita la necesidad y los esfuerzos por superarlas a través de innovaciones. Por lo que el espectro de la mejora es de gran valor, abarca todas las áreas de las organizaciones, desde las pequeñas empresas hasta grandes corporaciones, dando lugar a innovaciones en industrias en los diversos sectores productivos. Se pueden resolver las áreas oportunidad identificadas o deseadas, eliminando las pérdidas y desperdicios para mantener la demanda del mercado y obtener los objetivos establecidos.

La mejora continua está rodeada de diversos conceptos, metodologías y filosofías como el Kaizen, ella continúa evolucionando integrándose a los procesos centrales de las operaciones, algunas veces se fusiona para maximizar su potencial, otras veces se sintetiza para ser más ágil e incorpora nuevos recursos y tecnologías. Las posibles barreras se atenúan y las conexiones elementales dan lugar a panoramas inhóspitos en la sustentabilidad de las organizaciones de acuerdo a las necesidades y en el tiempo se da lugar a la creación de nuevas alternativas. Los medios para su realización son sencillos, alcanzables, posibles y con la práctica muy benéficos, en su conjunto el fin deseable esperado. A continuación, a través de una mejora enfocada intentaremos profundizar en el tema.

**PALABRAS CLAVE:** Mejora continua, Kaizen, Innovación.

## **ABSTRACT**

In the context of industrial and process organizations, a series of events intervene that affect, in the case of manufacturing, such as: the raw material, the operation of machines and equipment usually changes, in the personnel and collaborators there are transitions, between other situations, in search of improvement, the exchange of ideas is carried out in work groups, practices based on highly effective companies.

In the outstanding cases of companies, although there is an interest, the need and the efforts to overcome them through innovations are also implicit. Therefore, the spectrum of improvement is of great value, it covers all areas of organizations, from small companies to large corporations, giving rise to innovations in industries in the various productive sectors. The identified or desired opportunity areas can be resolved, eliminating losses and waste to maintain market demand and obtain the established objectives.

Continuous improvement is surrounded by various concepts, methodologies and philosophies such as Kaizen, it continues to evolve by being integrated into the core processes of operations, sometimes it merges to maximize its potential, other times it is synthesized to be more agile and incorporates new resources and technologies. The possible barriers are attenuated and the elementary connections give rise to inhospitable panoramas in the sustainability of the organizations according to the needs and in time it gives rise to the creation of new alternatives. The means for its realization are simple, achievable, possible and with practice very beneficial, as a whole the expected desirable end. Next, through a focused improvement we will try to deepen the subject.

**KEYWORDS:** Continuous improvement, Kaizen, Innovation.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
CONTENIDO .....	iii
INDICE DE FIGURAS .....	iv
INDICE DE TABLAS .....	v
CAPÍTULO 1 .....	1
1.1    Introducción .....	1
1.1.1    Planteamiento del problema .....	1
1.1.2    Pregunta de investigación .....	2
1.2    Objetivos .....	2
1.2.1    Objetivo general .....	2
1.2.2    Objetivos específicos .....	2
1.3    Hipótesis .....	3
1.4    Justificación .....	3
1.5    Metodología del evento de mejora .....	4
1.6    Variables .....	6
1.7    Alcance y limitaciones .....	6
2    CAPÍTULO 2 .....	6
2.1    Antecedentes e importancia de la temática .....	6
3    CAPÍTULO 3 .....	8
3.1    Marco teórico .....	8
3.1.1    Kaizen .....	8
3.1.2    Pareto .....	9
3.1.3    Gráficas de Gantt .....	10
3.1.1    Diagrama flujo de proceso .....	11
3.1.2    Mantenimiento productivo total .....	14
3.1.3    Mejora Enfocada .....	24
3.1.4    Mantenimiento Autónomo .....	27
3.1.5    El sistema de producción Toyota .....	32
3.2    Estado del arte .....	36
4    CAPÍTULO 4 .....	39
4.1    Desarrollo de la metodología .....	39
4.1.1    Paso 0. Seleccionar de tema de mejora .....	39
4.1.2    Técnica de exploración Pareto .....	41
4.1.3    Equipo de trabajo y planeación de actividades .....	46
4.2    Paso 1. Comprender la situación .....	46
4.2.1    Diagrama de flujo de proceso .....	46
4.3    Paso 2. Descubrir y eliminar anomalías .....	50
4.3.1    Seguridad .....	51

4.3.2	Rastreo de anomalías.....	57
4.4	Paso 3. Analizar causas.....	59
4.4.1	Análisis por qué – por qué pegado de solapa en la empacadora.....	59
4.5	Paso 4. Plan de mejora.....	62
4.6	Paso 5. Implementar las mejoras.....	63
4.6.1	Diagrama de tortuga.....	65
4.7	Paso 6. Chequear resultados.....	66
4.8	Paso 7. Consolidar las ganancias.....	68
5	CAPÍTULO 5.....	71
5.1	Análisis de Resultados.....	71
5.2	Conclusiones.....	74
6	REFERENCIAS.....	76
	Bibliografía.....	76
	Páginas en la World Wide Web (www).....	78
	ACRÓNIMOS.....	79
	GLOSARIO.....	80

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	<i>LA SOMBRILLA KAIZEN</i> .....	9
FIGURA 2.	<i>REPRESENTACIÓN DEL DIAGRAMA PARETO</i> .....	10
FIGURA 3.	<i>EJEMPLO DE GRÁFICA DE GANTT BASADA EN UN PROYECTO</i> .....	11
FIGURA 4.	<i>CONJUNTO ESTÁNDAR DE SÍMBOLOS PARA DIAGRAMAS DE PROCESO SEGÚN LA ASME<sub>2</sub></i> .....	12
FIGURA 5.	<i>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO</i> .....	13
FIGURA 6.	<i>PILARES DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL</i> .....	15
FIGURA 7.	<i>5S'</i> .....	16
FIGURA 8.	<i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS AND GOALS</i> .....	21
FIGURA 9.	<i>CICLO PDCA</i> .....	27
FIGURA 10.	<i>EL CICLO CAPD EN EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</i> .....	28
FIGURA 11.	<i>TARJETAS PARA SEÑALAR ANORMALIDADES</i> .....	29
FIGURA 12.	<i>MUESTRA DE HOJA DE LECCIÓN DE UN PUNTO</i> .....	30
FIGURA 13.	<i>UNA MUESTRA DE KANBAN</i> .....	32
FIGURA 14.	<i>CÓMO ENTENDER LA FUNCIÓN DE FABRICACIÓN</i> .....	34
FIGURA 15.	<i>CLASIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS PARA EL CÁLCULO DEL OEE</i> .....	41
FIGURA 16.	<i>DIAGRAMA PARETO DE LAS PÉRDIDAS NO PROGRAMADAS</i> .....	42
FIGURA 17.	<i>TIEMPO IMPRODUCTIVO EN EMPACADORA EN SECCIÓN PEGADO DE SOLAPA</i> .....	45
FIGURA 18.	<i>DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE PEGADO DE SOLAPA</i> .....	47
FIGURA 19.	<i>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</i> .....	51
FIGURA 20.	<i>SEÑALIZACIÓN EN UNA PLANTA INDUSTRIAL</i> .....	52
FIGURA 21.	<i>DISPOSITIVO DE BLOQUEO LOTO</i> .....	53
FIGURA 22.	<i>JERARQUÍA DE CONTROLES</i> .....	55
FIGURA 23.	<i>PASOS A SEGUIR EN LA MÁQUINA O EQUIPO - PROCEDIMIENTO LOTO</i> .....	56

FIGURA 24. ANÁLISIS CAUSA RAÍZ.....	60
FIGURA 25. DIAGRAMA DE TORTUGA PARA EVENTO DE MEJORA ENFOCADA EN EMPACADORA.....	65
FIGURA 26 TIEMPO IMPRODUCTIVO EN EMPACADORA EN SECCIÓN PEGADO DE SOLAPA ANTES DE EVENTO DE MEJORA.....	67
FIGURA 27. TIEMPO IMPRODUCTIVO EN EMPACADORA EN SECCIÓN PEGADO DE SOLAPA DESPUÉS DE EVENTO DE MEJORA.....	67
FIGURA 28. LECCIÓN DE UN PUNTO. PRESIÓN DE OPERACIÓN.....	69
FIGURA 29. LECCIÓN DE UN PUNTO. TEMPERATURA DE OPERACIÓN.....	70

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. TIEMPO IMPRODUCTIVO EN EMPACADORA EN SECCIÓN PEGADO DE SOLAPA POR FALLAS DE PROCESO.....	1
TABLA 2. LAS OCHO PRINCIPALES PÉRDIDAS DE UNA PLANTA.....	17
TABLA 3. LAS OCHO PRINCIPALES PÉRDIDAS PRINCIPALES DE LA PLANTA --DEFINICIONES Y EJEMPLOS..	18
TABLA 4. EFICACIA GLOBAL DE LA PLANTA Y ESTRUCTURA DE PÉRDIDAS.....	19
TABLA 5. CATEGORÍA DE PÉRDIDAS PARA CÁLCULO DEL OEE.....	22
TABLA 6. FORMAS DE OEE Y CÁLCULOS DE LOS COMPONENTES OEE.....	23
TABLA 7. TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA MEJORA.....	24
TABLA 8. PÉRDIDAS PRINCIPALES Y TEMAS DE MEJORA ASOCIADOS.....	25
TABLA 9. MUESTRA DE INDICADORES PARA EVALUAR LOS OUTPUTS DE PRODUCCIÓN.....	26
TABLA 10. MUESTRA AMPLIA SOBRE EL DESCUBRIMIENTO DE SIETE TIPOS DE ANORMALIDAD.....	31
TABLA 11. REPETIR "POR QUÉ" CINCO VECES.....	33
TABLA 12. DESPERDICIOS EN SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA.....	34
TABLA 13. INNOVACIONES DE OHNO EN TOYOTA, COMO:.....	35
TABLA 14. DETALLES DEL PASO 0. ENTENDER LA SITUACIÓN, PARA EL PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA ENFOCADA.....	40
TABLA 15. DATOS DE TÉCNICA DE EXPLORACIÓN PARETO DE EQUIPOS.....	43
TABLA 16. HOJA DE RASTREO DE ANORMALIDADES.....	58
TABLA 17. ANÁLISIS POR QUÉ - POR QUÉ.....	59
TABLA 18. GRÁFICO GANTT DE MEJORAS PROPUESTAS.....	62
TABLA 19. ANÁLISIS DE VARIABLES EN REGRESIÓN ANTES DE EVENTO DE MEJORA.....	72
TABLA 20. ANÁLISIS DE VARIABLES EN REGRESIÓN DESPUÉS DE EVENTO DE MEJORA.....	73

# CAPÍTULO 1

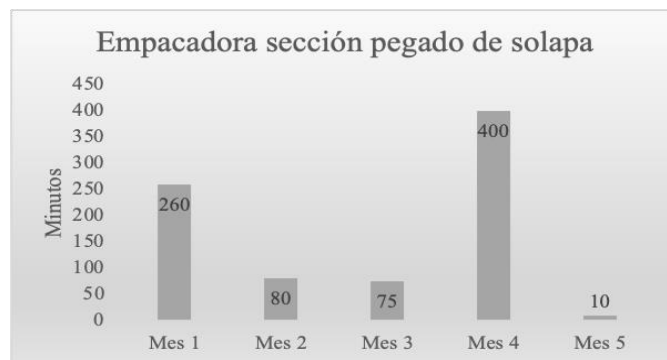
## 1.1 Introducción

### 1.1.1 Planteamiento del problema

Dentro del proceso de manufactura de productos para el hogar, existen fallas operacionales referentes a los errores en los procesos, en estas plantas productivas y otras relacionadas, se identifica las oportunidades de mejora en el proceso de empaque referente al cumplimiento del tiempo establecido.

Para solucionar estos sucesos se realizan eventos de mejora, de acuerdo a las características de la pérdida o desperdicios identificados, utilizando eventos basados en la mejora continua con un buen enfoque de Calidad para Ingenieros Industriales, utilizando estadística, métodos cuantitativos, técnicas y metodologías con fundamentos en la ingeniería aplicada, dentro de estas herramientas para el análisis y diagnóstico podemos mencionar el análisis por qué - por qué, metodologías de mejora, tales como la mejora orientada, amplias herramientas tecnológicas y gráficas, así como la gran cantidad de programas para procesar datos, diagramas y esquemas, identificar el riesgo y la determinación de acciones de mejora para solventar las pérdidas, para la optimización de recursos y mejora de la calidad, a fin de garantizar el éxito y sostenibilidad del proceso. En el presente trabajo se refiere a una mejora enfocada, en un sistema de empaque que se muestra a continuación.

**Tabla 1. Tiempo Improductivo en empacadora en sección pegado de solapa por fallas de proceso**



*Fuente.* (Datos estadísticos para el análisis de la información, 2021)

La tabla anterior presenta el tiempo improductivo en una empacadora en la sección de pegado de solapa por fallas operacionales.

En la planta productiva, se identifican las fallas de los procesos, en este caso en un equipo de empaque de botellas, en la sección que corresponde al pegado de solapa, que tiene el mayor porcentaje de pérdida y cómo se presenta en el grafico anterior del tiempo improductivo en la empacadora en la sección pegado de solapa por fallas de proceso, en los últimos 5 meses se registra un promedio de 165 minutos mensuales de tiempo improductivo de acuerdo a los datos recopilados para el análisis de la información.

Derivado de todo lo anterior, este trabajo presenta un evento de mejora orientada en la empacadora en la sección de pegado de solapa.

### ***1.1.2 Pregunta de investigación***

¿Cómo reducir el tiempo improductivo relacionado con la falla operacional en la empacadora identificada referente a la sección de pegado de solapa, que ha promediado alrededor de 165 minutos mensuales de tiempo improductivo en los periodos alusivos a los últimos 5 meses anteriores al análisis?

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo general***

Implementar un evento de mejora enfocada para reducir al menos el porcentaje en un 75% el tiempo improductivo relacionado con la falla de proceso en la sección de pegado de solapa identificada en el sistema de empaque.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

1. Seleccionar el tema de mejora y comprender la situación.
2. Descubrir y eliminar anomalías del proceso en la sección de pegado de solapa identificada en el sistema de empaque.
3. Analizar causas e implementar mejoras del proceso en la sección de pegado de solapa identificada en el sistema de empaque.



4. Chequear resultados del proceso en la sección de pegado de solapa identificada en el sistema de empaque.

5. Consolidar beneficios del proceso en la sección de pegado de solapa identificada en el sistema de empaque.

### **1.3 Hipótesis**

H<sub>0</sub>: Con la implementación de la metodología propuesta de un evento de mejora enfocada, se reduce el tiempo improductivo al menos un 75%, en la máquina seleccionada referente al pegado de solapa en una línea de empaques, a comparación de los 165 minutos iniciales en promedio.

H<sub>1</sub>: Con la implementación de la metodología propuesta de un evento de mejora enfocada, no se reduce el tiempo improductivo al menos un 75%, en la máquina seleccionada referente al pegado de solapa en una línea de empaques, a comparación de los 165 minutos iniciales en promedio.

### **1.4 Justificación**

La mejora continua ayuda a las organizaciones a resolver las áreas de oportunidad identificadas referentes a las pérdidas y desperdicios, esto permite mantener las exigencias productivas del mercado, implementar planes de cambios para mejorar en corto, mediano y largo plazo e incluso transformar esquemas obsoletos migrándolos a nuevas alternativas, entre muchos otros beneficios, su evolución ha sido tan importante que la mejora continua se ha convertido en la base de la gestión de organizaciones altamente competitivas.

El concepto Kaizen se originó en Japón después de la segunda guerra mundial, en los años setenta Masaaki Imai publicó la primera edición del libro "Kaizen. La clave de la ventaja competitiva japonesa" donde menciona "El punto de partida del mejoramiento es reconocer la necesidad". (Masaaki, 1989).

A través del evento de mejora enfocada seleccionado y su realización, además del objetivo planteado de disminuir el tiempo improductivo en el equipo de empaque referente a las fallas operacionales en la sección de pegado de solapa, se espera contribuir con la reducción de las pérdidas en general, impulsar las buenas prácticas de mejora para el desarrollo y la innovación a través de los conceptos empleados.

## 1.5 Metodología del evento de mejora

La metodología de un evento de mejora orientada de acuerdo al TPM<sub>1</sub> nos indica los pasos a seguir y muestra la dirección que se toma de acuerdo a los resultados obtenidos durante su desarrollo y avance, guiados por lo anterior y en acuerdo a las características de la pérdida. Estas acciones se realizan para comprender la situación claramente, a través de los métodos seleccionados para su análisis, se toman decisiones para mejorar la pérdida, generando ideas y mostrando las diversas alternativas para su resolución con el trabajo en equipo.

En la siguiente tabla se presentan las herramientas, técnicas y métodos propuestas para reducir el tiempo improductivo relacionado con la falla operacional en la empacadora, referente a la sección de pegado de solapa, estas no son restrictivas y pueden cambiar según el desarrollo de la metodología.

**Tabla 2. Pasos de la mejora orientada para evento en la empacadora**

Pasos de la metodología	Herramientas, técnicas y métodos
Paso 0. Seleccionar el tema de mejora	Pareto
Paso 1. Comprender la situación	Diagrama de flujo
Paso 2. Descubrir y eliminar anomalías	Hoja de rastreo de anomalías
Paso 3. Analizar causas	Análisis por qué por qué
Paso 4. Plan de mejora	Gráfico Gantt
Paso 5. Implementar mejora	Diagrama de tortuga
Paso 6 Chequear resultados	Comparación de la información
Paso 7. Consolidar beneficios	Lección de un punto

*Fuente.* (Herramientas utilizadas en los pasos de mejora orientada durante el evento de mejora relacionado con la falla de proceso, 2021)

En la tabla se muestra el procedimiento paso a paso para la mejora enfocada, con las actividades y detalles para su realización.

**Tabla 3. Procedimiento paso a paso para la mejora orientada**

Actividad/paso	Detalle
Paso 0. Selección de tema de mejora	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccionar y registrar tema</li> <li>2. Formar equipo de proyecto</li> <li>3. Planificar actividades</li> </ol>
Paso 1. Comprender la situación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar procesos cuello de botella</li> <li>2. Medir fallos, defectos y otras pérdidas</li> <li>3. Usar líneas de fondo para establecer objetivos</li> </ol>
Paso 2: Descubrir y eliminar las anomalías	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sacar a la luz infatigablemente todas las anomalías</li> <li>2. Restaurar el deterioro y corregir las pequeñas deficiencias</li> <li>3. Establecer las condiciones básicas del equipo</li> </ol>
Paso 3: Analizar causas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estratificar y analizar pérdidas</li> <li>2. Aplicar técnicas (análisis, P-M, FTA, etc.)</li> <li>3. Emplear tecnología específica, fabricar prototipos, conducir experimentos</li> </ol>
Paso 4: Plan de mejora	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseñar propuestas de mejora y preparar planos</li> <li>2. Comparar la eficacia y costes de las propuestas alternativas y compilar presupuestos</li> <li>3. Considerar los efectos peligrosos y desventajas posibles</li> </ol>
Paso 5: Implementar mejora	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar plan de mejora (implantarlo)</li> <li>2. Practicar la gestión temprana (operaciones de test y aceptación formal)</li> <li>3. Facilitar instrucciones para el equipo mejorado, métodos de operación, etc.</li> </ol>
Paso 6: Chequear resultados	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluar resultados en el tiempo conforme progresa el proyecto de mejora</li> <li>2. Verificar si se han logrado los objetivos</li> <li>3. Si no es así, empezar de nuevo en el paso 3 (análisis de causas)</li> </ol>
Paso 7: Consolidar beneficios	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir estándares de control para sostener resultados</li> <li>2. Formular estándares de trabajo y manuales</li> <li>3. Retroalimentar la información al programa de prevención del mantenimiento</li> </ol>

*Fuente.* (TPM en industrias de proceso. Suzuki, T. 1995)

Los pasos de la metodología de mejora orientada en sus eventos realizados, en sus características; llevan en orden secuencial, estos pasos básicamente no cambian, sino lo que cambia son los métodos y herramientas que se emplean, según las particularidades de la pérdida, incluso gracias a esto se pueden estandarizar los eventos de mejora y con los métodos empleados resolver otras pérdidas similares y llevar el registro oportuno de ellos. Entonces se pueden realizar diversos eventos de mejora empleando esta metodología, en este evento se emplea el método cuantitativo de acuerdo a las herramientas estadísticas de control y para la mejora.

## **1.6 Variables**

Variable dependiente. La variable dependiente se refiere al tiempo de la falla de proceso de pegado de solapa en la empacadora.

Variable independiente. La variable independiente se refiere al proceso de pegado de solapa en la empacadora.

## **1.7 Alcance y limitaciones**

El alcance de este trabajo es mostrar el cómo llevar a cabo un evento de mejora enfocada en la falla de proceso identificada en una empresa de productos de limpieza en una empacadora y describir los pasos generales que se llevan a cabo relacionados en el proceso de pegado de solapa utilizando métodos y herramientas empleados en la Ingeniería Industrial y mostrar algunas filosofías de mejora mencionadas en el marco teórico.

# **2 CAPÍTULO 2**

## **2.1 Antecedentes e importancia de la temática**

La filosofía Kaizen se originó en el país de Japón, que etimológicamente se interpreta como el cambio para mejorar, el concepto también está relacionado con las raíces culturales del país nipón, por parte del continente oriental en Japón, esta filosofía se aplicó en la industria, en cooperación con los

Estados Unidos de Norteamérica con herramientas y métodos que implementaron por parte del continente occidental, las necesidades sociales de la época en Japón dieron lugar a esta filosofía (Masaaki, 1989).

Entre varias similitudes en los conceptos de mejora se encuentra el rasgo en que se suele esquematizar circularmente, para representar su continuidad, otro rasgo son los registros de los sucesos, estos registros son para la utilización de datos que sirven como indicadores para la evaluación. A través de la historia del hombre se encuentran vestigios de registros, que conservaron de los eventos en el tiempo que le parecen necesarios o tienen algún propósito, gran cantidad de registros de estos datos desde el uso de la aritmética y otros registros aún más antiguos de acuerdo a su utilidad y temporalidad se han realizado, de los cuales de algunos se conservaron y de la misma manera de otros no hay registro.

Actualmente se continúan implementando nuevos conceptos de mejora en diferentes latitudes del mundo y de acuerdo a las necesidades se llevan a cabo las acciones determinadas, los sistemas de mejoramiento se adecuan a estas necesidades para su resolución. Entre las organizaciones y empresas de los diversos sectores productivos que utilizan la cultura de mejoramiento, podemos destacar a las reconocidas por su responsabilidad corporativa y por sus esfuerzos en este ámbito de la mejora continua, permiten el desarrollo, realizan innovaciones y dan lugar a la sustentabilidad en general, la mejora continua se apoya de diferentes ciencias y filosofías, lo cual la convierte en un sistema de mejoramiento interdisciplinario para la solución de problemas, entre las ciencias en que se apoya se encuentra la Ingeniería industrial, debido a los conceptos que integra.

Los registros utilizados son sobresalientes, permiten establecer objetivos y ver el comportamiento del análisis, estos datos deben ser útiles y certeros para el correcto manejo de las pérdidas, serviría de poco o nada analizar gran cantidad de datos sino son útiles para el estudio en cuestión, de ahí la importancia de conservar y registrar los datos seleccionados verdaderamente importantes para las mejoras.

Es relevante identificar todas las posibles pérdidas del negocio, la mejora continua también se emplea para identificar estas pérdidas que pueden ser desconocidas e incluso atenuar las pérdidas planificadas.

## 3 CAPÍTULO 3

### 3.1 Marco teórico

#### 3.1.1 *Kaizen*

En su libro *Kaizen* de manera modesta Masaaki Imai alude al hecho que no puede asumir el crédito de las ideas expresadas en el libro, menciona que reunió las filosofías, teorías y herramientas administrativas que se han desarrollado y utilizado durante años en Japón, con la ayuda de hombres tanto de Japón como del extranjero, sin embargo, es un gran compilado de estos conocimientos. En retrospectiva se habla de las adaptaciones que tuvo Japón después de la segunda guerra mundial, a través de la historia se expone que la necesidad de Japón fue lo que lo impulso a mejorar después de esta guerra (Masaaki, 1989).

El reto *Kaizen* es el mejoramiento continuo que implica la innovación, un método para identificar problemas a partir del reconocimiento de ellos, un proceso para la resolución de estos problemas y su estandarización a través de las herramientas requeridas para su desarrollo de acuerdo a sus características.

Para ilustrar los conceptos y prácticas en las cuales se basa el concepto *kaizen*, se representa a través de una sombrilla que las cubre, sin olvidar el objeto del concepto que es la mejora continua, estas actividades siguen teniendo una vigencia crucial en relación con la administración de las organizaciones en todo el mundo, y comprende múltiples aspectos entre ellos el Mantenimiento productivo total, el mejoramiento de la productividad y la orientación al cliente.

Ciertas de estas prácticas se complementaron con herramientas utilizadas ampliamente en la calidad, como las desarrolladas por el Ingeniero de nacionalidad estadounidense William Edwards Deming, que también desarrollo el ciclo Deming utilizado en la mejora continua, realizó varias visitas a Japón para mostrar su trabajo en el control de la estadística y metodologías para la calidad. De esto surgen matices en el intercambio de cultural entre oriente y occidente, su perspectiva del manejo de las organizaciones y orientaciones administrativas desembocaron en este concepto tan amplio que tiene como finalidad el mejoramiento continuo a través del *Kaizen*.

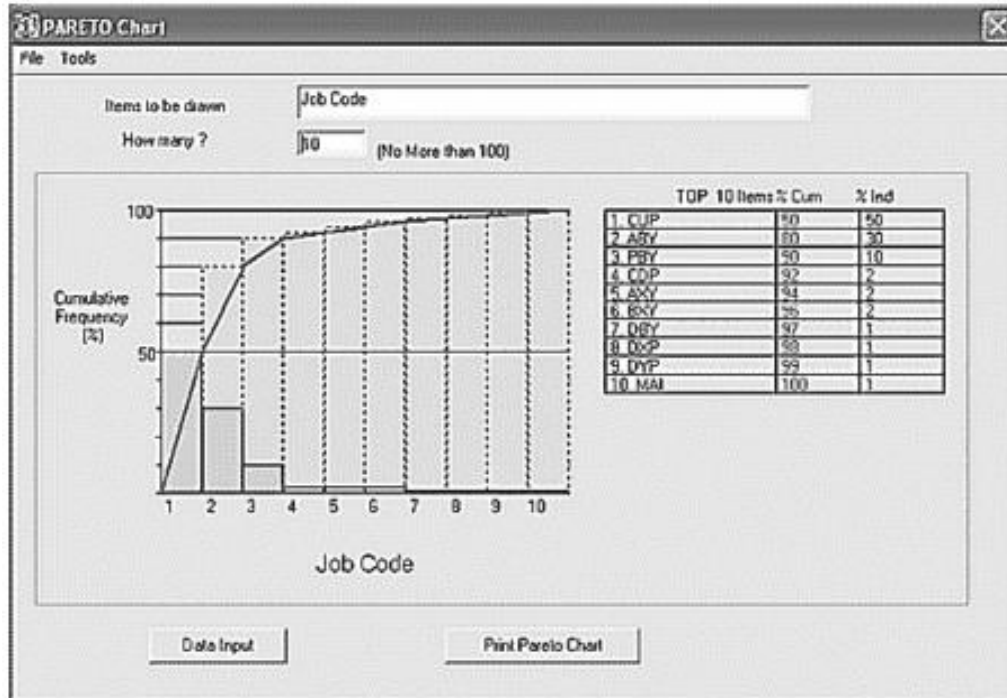


**Figura 1. La sombrilla KAIZEN**

*Fuente.* (Masaaki, Imai. (1989). KAIZEN. La clave de la ventaja competitiva japonesa. México: PATRIA)

### **3.1.2 Pareto**

Para poder identificar con claridad las pérdidas es recomendable utilizar una técnica de exploración para lo cual nos ayuda el análisis de Pareto



**Figura 2. Representación del Diagrama Pareto**

*Fuente.* (W. Niebel, B., & Freivalds, A. (2007). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo.* México: ALFAOMEGA)

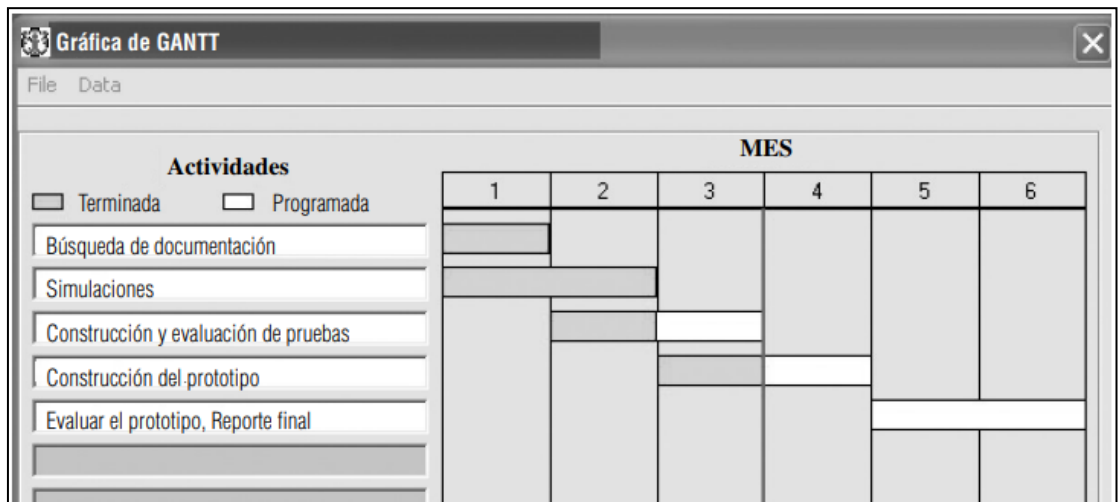
. “Las áreas con problemas se pueden definir mediante una técnica desarrollada por el economista Pareto para explicar la concentración de la riqueza. En el análisis de Pareto, los artículos de interés se identifican y se miden en una escala común y después se acomodan en orden ascendente, creando una distribución acumulada. Por lo común, 20% de los artículos clasificados representan 80% o más de la actividad total; en consecuencia, la técnica también se conoce como la regla 80-20. Por ejemplo, 80% del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos en el inventario; en 20% de los trabajos ocurren 80% de los accidentes” (W. Niebel & Freivalds, 2007).

### 3.1.3 Gráficas de Gantt

“El diagrama de Gantt constituyó probablemente la primera técnica de control y planeación de proyectos que surgió durante los años cuarenta como respuesta a la necesidad de administrar proyectos y sistemas complejos de defensa de una mejor manera. El diagrama de Gantt muestra anticipadamente



de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal... Los tiempos reales de terminación se muestran mediante el sombreado de barras adecuadamente. Si se dibuja una línea vertical en una fecha determinada, usted podrá determinar qué componentes del proyecto están retrasadas o adelantadas” (W. Niebel & Freivalds, 2007).




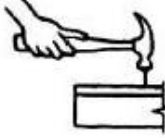


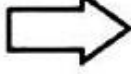




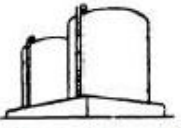





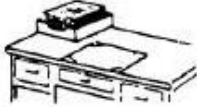




**Figura 3. Ejemplo de gráfica de Gantt basada en un proyecto**

*Fuente.* (W. Niebel, B., & Freivalds, A. (2007). Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. México: ALFAOMEGA)

### 3.1.4 Diagrama flujo de proceso

Existen una gran variedad de diagramas, gráficos y esquemas que nos permiten mostrar la información de una manera sencilla para su interpretación y procesamiento para los fines a los que se requiere llegar.

Se debe visualizar a detalle lo que está sucediendo en el proceso, esto se puede ilustrar con un diagrama de flujo de proceso.

<p><b>Operación</b></p>  <p>Un círculo grande indica una operación, como</p>	 <p>Clavar</p>	 <p>Mezclar</p>	 <p>Taladrar orificio</p>
<p><b>Transporte</b></p>  <p>Una flecha indica transporte, como</p>	 <p>Mover material mediante un carro</p>	 <p>Mover material mediante una banda transportadora</p>	 <p>Mover material transportándolo (mediante un mensajero)</p>
<p><b>Almacenamiento</b></p>  <p>Un triángulo representa almacenamiento, como</p>	 <p>Materia prima en algún almacenamiento masivo</p>	 <p>Producto terminado apilado sobre tarimas</p>	 <p>Archiveros para proteger documentación</p>
<p><b>Retrasos</b></p>  <p>Una letra D mayúscula indica un retraso, como</p>	 <p>Esperar un elevador</p>	 <p>Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado</p>	 <p>Documentos en espera a ser archivados</p>
<p><b>Inspección</b></p>  <p>Un cuadrado indica inspección, como</p>	 <p>Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad</p>	 <p>Leer el medidor de vapor en el quemador</p>	 <p>Analizar las formas impresas para obtener información</p>

**Figura 4. Conjunto estándar de símbolos para diagramas de proceso según la ASME<sub>2</sub>**

*Fuente.* (W. Niebel, B., & Freivalds, A. (2007). Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. México: ALFAOMEGA)

Ubicación: Dorben Ad Agency		Resumen					
Actividad: Preparación de anuncios por correo directo		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros		
Fecha: 1-26-98		Operación	4				
Operador: J.S.	Analista: A. F.	Transporte	4				
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados Método: <u>Presente</u> Propuesto Tipo: <u>Trabajador</u> Material Máquina		Retrasos	4				
		Inspección	0				
Comentarios:		Almacenamiento	2				
		Tiempo (min)					
		Distancia (pies)	340				
		Costo					
Descripción de los eventos	Símbolo				Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método
Cuarto con la existencia de materiales	○	▷	D	□	●		
Hacia el cuarto de recopilación	○	●	D	□	▽	100	
Ordenar los estantes por tipo	○	▷	●	□	▽		
Ordenar cuatro hojas	●	▷	D	□	▽		
Apilar	○	▷	●	□	▽		
Hacia el cuarto de doblado	○	●	D	□	▽	20	
Empujar, doblar, rayar	●	▷	D	□	▽		
Apilar	○	▷	●	□	▽		
Colocar la engrapadora	○	●	D	□	▽	20	
Poner la grapa	●	▷	D	□	▽		
Apilar	○	▷	●	□	▽		
Hacia el cuarto del correo	○	●	D	□	▽	200	
Colocar la dirección	●	▷	D	□	▽		
A la bolsa del correo	○	▷	D	□	●		
	○	▷	D	□	▽		
	○	▷	D	□	▽		
	○	▷	D	□	▽		
	○	▷	D	□	▽		
	○	▷	D	□	▽		
	○	▷	D	□	▽		

**Figura 5. Diagrama de flujo del proceso**

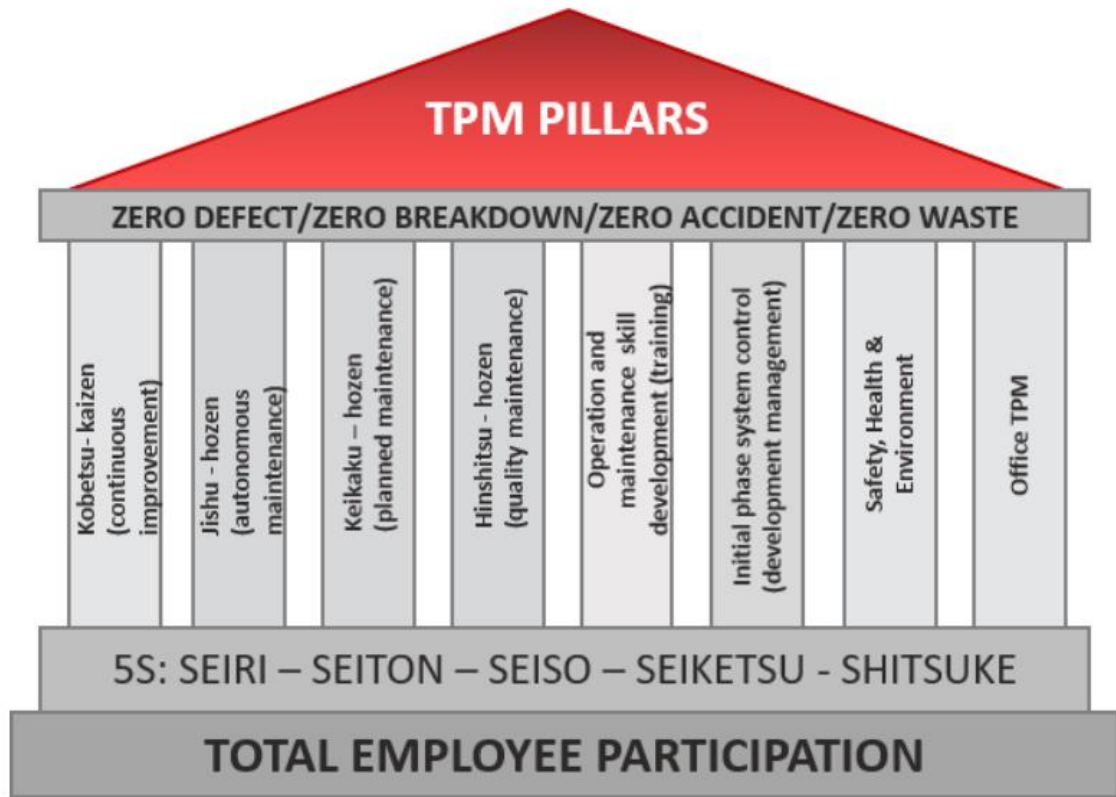
Fuente. (W. Niebel, B., & Freivalds, A. (2007). Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. México: ALFAOMEGA)

“En general, el diagrama de flujo del proceso cuenta con mucho mayor detalle que el diagrama del proceso operativo. Como consecuencia, no se aplica generalmente a todos los ensambles, sino que a cada componente de un ensamble. El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos... Además de registrar las operaciones e inspecciones, estos diagramas muestran todos los movimientos y almacenamientos de un artículo en su paso por la planta. Entonces, los diagramas de flujo del proceso requieren símbolos adicionales a los usados en los diagramas de proceso de la operación. Una pequeña flecha significa un transporte, que se puede definir como mover un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento se lleva a cabo durante el curso normal de una operación o inspección. Una letra D mayúscula representa una demora (delay) que ocurre cuando no se permite el procesamiento inmediato de una parte en la siguiente estación de trabajo. Un triángulo equilátero sobre un vértice significa un almacenamiento, que sucede cuando una parte se detiene y se protege contra el movimiento no autorizado” (W. Niebel & Freivalds, 2007)

### ***3.1.5 Mantenimiento productivo total***

El Mantenimiento productivo total surgió en Japón en los años 70's con el propósito de elevar la productividad entre otros propósitos, con la experiencia de años en las industrias de manufactura y ensamble en base a disciplinas como el Mantenimiento Productivo desarrollado en Estados Unidos y metodologías de calidad introducidas por William Edwards Deming. tiempo después surgió la necesidad de ampliar este enfoque a otras industrias de proceso y se implementó en grandes industrias alrededor del mundo rápidamente debido a sus grandes beneficios. El concepto de Mantenimiento productivo total se atribuye al Ingeniero Japonés Seiichi Nakajima y fue difundido por el JIMP<sub>3</sub>.

“Las empresas que ponen en práctica el TPM invariablemente logran resultados sobresalientes, particularmente en la reducción de averías de los equipos, la minimización de los tiempos en vacío y pequeñas paradas (algo indispensable en las instalaciones sin personal); en la disminución de los defectos y reclamaciones de calidad; en la elevación de la productividad, reducción de los costes de personal, inventarios y accidentes; y en la promoción de la implicación de los empleados (como lo demuestra el aumento en el número de sugerencias de mejora)” Suzuki, T (1995).



**Figura 6. Pilares del Mantenimiento Productivo Total**

*Fuente.* (Medina, J. (2022). TPM o Toyota Product Maintenance)

Los ocho pilares están compuestos por lo siguiente:

1. Pilar Kobetsu Kaizen (Mejora continua enfocada)
2. Pilar Jishu-hozen (Mantenimiento autónomo)
3. Keikaku-hozen (Mantenimiento planificado)
4. Hinshitsu-hozen (Mantenimiento de la calidad)
5. Desarrollo de habilidades de operación y mantenimiento
6. Control del sistema de fase inicial (gestión del desarrollo)
7. Seguridad, salud y medio ambiente
8. TPM en oficinas administrativas

Anteriormente, se muestra la estructura del TPM, que en su base muestra los pilares, la participación de todos empleados, bases y otros elementos con la intención de un acercamiento y familiarización con los conceptos que lo integran.

Como se observa en la parte superior del TPM están los objetivos que entre otros beneficios resaltan los cero defectos, cero averías, cero accidentes y cero desperdicios, los cimientos están formados por la participación total de los empleados. Las nombradas 5S<sup>4</sup> se muestran a continuación.



**Figura 7. 5S<sup>4</sup>**

*Fuente.* (Vaz, S. (2021). De las 5S a las 9)

La metodología de las 5S surgió en Toyota con el objetivo de lograr un entorno de trabajo ordenado, esta metodología ha sido ampliamente efectiva y replicada en las industrias y lugares de trabajo y en algunos lugares a través del tiempo se han añadido otras "s" como la seguridad.

---

4 5S. Organizar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar, Mantener

El TPM en su conjunto va más allá del mantenimiento, es una filosofía de mejoramiento la cual en su definición comprende. “1. Crear una organización corporativa que maximice la eficacia de los sistemas de producción. 2. Gestionar la planta con una organización que evite todo tipo de pérdidas (asegurando los cero accidentes, defectos y averías) en la vida entera del sistema de producción. 3. Involucra a todos los departamentos en la implantación del TPM, incluyendo desarrollo, ventas y administración. 4. Involucrar a todos, desde la alta dirección a los operarios de la planta, en un mismo proyecto. 5. Orientar decididamente las acciones hacia las <<cero-pérdidas>> apoyándose en las actividades de los pequeños grupos”. (Suzuki, 1995).

**Tabla 2. Las ocho principales pérdidas de una planta**

<p><b>1. Paradas programadas</b></p> <p><b>2. Ajustes de producción</b></p> <p><b>3. Fallos en los equipos</b></p> <p><b>4. Fallos en los procesos</b></p> <p><b>5. Pérdidas de producción normales</b></p> <p><b>6. Pérdidas de producción anormales</b></p> <p><b>7. Defectos de calidad</b></p> <p><b>8. Reprocesamiento</b></p>
---

*Fuente.* (Suzuki, T. (1995). TPM EN INDUSTRIAS DE PROCESO. México: Productivity Press)

A continuación, se muestran algunos ejemplos que engloban estas pérdidas para considerar entornos en los cuales podemos mejorar para aumentar la productividad y dar mayor eficacia a nuestros procesos.

**Tabla 3. Las ocho principales pérdidas principales de la planta --Definiciones y ejemplos**

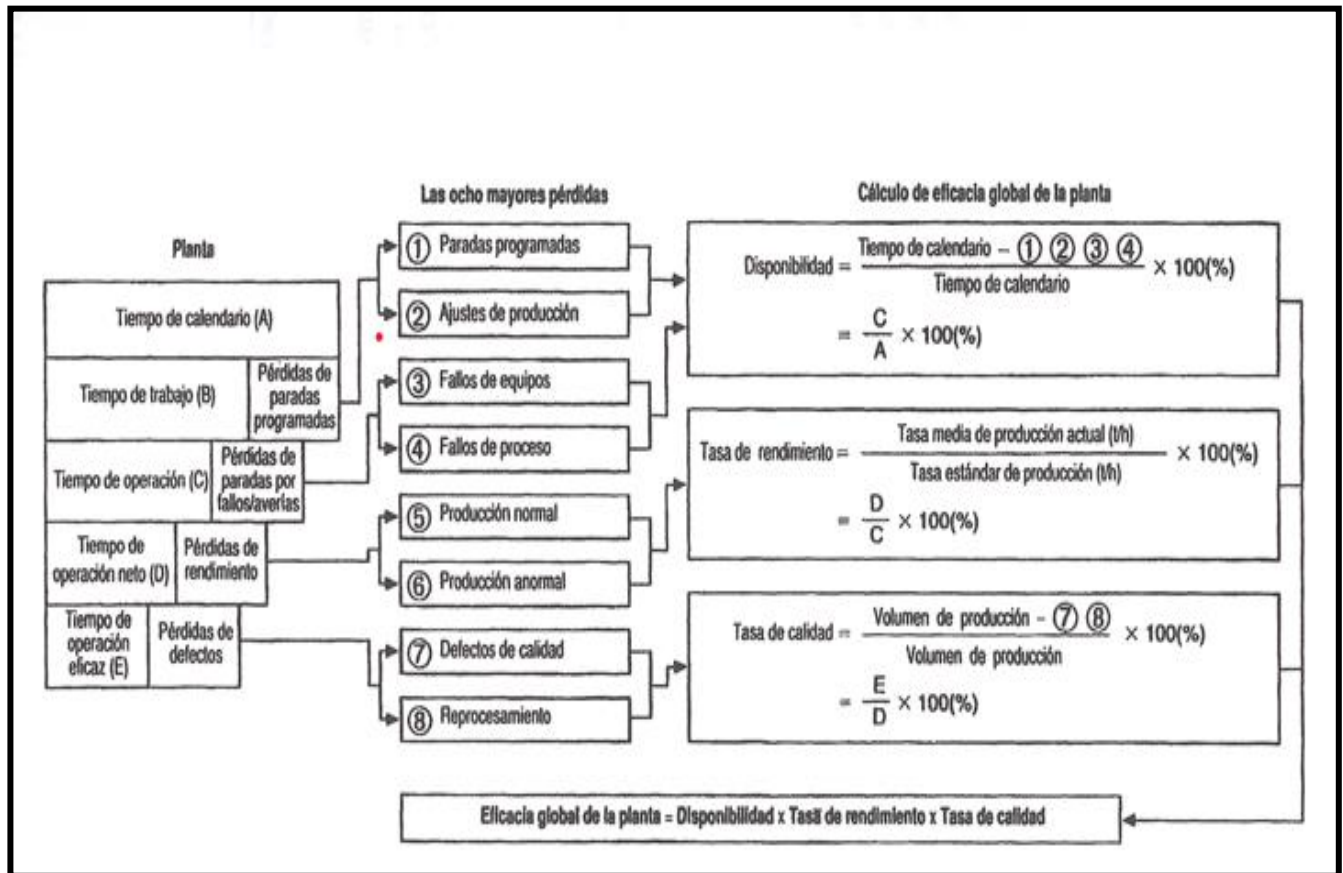
Pérdidas	Definición	Unidades	Ejemplo
1. Pérdidas de paradas programadas	Tiempo de producción perdido cuando para la producción para el mantenimiento planificado anual o el servicio periódico	Días	Trabajo en la parada, servicio periódico, inspecciones reglamentarias, inspecciones autónomas, trabajo de reparación general, etc.
2. Pérdidas por ajustes de producción	Tiempo perdido cuando cambios en demanda o suministros exigen ajustes en los planes de producción	Días	Parada para ajuste de producción, parada para reducir stocks, etc.
3. Pérdidas de fallos de equipos	Tiempo perdido cuando el equipo pierde súbitamente sus funciones específicas	Horas	Fallos de bombas, motores quemados, cojinetes dañados, ejes rotos, etc.
4. Pérdidas de fallos de equipos	Tiempo perdido en paradas debidas a factores externos tales como cambios en las propiedades químicas o físicas de los materiales procesados, errores de operación, materiales defectuosos, etc.	Horas	Fugas, derrames, obstrucciones, corrosión
5. Pérdidas de producción normales	Pérdidas de la tasa estándar y tiempo en arranques , paradas o cambios de utilitaje	Reducción de tasa, horas	Reducciones de la tasa de producción durante período de calentamiento después del arranque: período de enfriamiento antes de parada: y cambios de producto
6. Pérdidas de producción anormales	Pérdidas de tasa de prod. cuando la planta rinde por debajo de estándar debido a disfunciones y anomalías	Reducción de tasa,	Operación con baja carga, o con baja velocidad, y operación con tasa de producción por debajo del estándar
7. Pérdidas por defectos de calidad	Pérdidas debidas a producción de producto rechazable, pérdidas físicas o producto rechazable, pérdidas financieras por baja graduación del producto	Horas, tons., dólares	Pérdidas físicas y de tiempo debidas a producir producto que no cumple los estándares de calidad
8. Pérdidas de reprocesos	Pérdidas de reciclaje debidas a tener que devolver el material a proceso anterior	Horas, tons., dólares	Reciclaje de producto no conforme para hacerlo aceptable

*Fuente.* (Suzuki, T. (1995). TPM en industrias de proceso. México: Productivity Press)



Para poder lograr la eficacia de los equipos es fundamental medir y distinguir las pérdidas para implementar las medidas necesarias según sus características. En los apartados siguientes se abordará la mejora enfocada a través de la cual se pueden eliminar estas pérdidas.

**Tabla 4. Eficacia global de la planta y estructura de pérdidas**



Fuente. (Suzuki, T. (1995). TPM en industrias de proceso. México: Productivity Press)

“Para distinguir y cuantificar las pérdidas que impiden la eficacia, es útil identificar la estructura de las pérdidas que ocurren en una planta. La figura describe la estructura de las ocho pérdidas mayores y muestra la fórmula para calcular la eficacia global de la planta. Esta

estructura de pérdidas se ha preparado considerando las ocho pérdidas desde la perspectiva del tiempo” (Suzuki, 1995).

Cómo se muestra podemos determinar la eficacia global de la planta, el OEE<sub>5</sub>, partiendo de la estructura de las pérdidas determinadas y la relación entre la disponibilidad, la tasa de rendimiento y la tasa de calidad.

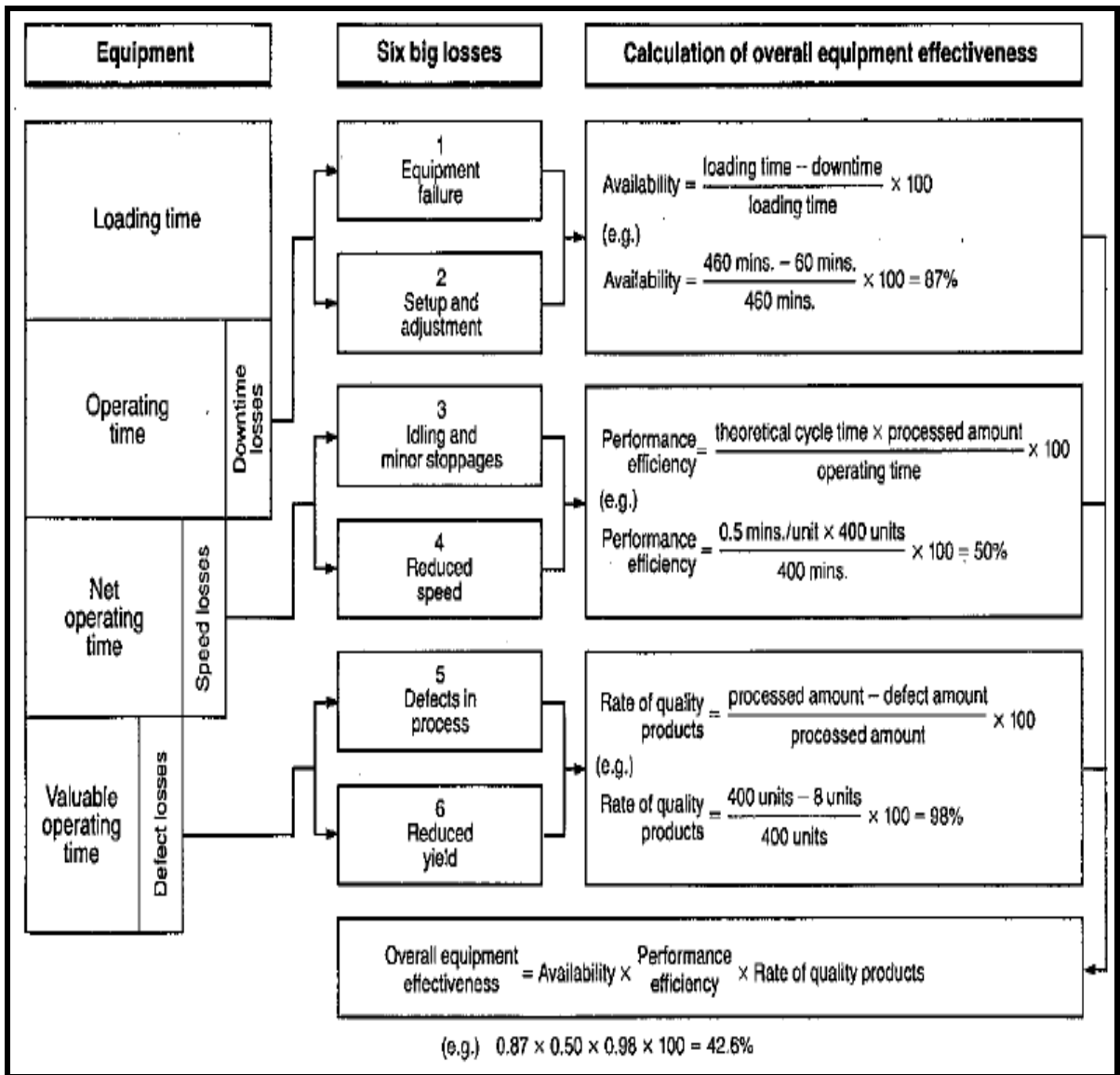
Lo precisa Nakajima (1988). Para determinar con mayor precisión la eficiencia general del equipo OEE se necesita tomar en cuenta todos los factores y para representar las condiciones reales de funcionamiento del equipo se deben considerar las seis grandes pérdidas que incluyen.

1. Averías
2. Configuración y ajustes
3. Ralentí y paros menores
4. Velocidad reducida
5. Defectos de proceso
6. Rendimiento reducido

Estos factores miden la eficacia general del equipo multiplicando la disponibilidad y la eficiencia del rendimiento por la tasa de calidad de los productos. Esta medida de la efectividad general del equipo combina los factores de tiempo, velocidad y calidad de la operación del equipo y mide cómo estos factores pueden aumentar el valor agregado durante el desarrollo del proceso.

Para el cálculo del OEE, la clasificación de las pérdidas es crucial, se deben identificar claramente para además de tomar las medidas necesarias para su tratamiento, realizar una medición certera y cómo se ha mencionado anteriormente gracias a sus componentes; la disponibilidad, el rendimiento y la tasa de calidad.

Estas pérdidas no son restrictivas y se puede incluir al cálculo las identificadas de acuerdo al proceso en cuestión. Cómo se muestra en los siguientes graficos se pueden categorizar para identificarlas en el cálculo del OEE.



**Figura 8. Overall Equipment Effectiveness and Goals**

Fuente. (Nakajima, s. (1988). INTRODUCTION TO TPM TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE. Portland, Oregon: Productivity Press)

**Tabla 5. Categoría de pérdidas para cálculo del OEE**

<b>DISPONIBILIDAD</b>	Pérdidas no programadas	Pérdidas por fallos de equipo	Averías, fallas mecánicas, eléctricas, neumáticas, hidráulicas, etc.
		Pérdidas por fallos de proceso	Fallas operacionales, fugas, atascamientos, falta de materiales, cuestiones de seguridad, etc.
	Pérdidas programadas	Pérdidas por configuración y ajustes	Ajustes operacionales, configuraciones, cambios de presentaciones, comidas, etc.
		Pérdidas por paradas programadas	Mantenimiento autónomo, preventivo, juntas, entrenamientos, inventarios, etc.
<b>RENDIMIENTO</b>	Pérdidas propias de los equipos	Pérdidas de producción normales	Arranques, enfriamientos, cambios de materiales, paros menores, desajustes, puestas en marcha, etc.
		Pérdidas de producción anormales	Operación con baja velocidad, tasa de producción debajo de estándar, etc.
<b>CALIDAD</b>	Pérdidas por calidad	Pérdidas por defectos de calidad	Producción defectuosa, paros por calidad, etc.
		Pérdidas de reprocesos	Reprocesos, material con defectos etc.
<b>%OEE</b>			

*Fuente.* (Muestra de categorías de pérdidas OEE, 2022)

**Tabla 6. Formas de OEE y cálculos de los componentes OEE**

OEE component	Planning (L)	Availability (A)	Performance (P)	Quality (Q)	OEE
Nikajima [1]	–	$\frac{LT-DT}{LT}$	$\frac{ICT \times O}{OT}$	$\frac{I-VQD}{I}$	$A \cdot P \cdot Q$
	<i>LT</i> Loading time, <i>DT</i> Downtime, <i>ICT</i> Ideal cycle time, <i>O</i> Output, <i>OT</i> Operating time, <i>I</i> Input, <i>VQD</i> Volume of quality defects				
De Groote [5]	–	$\frac{PPT-UD}{PPT}$	$\frac{AAP}{PAP}$	$\frac{AAP-NAA}{AA}$	$A \cdot P \cdot Q$
	<i>PPT</i> Planned production time, <i>UD</i> Unplanned downtime, <i>AAP</i> Actual amount of production, <i>PAP</i> Planned amount of production, <i>NAA</i> Not-accepted amount, <i>AA</i> Actual amount				
Muchiri and Pintelon [2]	–	$\frac{OT}{LT} \cdot 100$	$\frac{TCT \times AO}{OT}$	$\frac{TP-DA}{TP} \cdot 100$	$A \cdot P \cdot Q$
		$OT = LT - DT$			
	<i>OT</i> Operating time, <i>LT</i> Loading time, <i>DT</i> Downtime, <i>TCT</i> Theoretical cycle time, <i>AO</i> Actual output, <i>TP</i> Total production, <i>DA</i> Defect amount				
Sasor [6]	–	$\frac{AT}{TT} \cdot 100\%$	$\frac{PT}{AT} \cdot 100\%$	$\frac{ET}{PT} \cdot 100\%$	$A \cdot P \cdot Q$
	<i>AT</i> Available time, <i>TT</i> Total time, <i>PT</i> Productive time, <i>ET</i> Effective time				
Ptak [7] Method I	–	$\frac{AT-DT}{AT}$	$\frac{TNP}{MC}$	$\frac{TNP \times NP}{TNP}$	$A \cdot P \cdot Q$
		$DT = ST + UT + BT$			
	<i>AT</i> Available time, <i>DT</i> Downtime, <i>ST</i> Set-up time, <i>UT</i> Unplanned time, <i>BT</i> Breaks time (planned), <i>TNP</i> Total number of manufactured products, <i>MC</i> Machines capacity, <i>NP</i> Number of nonconforming products				
Ptak [7] Method II	$\frac{TAT-PDT}{NAT}$	$\frac{NAT-UDT}{NAT}$	$\frac{TNP}{MC}$	$\frac{TNP \times NP}{TNP}$	$L \cdot A \cdot P \cdot Q$
	<i>TAT</i> Total available time, <i>PDT</i> Planned downtime, <i>NAT</i> Net available time, <i>UDT</i> Unplanned downtime, <i>TNP</i> Total number of manufactured products, <i>MC</i> Machines capacity, <i>NP</i> Number of nonconforming products				

*Fuente.* (Hamrol, Ciszak, Legutko, & Mieczyslaw (2018). Advances in manufacturing. Cham, Switzerland: Springer)

Como lo mencionan Hamrol, Ciszak, Legutko, & Mieczyslaw (2018). Hay gran cantidad de datos que se deben recopilar e identificar otras perturbaciones en la producción y medir su tiempo para calcular el OEE en sus diversas formas.

### 3.1.6 Mejora Enfocada

Las mejoras enfocadas son altamente eficaces y básicas para la filosofía TPM, a través de la eliminación de pérdidas en un contexto más allá de las mejoras cotidianas. Para llevarlas a cabo hay criterios sistemáticos que nos ayudan a realizarlas, entre otras características hay un enfoque orientado a reducir a cero toda clase de pérdidas, lo cual nos indica que es aplicable para cualquiera que sea seleccionada, evaluar la complejidad, dificultades y llevarla a cabo paso a paso. Suzuki (1995) expone que la mejora orientada representa el primero de los fundamentos del TPM y es una actividad clave para el plan maestro y arranque del TPM.

**Tabla 7. Técnicas analíticas para la mejora**

- Análisis P-M (los fenómenos se analizan en función de sus principios físicos)
- Análisis <<Know why>> (conocer-porqué) (también denominado <<análisis porqué-porqué>>)
  - Análisis del árbol de fallos (FTA)
  - Análisis modal de fallos y efectos (FMEA)
  - Ingeniería Industrial (IA)
  - Análisis de valores (VA)
  - Producción <<just-in-time>> (JIT)
  - Las siete herramientas QC (también denominadas las siete herramientas de dirección)

*Fuente.* (Suzuki, T. (1995). TPM en industrias de proceso. México: Productivity Press)

Las diversas técnicas analíticas para realizar las mejoras nos ayudan a encontrar las causas de los fallos y la simplicidad en las técnicas y herramientas utilizadas son la clave de la eficacia para las mejoras orientadas que a su vez se apoyan del Mantenimiento Autónomo. Al implementar mejoras básicas después se podrán implementar mejoras sofisticadas. Suzuki (1995).

La siguiente tabla muestra algunos de los topics de mejora en los cuales intervenir en las situaciones anormales o mejoras deseadas en la organización, que si bien puede haber un área que las atiende, como los departamentos calidad o producción, requieren un trato en equipo de acuerdo al resultado deseado orientado a cero.

**Tabla 8. Pérdidas principales y temas de mejora asociados**

<b>Pérdida</b>	<b>Ejemplos de temas de mejora orientada</b>
<b>1. Pérdidas de fallos de equipos</b>	Eliminar los fallos mejorando la construcción de los cojinetes del eje principal de los separadores de producto
<b>2. Pérdidas de fallos de proceso</b>	Reducir el trabajo manual evitando la obstrucción de electrodos de medidor de pH en aparatos de descolorización
<b>3. Pérdidas de tiempos en vacío y pequeñas paradas</b>	Aumentar la capacidad de producción reduciendo disfunciones de descargadores de separadores
<b>4. Pérdidas de velocidad</b>	Incrementar la tasa de rendimiento mejorando el montaje de los agitadores en los cristalizadores
<b>5. Pérdidas de defectos de proceso</b>	Evitar la contaminación con materias extrañas mejorando la lubricación de cojinetes intermedios en transportadores de productos tipo tornillo
<b>6. Pérdidas de arranque y rendimiento</b>	Reducir las pérdidas de producción normal mejorando el trabajo de remezcla durante el arranque
<b>7. Pérdidas de energía</b>	Reducir el consumo de vapor concentrando la alimentación de líquido en el proceso de cristalización
<b>8. Pérdidas de defectos de calidad</b>	Eliminar las quejas de clientes evitando la adhesión del producto que resulta de la absorción de humedad por los sacos de producto de papel Kraft
<b>9. Pérdidas de fugas y derrames</b>	Incrementar el rendimiento del producto mejorando el débil soporte de los cojinetes en los elevadores de cangilones
<b>10. Pérdidas de trabajo manual</b>	Reducir el número de trabajadores automatizando la recepción y aceptación de materiales auxiliares

*Fuente.* (Suzuki, T. (1995). TPM en industrias de proceso. México: Productivity Press)

De acuerdo a los registros de los datos seleccionados, como se ilustra a continuación, hay diversos indicadores para evaluar y medir la magnitud de la mejora orientada, además del tiempo.

Ellos también indican la gran variedad de tematicas en las que podemos actuar, si bien hay indicadores de producción, también los hay en otras áreas tales como seguridad, calidad, moral y los costos. Objetivos y áreas donde se refleja el resultado de los esfuerzos realizados.

**Tabla 9. Muestra de indicadores para evaluar los outputs de producción**

<p><b>P (Producción)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento de productividad del personal</li> <li>2. Aumento de productividad del equipo</li> <li>3. Aumento de productividad del valor añadido</li> <li>4. Aumento de rendimientos de producto</li> <li>5. Aumento de la tasa de operación de la planta</li> <li>6. Reducción del número de trabajadores</li> </ol>	<p><b>Q (Calidad)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de tasa de defectos de proceso</li> <li>2. Reducción de quejas de clientes</li> <li>3. Reducción de tasa de desechos</li> <li>4. Reducción del coste de medidas contra defectos de calidad</li> <li>5. Reducción de costes de reprocesamiento</li> </ol>
<p><b>C (Coste)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de horas de mantenimiento</li> <li>2. Reducción de costes de mantenimiento</li> <li>3. Reducción de costes de recursos (reducción de consumos unitarios)</li> <li>4. Ahorros de energía (reducción de consumos unitarios)</li> </ol>	<p><b>D (Entregas)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de entregas retrasadas</li> <li>2. Reducción de stocks de productos</li> <li>3. Aumento de tasa de rotación de inventarios</li> <li>4. Reducción de stocks de repuestos</li> </ol>
<p><b>S (Seguridad)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de número de accidentes con baja laboral</li> <li>2. Reducción del número de otros accidentes</li> <li>3. Eliminación de incidentes de polución</li> <li>4. Grado de mejora en requerimientos de entorno legales</li> </ol>	<p><b>M (Moral)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento del número de sugerencias de mejora</li> <li>2. Aumento de la frecuencia de las actividades de pequeños grupos</li> <li>3. Aumento del número de hojas de lecciones de &lt;&lt;punto único&gt;&gt;</li> <li>4. Aumento del número de irregularidades detectadas</li> </ol>

*Fuente.* (Suzuki, T. (1995). TPM en industrias de proceso. México: Productivity Press)



### 3.1.7 Mantenimiento Autónomo

Las actividades del mantenimiento autónomo nos permiten evitar el deterioro de los equipos y tenerlos en condiciones básicas para una operación segura, ideal y correcta a través de acciones cotidianas y ordenadas para su realización e implementación. Así mismo, como las mejoras enfocadas se apoyan en el mantenimiento autónomo, este se apoya del mantenimiento planificado. A continuación, se muestran algunas de las actividades y herramientas principales para su realización.



**Figura 9.** Ciclo PDCA<sub>6</sub>

*Fuente.* (Medina, J. (2020). Ciclo PDCA)

El ciclo PDCA también conocido como espiral de mejora continua se atribuye a Deming-Shewhart.

Paso 1: Realizar la limpieza inicial	Chequear el equipo y descubrir irregularidades	C
Paso 2: Eliminar las fuentes de contaminación y mejorar los puntos inaccesibles	Actuar contra las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles	A
Paso 3: Establecer estándares de limpieza e inspección	Planificar y hacer chequeos basados en estándares	P, D
Paso 4: Realizar inspecciones generales periódicas del equipo	Repetir para cada categoría C → A → P → D	
Paso 5: Inspecciones generales del proceso	Repetir para cada categoría C → A → P → D	
Paso 6: Sistematizar el mantenimiento autónomo	C → A → P → D → C → A → P → D	
Paso 7: Practicar la plena auto-gestión	C → A → P → D → C → A → P → D	

**Figura 10. El ciclo CAPD en el mantenimiento autónomo**

*Fuente.* (Suzuki, T. (1995). TPM en Industrias de Proceso. México: Productivity Press)

Este ciclo de mejora se aplica en las actividades del mantenimiento autónomo que incluyen entre otras, la limpieza, la inspección y la lubricación, son fundamentales en el desarrollo del mantenimiento autónomo.







“Deming también introdujo el “Ciclo de Deming”, una de las herramientas vitales del CC<sub>7</sub> para asegurar el mejoramiento continuo a Japón. El ciclo de Deming también nombrado la rueda de Deming o ciclo de PHRA (Planificar-Hacer-Revisar-Actuar). Deming subrayó la importancia de una constante interacción entre investigación, diseño, producción y ventas para que la compañía alcanzara una mejor calidad que satisficiera a los clientes. Enseño que esta rueda debía girarse sobre la base de las primeras percepciones y la primera responsabilidad de la calidad. Con este proceso, afirmaba la compañía podía ganar la confianza y aceptación del cliente y prosperar” (Masaaki, 1989).

**Figura 11. Tarjetas para señalar anomalías**

*Fuente.* (Suzuki, T. (1995). TPM en Industrias de Proceso. México: Productivity Press)

Las anomalías detectadas deben ser identificadas, se utilizan tarjetas como las de arriba para señalarlas, rojas que son resueltas por el departamento de mantenimiento, blancas y verdes resueltas por los operadores.

“Las repetidas reuniones (semanales o quincenales) y las actividades de los grupos de mantenimiento autónomo, junto con la guía y acción de los supervisores y personal de mantenimiento, afinan la habilidad de los operarios para detectar deficiencias y aumentara rápidamente el número de las que identifican.” (Suzuki, 1995).

HOJA DE LECCION DE PUNTO UNICO									
Elemento:	Perno _____				Número:	BN-51 _____			
Fecha de preparación:	18 febrero 85 _____				Preparado por:	Sato _____			
Tema:	Tipos de pernos y tornillos				Aprobado:	Director sección			
¡Aprenda el término apropiado!									
 Perno hexagonal			 Tope de aguja						
 Perno hexagonal totalmente fileteado			 Perno hexagonal con aleta						
 Tornillo de casquete			 Tornillo de presión (Tipo Allen)						
Observaciones	Los términos de la peticiones de pernos, y del manejo y control d e piezas serán los de este estándar								
Departamento	CCRa	UTYz	Embalaje	Cubos azúcar	Conten. prod.	Instal.	As. grales	Admon.	
Fecha enseñanza	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	
Nombre									

**Figura 12. Muestra de hoja de lección de un punto**

*Fuente.* (Suzuki, T. (1995). TPM en Industrias de Proceso. Productivity Press)

Las OPLs, lecciones de un punto son útiles para aprender a reconocer anomalías de manera gráfica y sencilla.

**Tabla 10. Muestra amplia sobre el descubrimiento de siete tipos de anomalía**

Anormalidad	Ejemplos
<b>1. Pequeñas deficiencias</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación</li> <li>• Daños</li> <li>• Holguras</li> <li>• Flojedad</li> <li>• Fenómenos anormales</li> <li>• Adhesión</li> </ul>	<p>Polvo, suciedad, partículas, aceite, grasa, óxido, pintura</p> <p>Fisuras, aplastamientos, deformaciones, curvados, picaduras</p> <p>Sacudidas, ladeos, exceso de recorrido o salida, excentricidad, desgaste, distorsión, corrosión</p> <p>Cintas, cadenas</p> <p>Ruido inusual, sobrecalentamiento, vibración, olores extraños, descoloraciones, presión o corriente incorrecta</p> <p>Bloqueos, agarrotamiento, acumulación de partículas, disfunciones, escamas</p>
<b>2. Incumplimiento de las condiciones básicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubricación</li> <li>• Suministro de lubricante</li> <li>• Indicadores de nivel de aceite</li> <li>• Apretado</li> </ul>	<p>Insuficiente, suciedad, no identificada, inapropiada, fugas de lubricante</p> <p>Suciedad, daños, puertas de lubricación deformadas, tubos de lubricación defectuosos</p> <p>Suciedad, daños, fugas; no indicación del nivel correcto</p> <p>Tuercas y pernos: holguras, omisiones, pasados de rosca, demasiado largos, machacados, corroidos, arandela inapropiada, tuerca de orejetas al revés</p>
<b>3. Puntos inaccesibles</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza</li> <li>• Chequeo-inspección</li> <li>• Lubricación</li> <li>• Apretado de pernos</li> <li>• Operación</li> <li>• Ajustes</li> </ul>	<p>Construcción de la máquina, cubiertas, disposición, apoyos, espacio</p> <p>Cubiertas, construcción, disposición, posición y orientación de instrumentos, exposición de gamas de operación</p> <p>Posición de la entrada de lubricante, construcción, altura, apoyos, salida lubricante, espacio</p> <p>Cubiertas, construcción, disposición, tamaño, apoyos, espacio</p> <p>Disposición de máquina; posición de válvulas, conmutadores y palancas; apoyos</p> <p>Posición de indicadores de presión, termómetros, indicadores de flujo, indicadores de humedad, indicadores de vacío, etc.</p>
<b>4. Focos de contaminación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Producto</li> <li>• Primeras materias</li> <li>• Lubricantes</li> <li>• Gases</li> <li>• Líquidos</li> <li>• Desechos</li> <li>• Otros</li> </ul>	<p>Fugas, derrames, chorros, dispersión, exceso de flujo</p> <p>Fugas, derrames, chorros, dispersión, exceso de flujo</p> <p>Fugas, derrames, infiltraciones, fluidos hidráulicos, fuel oil, etc.</p> <p>Fugas de aire comprimido, gases, vapor, humos de exhaustación, etc.</p> <p>Fugas, vertidos y chorros de agua fría, agua caliente, productos semiacabados, agua de refrigeración, desperdicio de agua, etc.</p> <p>Chispas, recortes, materiales de embalaje, y producto no conforme</p> <p>Contaminantes traídos por personas, carretillas elevadoras, etc., e infiltraciones por grietas de edificios</p>
<b>5. Fuentes de defectos de calidad</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materias extrañas</li> <li>• Golpes</li> <li>• Humedad</li> <li>• Tamaño de grano</li> <li>• Concentración</li> <li>• Viscosidad</li> </ul>	<p>Inclusión, infiltración, y arrastre de óxido, partículas, desechos de cable, insectos, etc.</p> <p>Caidas, sacudidas, colisiones, vibraciones</p> <p>Demasiada, poca, infiltración, eliminación de defectivo</p> <p>Anormalidades en tamices, separadores centrifugos, separadores de aire comprimido, etc.</p> <p>Calentamiento inadecuado, calentamiento, composición, mezcla, evaporación, agitación, etc.</p> <p>Calentamiento inadecuado, calentamiento, composición, mezcla, evaporación, agitación, etc.</p>
<b>6. Elementos innecesarios y no urgentes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria</li> <li>• Tuberías</li> <li>• Instrumentos de medida</li> <li>• Equipo eléctrico</li> <li>• Plantillas y herramientas</li> <li>• Piezas de repuesto</li> <li>• Reparaciones provisionales</li> </ul>	<p>Bombas, agitadores, compresores, columnas, tanques, etc.</p> <p>Tubos, mangueras, conductos, válvulas, amortiguadores, etc.</p> <p>Temperaturas, indicadores de presión, indicadores de vacío, amperímetros, etc.</p> <p>Cableado, tubería, conectadores de alimentación, conmutadores, tomas de corriente, etc.</p> <p>Herramientas generales, herramientas de corte, plantillas, moldes, troqueles, bastidores, etc.</p> <p>Equipo de reserva, repuestos, stocks permanentes, materiales auxiliares, etc.</p> <p>Cinta, fibras, cable, chapa, etc.</p>
<b>7. Lugares inseguros</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos</li> <li>• Pasos</li> <li>• Luces</li> <li>• Maquinaria rotativa</li> <li>• Dispositivo de levantamiento</li> <li>• Otros</li> </ul>	<p>Desequilibrados, rampas, elementos que sobresalen, fisuras, escamas, desgastes (placas de cubierta)</p> <p>Demasiado inclinados, irregulares, escamado capa antideslizante, corrosión, faltan pasamanos</p> <p>Oscuras, mala posición, sucias o pantallas rotas, no a prueba de explosiones</p> <p>Desplazadas, cubiertas rotas o caídas, sin mecanismos de seguridad o parada de emergencia</p> <p>Cables, ganchos, frenos y otras partes de grúas y elevadores</p> <p>Sustancias especiales, disolventes, gases tóxicos, materiales de aislamiento, señales de peligro, vestidos de protección, etc.</p>

Fuente. Suzuki, T. (1995). TPM en Industrias de Proceso. México: Productivity Press.

### 3.1.8 El sistema de producción Toyota

“La base del sistema de producción de Toyota es la eliminación absoluta del excedente. Los dos pilares necesarios que sustentan el sistema son:

- justo-a-tiempo
- autonomización, o automatización con un toque humano.

Justo-a-tiempo significa que, en un proceso continuo, las piezas adecuadas necesarias para el montaje deben incorporarse a la cadena de montaje justo en el momento en que se necesitan y sólo en la cantidad en que se necesitan. Una empresa que adopte este procedimiento puede aproximarse al stock cero”. (Ohno 1991).

La autonomización radica en los pequeños fallos que una máquina automatizada no podría resolver y se atribuye a Toyoda Sakichi que lo ideó antes de fundar Toyota en su fábrica de telares. El Kanban\* es la base para administrar el justo a tiempo ya que por medio de una etiqueta se comunica la información precisa de la producción a realizar en el lugar indicado.

Hora de entrega <b>10:30</b>	Área de almacenamiento <b>A</b> <b>1-1</b>		Oficinas de Toyota Motors Montaje nº <b>2</b>
	Artículo nº <b>53018-60011</b>	Identificación	
 Ohashi Iron Works Estantería nº <b>1- Fondo</b>	artículo BIELA S/CUALQUIER PRENSA DEL RADIADOR LH	Utilizado en FJ Coche Tipo (1)	<b>50</b>
	<b>21</b>	Tipo de caja <b>ESPECIAL</b> Capacidad de caja <b>30</b>	
Pedido de piezas Kanban			

**Figura 13. Una muestra de Kanban**

Fuente. (Ohno, T. (1991). EL SISTEMA DE PRODUCCION TOYOTA Más allá de la producción a gran escala. México: Productivity Press)

\* Kanban. Etiqueta o letrero

“Un análisis por qué- por qué en relación con el sistema de producción Toyota es el adecuado para identificar y tomar decisiones ante la posible o posibles causas de las pérdidas. “Para determinar el funcionamiento de una planta de producción, se consideran en gran medida las cifras, pero yo creo que los hechos son todavía más importantes. Cuando surge un problema, si nuestra búsqueda de la causa no es minuciosa, las acciones que tomemos pueden no ser la solución. Por ello nos preguntamos repetidamente "por qué". Esta es la base científica del sistema de Toyota” (Ohno, 1991).

**Tabla 11. Repetir "Por qué" cinco veces**

1. ¿Por qué se ha detenido la máquina? Se ha producido una sobrecarga y el fusible ha saltado.
2. ¿Por qué se ha producido una sobrecarga? El cojinete no estaba suficientemente engrasado.
3. ¿Por qué no estaba suficientemente engrasado? La bomba de engrase no bombeaba lo suficiente.
4. ¿Por qué no bombeaba lo suficiente? El manguito de la bomba estaba estropeado y vibraba.
5. ¿Por qué estaba estropeado el manguito? No tenía ningún filtro y entró un fragmento de metal.

*Fuente.* (Ohno, T. (1991). EL SISTEMA DE PRODUCCION TOYOTA Más allá de la producción a gran escala. México: Productivity Press)

Este método de repetir cinco veces el por qué ayuda a llegar a la causa raíz igual a el cómo es decir 5W=1H<sup>9</sup>, lo indica Ohno (1991), si solo se hubiera cambiado el fusible muy probablemente el proble surgiría nuevamente poco tiempo después.

El enfoque de los desperdicios en Toyota se basa en observar la actividad, en la cual la verdadera capacidad actual sería = al trabajo + la pérdida, por lo tanto, al eliminar a cero los desperdicios la mejora del trabajo es del 100%, para lograrlo se deben identificar correctamente.

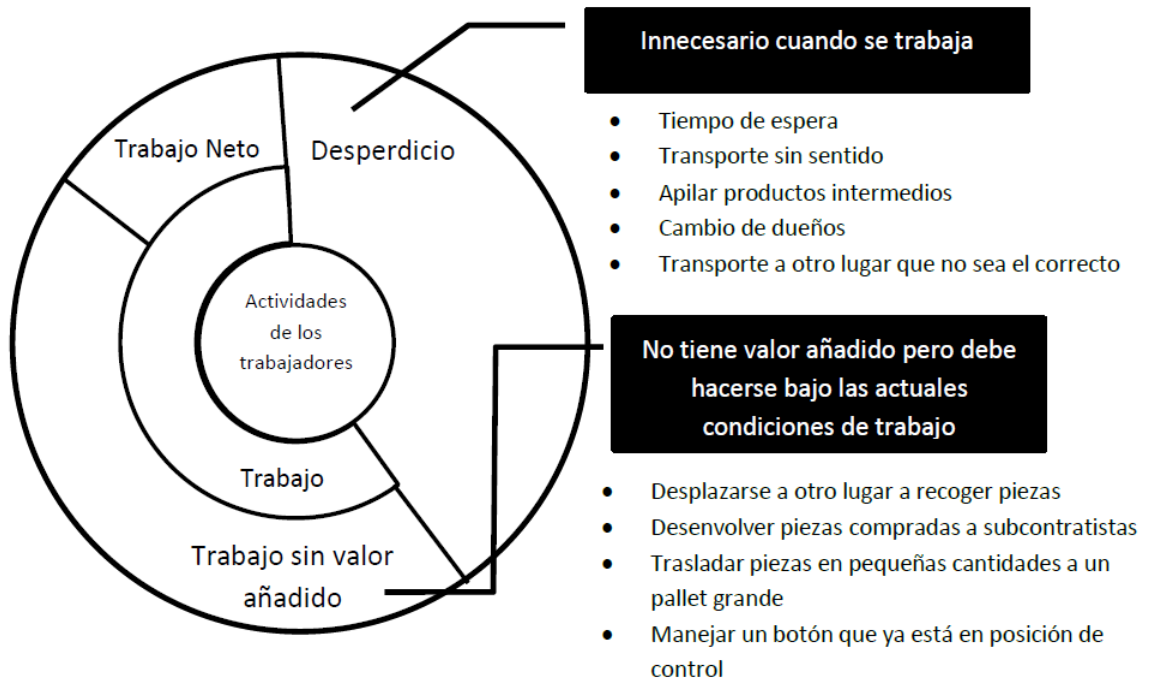
---

<sup>9</sup> 5W=1H. ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Quién?, ¿Por qué? = Cómo

**Tabla 12. Desperdicios en Sistema de producción Toyota**

- Desperdicios por exceso de producción
- Desperdicios en el tiempo de los trabajadores (parados)
- Desperdicios por el transporte
- Desperdicios del procesamiento en sí mismo
- Desperdicios de stock disponible (inventario)
- Desperdicios por otras actividades
- Desperdicios en la fabricación de productos defectuosos

*Fuente.* (Ohno, T. (1991). EL SISTEMA DE PRODUCCION TOYOTA Más allá de la producción a gran escala. México: Productivity Press)



**Figura 14. Cómo entender la función de fabricación**

*Fuente.* (Ohno, T. (1991). EL SISTEMA DE PRODUCCION TOYOTA Más allá de la producción a gran escala. México: Productivity Press)



Cómo lo menciona (Ohno 1991), el TPS<sub>10</sub> se podría considerar una Ingeniería Industrial al estilo Toyota considerando que la Ingeniería Industrial es un sistema que abarca toda la organización.

Al igual que las filosofías vistas con anterioridad se hace énfasis en el trabajo en equipo que básicamente lo es todo y que al mismo tiempo valora el trabajo individual, aporta flexibilidad en los procesos, resalta el mantenimiento preventivo y sigue el camino de la mejora continua para los nuevos cambios y otros desperdicios, dónde la eliminación de ellos es su reto.

**Tabla 13. Innovaciones de Ohno en Toyota, como:**

- *la búsqueda y eliminación de desperdicios a todos los niveles*
- *varias máquinas manejadas por un solo trabajador*
- *"autonomización", máquinas y trabajadores que detienen una línea o proceso automáticamente cuando existen anomalías*
- *mecanismos Poka-Yoke de detección de errores mecánicos para prevenir fallos y simplificar*
- *justo a tiempo y el kanban, flujo inverso de información de producción*
- *preparación de empresas proveedoras para fabricar y entregar justo a tiempo*
- *mantenimiento preventivo para eliminar las averías en las máquinas*
- *desarrollo del sistema "SMED", reduciendo el tiempo de readaptación de la máquina para permitir tamaños de grupo más pequeños.*

*Fuente.* (Ohno, T. (1991). EL SISTEMA DE PRODUCCION TOYOTA Más allá de la producción a gran escala. México: Productivity Press)

### 3.2 Estado del arte

“Implementación del Kaizen en México: un estudio exploratorio de una aproximación gerencial japonesa en el contexto latinoamericano. En los últimos años, los términos *Lean Thinking* y *Kaizen* han cobrado gran importancia en la gestión operacional y estratégica de las organizaciones de este nuevo siglo. Dicha relevancia se ha centrado en la búsqueda constante por reducir los costos operativos mejorando con ello la productividad y la competitividad de las organizaciones multinacionales. Por ello, parte de la pregunta de investigación que rige este artículo es: ¿Cómo se presenta la implementación del *Kaizen* en un contexto organizacional como es una empresa multinacional en México? el propósito del estudio es, por tanto, explorar empíricamente la implementación del *Kaizen* en algunas organizaciones multinacionales de México, con el fin de analizarlas y compararlas con los esquemas teóricos del tema. La investigación es de corte cualitativo siguiendo la estrategia de múltiples casos de estudio”. (Suárez-Barraza & Miguel Dávila, 2011).

“MÉTODOS Y FILOSOFÍA PARA LA MEJORA CONTINUA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN. La investigación se realizó sobre este tema porque que en la actualidad las empresas compiten y se les exige mayor calidad al menor costo y tiempo de respuesta posible; se busca afinar en materia de mejora continua y calidad en los procesos. Para esto se investigó sobre el uso de métodos sencillos y prácticos que les faciliten hacer frente a todos estos desafíos y mejorar las estrategias con las que ejecutan sus operaciones. El objetivo de la documentación es ampliar el conocimiento de procedimientos y filosofías para la mejora continúa analizando un caso de estudio enfocado en el flujo continuo del proceso, tiempo y organización de una línea de producción”. (Barbosa Ramos, Ahumada Llanes, & Paola Gutiérrez, 2016).

“Aplicación como estrategia del KAIZEN en la empresa “ópera form”. La reducción de fallas y errores. Aumentando los niveles de rotación. El incremento sistemático y continuo de la productividad. Logrado consecuente la reducción contante en los costos. Nuestra contribución acerca de esta empresa es lograr la reducción de tiempos y plazos de respuesta, logrando así mejores tiempos para el desarrollo de productos y su puesta en el mercado. Son más rápidas las respuestas a los requerimientos de los clientes. Alcanzar una ventaja estratégica en materia de mercadotecnia. Mejorando de manera constante los procesos pudiendo ofrecer al mercado productos y servicios más

económicos y así ir mejorando continuamente los productos y servicios que se amplíen en el ciclo de vida de los mismos; así manteniéndose siempre por delante de sus competidores”. (Olivarez-Maldonado, Kido-Miranda, Gerónimo-Rendón, & Hernández-Pastrana, 2016).

“El propósito de este artículo es evaluar la práctica de mejora continua en medianas y grandes empresas de manufactura y servicios del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ); examinar los beneficios y dificultades en el sostenimiento de la mejora continua; y, estudiar la participación de los diferentes niveles jerárquicos organizacionales en la práctica de mejora continua”. (Alvarado Ramírez & Pumisacho Álvaro, 2017).

“METODOLOGÍA PARA ELABORAR UN PLAN DE MEJORA CONTINUA. El presente artículo desarrolla el tema titulado “Metodología para Elaborar un Plan de Mejora Continua”. Esta trata de un conjunto de acciones planeadas, organizadas, integradas y sistematizadas para obtener cambios, y mejoras de procedimientos en la organización. La metodología consta de cinco niveles: análisis de las causas que provocan el problema, propuesta y planificación del plan de mejora, implantación y seguimiento continuo, y finalmente una evaluación de toda la metodología aplicada; estas acciones proporcionarán beneficios a la organización como reducción de costes, incremento de la productividad, mejora de la calidad, satisfacción del cliente, una adecuada comunicación entre los departamentos y mayor nivel productivo”. (Proaño Villavicencio, Gisbert Soler, & Pérez Bernabeu, 2017).

“Transferencia de conocimiento dentro de la empresa: análisis de variables precursoras en un entorno lean-kaizen. La manufactura esbelta es un enfoque sistemático que identifica y elimina el desperdicio, a través del mejoramiento continuo. Una actividad común en ella son los eventos kaizen, los cuales impactan a los subsistemas técnico y humano de la organización, pero desafortunadamente son pocos los trabajos que indagan sobre su efecto en el segundo subsistema. Por ello, este trabajo busca contribuir con evidencia empírica de variables asociadas al mismo, particularmente las relaciones entre la cultura organizacional y la transferencia de conocimiento tácito dentro de la empresa, a través de la mediación de la comprensión de la necesidad de kaizen, el espíritu de trabajo y

el compromiso afectivo organizacional”. (Máñez-Guaderrama, Cavazos-Arroyo, & Valles Monge, 2016).

“Relación entre Kaizen y cultura laboral en sistemas productivos. En este artículo se estudia la relación entre Kaizen y cultura laboral en sistemas productivos, considerando diferentes enfoques y aportes según la evidencia documental encontrada. Para ello, se llevó a cabo una revisión sistemática de literatura del año 2006 al 2017 en bases de datos científicas. La metodología aplicada permitió, a partir de la clasificación y análisis de la evidencia documental recopilada, la formulación de un modelo teórico sobre la relación entre Kaizen y cultura laboral en sistemas productivos”. (Cogollo Flórez, Zapa Pérez, Díez Aguirre, & Loaiza Orrego, 2018).

“Kaizen: un caso de estudio. Este documento expone la metodología Kaizen paso a paso aplicada a una pequeña empresa, presenta los beneficios, conceptos, herramientas, y resultados obtenidos. (Atehortua Tapias & Restrepo Correa, 2010).

“Beneficios del Kaizen en la Industria. El kaizen ideado por empresas japonesas se ha diseminado en empresas de otras naciones vía círculos de calidad, sistemas de producción just in time, mantenimiento productivo total, tablas de costes, sistema de sugerencias, y métodos rápidos de preparación de máquinas-herramientas; logrando sorprendentes e importantes resultados”. (Oropesa Vento & García Alcaraz, 2014).

“Kaizen como herramienta estratégica para la sostenibilidad en medianas empresas del sector industrial. El objetivo de este artículo es analizar el Lean Manufacturing y Kaizen dentro de la estrategia para lograr cambios positivos hacia la sostenibilidad de medianas empresas del sector industrial colombiano. Se recurre a un estudio descriptivo con enfoque cualitativo, se utiliza como técnicas la revisión documental”. (Garzon Parra , Vélez Rodríguez, & Escobar Lozada, 2019).

## 4 CAPÍTULO 4

### 4.1 Desarrollo de la metodología

En los siguientes apartados se muestra la metodología de una mejora orientada para una falla de proceso en un equipo de empaque.

Como se cita anteriormente la metodología emplea pasos secuenciales ordenados, a través de los cuales se identifica el tema, por medio de su desarrollo se obtienen resultados y se consolidan los beneficios obtenidos, gracias al trabajo en equipo e intercambio de ideas. A continuación, se muestra la tabla con las herramientas empleadas en este evento de mejora.

**Tabla 2. Pasos de la mejora orientada para evento en la empacadora**

Pasos de la metodología	Herramientas, técnicas y métodos
Paso 0. Seleccionar el tema de mejora	Pareto
Paso 1. Comprender la situación	Diagrama de flujo
Paso 2. Descubrir y eliminar anomalías	Hoja de rastreo de anomalías
Paso 3. Analizar causas	Análisis por qué por qué
Paso 4. Plan de mejora	Gráfico Gantt
Paso 5. Implementar mejora	Diagrama de tortuga
Paso 6 Chequear resultados	Comparación de la información
Paso 7. Consolidar beneficios	Lección de un punto

*Fuente.* (Herramientas utilizadas en los pasos de mejora orientada durante el evento de mejora relacionado con la falla de proceso, 2021)

#### 4.1.1 Paso 0. Seleccionar de tema de mejora

Se comienza el análisis identificando la pérdida y cuantificándola, no siempre se identifican las pérdidas en la primera fase, por tal razón primero se pueden cuantificar las pérdidas y después

seleccionar el tema de mejoramiento de acuerdo a sus características. En primer orden este paso inicial es imprescindible, muestra un panorama certero de la situación de estudio, se reconoce la magnitud en la mejora y se indica seleccionarlo, de acuerdo a los resultados obtenidos y deseados.

Para realizar este evento de mejora se utiliza la técnica de exploración Pareto apoyados con los registros documentados; como lo indica el procedimiento paso a paso para la mejora orientada. El paso 0 contiene detalles señalados a continuación.

Es recomendable llevar un registro de los nuevos datos y documentos que surgen en los ejercicios de mejora, las herramientas y métodos empleados, para practicarlos y consultarlos en otros posibles eventos, cómo pérdidas en sistemas que tengan características similares y demás situaciones que surjan en los procesos.

**Tabla 14. Detalles del Paso 0. Entender la situación, para el procedimiento para la mejora enfocada**

1.	Seleccionar y registrar el tema
2.	Formar equipo de proyecto
3.	Planificar actividades

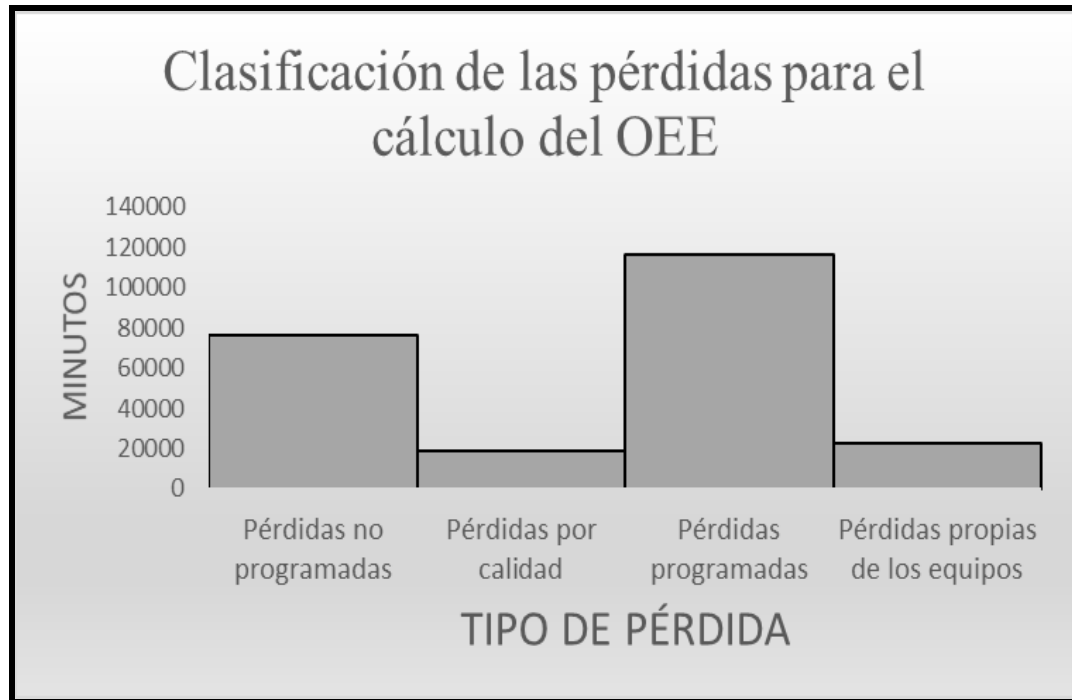
*Fuente.* (TPM en industrias de proceso. Suzuki, T. 1995)

A partir de los registros que se tienen de acuerdo a las categorías de las pérdidas por la disponibilidad de los equipos, rendimiento y pérdidas por calidad, como se menciona en el marco teórico, el OEE es un indicador certero para determinar la eficiencia general de los equipos. Dentro de las categorías de las pérdidas para el cálculo del OEE se encuentra la siguiente clasificación:

Las pérdidas no programadas que se deben a los fallos en los equipos o en el proceso son:

- a) Las pérdidas programadas que se deben a las configuraciones y ajustes y a las paradas programadas.
- b) Las pérdidas propias de los equipos que son por las pérdidas de producción normales y anormales.
- c) Las pérdidas por calidad en los defectos y reprocesos.

De acuerdo a esta clasificación se cuenta con los siguientes datos.



**Figura 15.** *Clasificación de las pérdidas para el cálculo del OEE*

*Fuente.* (Datos estadísticos para el análisis de la información, 2021)

#### **4.1.2 Técnica de exploración Pareto**

Ahora que se conocen las magnitudes del tiempo en minutos, de los tipos de pérdida que afectan el desempeño de los equipos, se decide realizar el evento de mejora relacionado con las pérdidas no programadas.

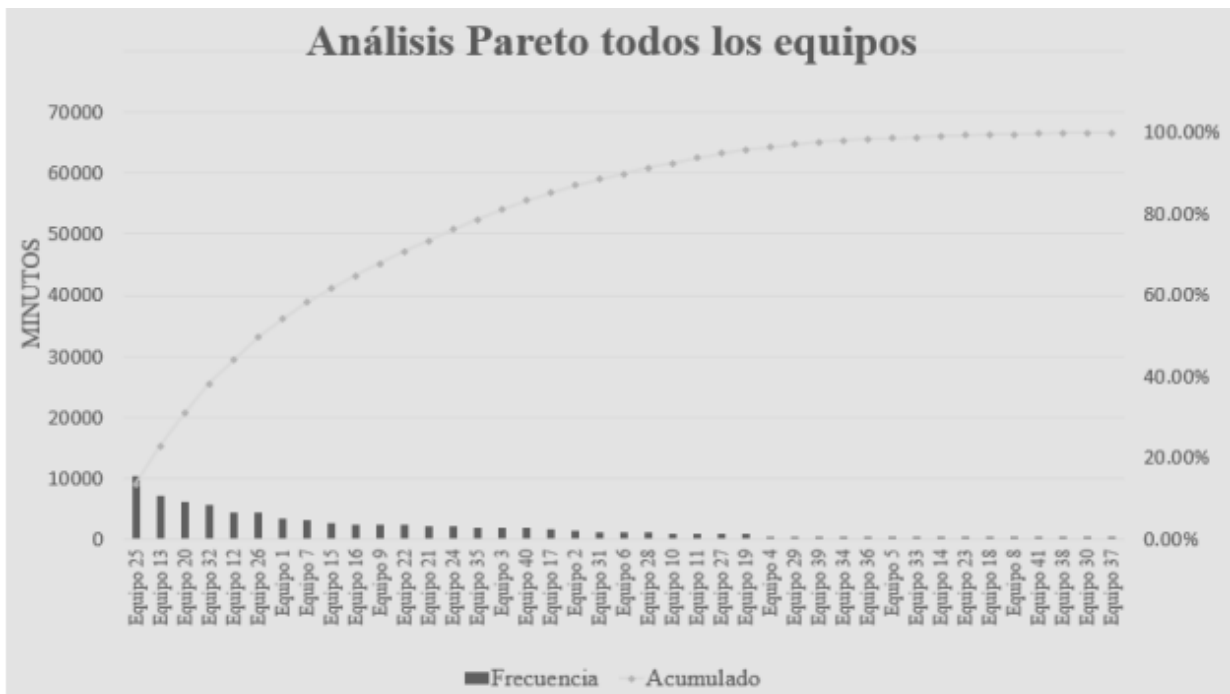
Si bien como se muestra en la ilustración anterior es la segunda mayor pérdida en el periodo de los cinco meses anteriores, en las pérdidas programadas que son la primera magnitud, en ellas también se están realizando las acciones de mejora correspondientes para atenderlas.

Dentro del módulo de producción, hay células de manufactura que se organizan en líneas de procesamiento, en cada una de ellas se realizan operaciones específicas.

El desempeño de estos procesos se registra puntualmente para no perder detalles y evitar confusiones o ruido en las métricas derivadas correspondientes, dentro de estos registros se encuentran la clasificación de las pérdidas no programadas, así como las demás pérdidas que afectan el proceso productivo.

Posteriormente se realiza una selección y se da prioridad al equipo que represente la mayor frecuencia, con respecto a la medida de magnitud seleccionada, en este caso es el tiempo improductivo en minutos.

La regla 80-20 conocida como Pareto, muestra que el 20% de toda la actividad contribuye a la mayor parte del impacto, según lo observado por el ingeniero Pareto se pueden identificar las áreas con problemas.



**Figura 16. Diagrama Pareto de las pérdidas no programadas**

Fuente. (Diagrama Pareto de equipos en planta de producción, 2021)



**Tabla 15. Datos de técnica de exploración Pareto de equipos**

Equipo	Frecuencia	Acumulado	Porcentaje
Equipo 25	10348	13.51%	13.51%
Equipo 13	7142	22.84%	9.33%
Equipo 20	6166	30.89%	8.05%
Equipo 32	5602	38.20%	7.31%
Equipo 12	4423	43.98%	5.78%
Equipo 26	4319	49.62%	5.64%
Equipo 1	3424	54.09%	4.47%
Equipo 7	3188	58.25%	4.16%
Equipo 15	2571	61.61%	3.36%
Equipo 16	2381	64.72%	3.11%
Equipo 9	2286	67.70%	2.98%
Equipo 22	2268	70.66%	2.96%
Equipo 21	2117	73.43%	2.76%
Equipo 24	2060	76.12%	2.69%
Equipo 35	1902	78.60%	2.48%
Equipo 3	1814	80.97%	2.37%
Equipo 40	1777	83.29%	2.32%
Equipo 17	1493	85.24%	1.95%
Equipo 2	1335	86.98%	1.74%
Equipo 31	1114	88.44%	1.45%
Equipo 6	1100	89.87%	1.44%
Equipo 28	1049	91.24%	1.37%
Equipo 10	983	92.53%	1.28%
Equipo 11	919	93.73%	1.20%
Equipo 27	861	94.85%	1.12%
Equipo 19	757	95.84%	0.99%
Equipo 4	472	96.46%	0.62%
Equipo 29	461	97.06%	0.60%
Equipo 39	400	97.58%	0.52%
Equipo 34	330	98.01%	0.43%
Equipo 36	263	98.35%	0.34%
Equipo 5	218	98.64%	0.28%
Equipo 33	179	98.87%	0.23%
Equipo 14	176	99.10%	0.23%
Equipo 23	164	99.32%	0.21%
Equipo 18	125	99.48%	0.16%
Equipo 8	116	99.63%	0.15%
Equipo 41	87	99.75%	0.11%
Equipo 38	77	99.85%	0.10%
Equipo 30	74	99.94%	0.10%
Equipo 37	44	100.00%	0.06%
<b>Total general</b>	<b>76585</b>		

*Fuente.* (Datos estadísticos para el análisis de la información, 2021)

Cómo se mostró anteriormente en el gráfico Pareto y los datos estadísticos para el análisis de la información de los equipos dentro del módulo de producción, se determina el lugar de trabajo para la selección del tema de mejora.

Para realizar el análisis Pareto se requieren datos a partir de los cuales en una tabla se prioriza información, ordenándola en razón a su mayor frecuencia, de todos los equipos con la escala de tiempo, los minutos de tiempo improductivo, se ilustran en la tabla en el lado izquierdo, del lado derecho se crea una distribución acumulada, para saber la frecuencia en porcentaje, se ordena de manera descendente, esta se encuentra del lado derecho del gráfico, los artículos de interés, todos los equipos productivos están al principio de la tabla. Este análisis es de gran utilidad para representar gráficamente la distribución acumulada en el sistema.

Derivado de lo anterior descrito, de todos los equipos en el módulo de producción, el equipo 25 representa la mayor frecuencia de actividad.

El equipo 25 se encuentra en una línea de producción empacadora de botellas, se selecciona para la mejora enfocada en el diagrama Pareto de todos los equipos de las pérdidas no programadas.

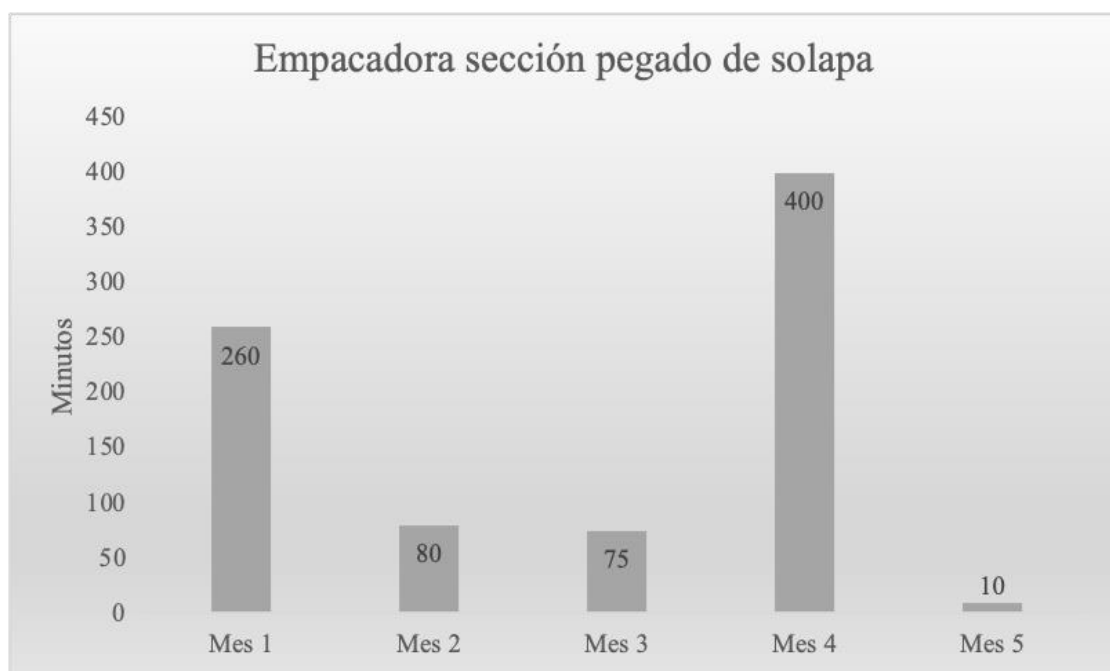
La empacadora representa la mayor frecuencia dentro del 20% de los equipos con mayor actividad, un 13.51% en un periodo de 5 meses anteriores, en este punto del análisis ya se tiene conocimiento de los equipos en los cuales podemos utilizar los eventos de mejora que tendrán mayor beneficio atendiendo las pérdidas.

Como lo observo el Ingeniero y economista Vilfredo Pareto a quien se atribuye este hecho, en el que una porción de las variables del proceso afecta a todas las demás, lo cual ha sido demostrado matemáticamente y es utilizado desde hace más de 100 años en los más diversos campos de estudio, de esta manera se explica este fenómeno de distribución observado en la naturaleza.

En el marco teórico, se muestran los indicadores para evaluar la producción, también se utilizan para seleccionar las diversas áreas de mejora, como ejemplo, en caso de requerir la reducción de la tasa de defectos en el proceso, se podría utilizar como medida de magnitud, las notificaciones de los defectos del proceso registradas en el departamento de calidad, otro ejemplo es cuando se desea la reducción de consumos unitarios, se analizan los costos de los materiales y los otros recursos utilizados, los indicadores también se emplean para establecer los objetivos. En este trabajo se desea el aumento de la productividad en los equipos y contribuir a lograr los objetivos establecidos.

Una vez seleccionada la empacadora, se analizan los registros y se observa que las fallas operacionales son las que representan la mayor pérdida en las fallas de su proceso, superando a otras como las averías.

En este periodo de 5 meses anteriores se identifica que en la sección de pegado de solapa de la empacadora existe un promedio de 165 minutos mensuales de tiempo improductivo, producto de la suma de este tiempo en este periodo. A continuación, se muestra el gráfico con este comportamiento, el cual nos servirá para hacer una comparación según los resultados obtenidos durante este ejercicio de mejora orientada en la empacadora de botellas en la sección de pegado de solapa.



**Figura 17. Tiempo Improductivo en empacadora en sección pegado de solapa**

*Fuente.* (Datos estadísticos para el análisis de la información, 2021)

De acuerdo a los datos presentados anteriormente, se identifica dónde se debe intervenir, para emplear la mejora orientada en la resolución de fallos de proceso, utilizando los métodos y herramientas adecuadas.

### ***4.1.3 Equipo de trabajo y planeación de actividades***

Otro principio en Kaizen son las actividades en grupos pequeños, en el TPM todos los empleados de la organización participan en las mejoras, es la base de su operación. La integración del equipo de trabajo y la planificación de las actividades para la mejora enfocada en la empacadora, la convoca el dueño del pilar de métodos de mejora en TPM o en su caso el encargado de la mejora continua dentro de la organización, se proporcionan los elementos para su desarrollo, explica la metodología a los participantes y gestiona los tiempos para las actividades y reuniones requeridas.

Entre las áreas convocadas se encuentra producción, materiales, seguridad y calidad, ellas designan a los participantes para el evento de mejora orientada, referente al pegado de solapa.

El departamento de producción conoce el proceso con claridad ya que además de interactuar directamente con la empacadora, lleva los registros para el análisis. Las áreas como calidad, materiales e ingeniería aportaran variedad de conocimientos para tratar la pérdida.

Es importante que la duración de este tipo de evento de mejora no supere los seis meses, es lo recomendable, ya que si es mayor a este periodo se pueden desvirtuar los eventos de mejora. Por esto, la planeación para el evento de mejora en la empacadora de acuerdo a la metodología propuesta, mediante el intercambio de ideas, actividades ordenadas y la participación activa del equipo en estos proyectos.

## **4.2 Paso 1. Comprender la situación**

### ***4.2.1 Diagrama de flujo de proceso***

Para entender la situación se requiere visualizar lo que sucede en el proceso, enfocados en el área de pegado de solapa, radica en comprender este proceso a detalle, para este evento y propósito la herramienta que nos ayuda a plasmarlo es el diagrama de flujo de proceso, a través de él se identifican pérdidas y cuellos de botella, este nos lleva a ver la situación de la pérdida a detalle, en la cual hay mayor tiempo improductivo referente a las pérdidas no programadas y establecer objetivos de acuerdo a lo observado. A continuación, se explica el proceso para la realización del diagrama de flujo de proceso en el área de pegado de solapa en la empacadora.

UBICACIÓN				RESUMEN				
<i>Planta de operacion México.</i>				ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	AHORRO	COMENTARIOS
<i>Pegado de Solapa</i>				OPERACIÓN	8			
FECHA	<i>Mes 1</i>			TRANSPORTE	9			
OPERADOR	<i>O. I.</i>	ANALISTA	<i>J.G.</i>	INSPECCIÓN	1			
MARQUE EL MÉTODO Y TIPO APROPIADA				DEMORA				
MÉTODO	ACTUAL	PROPUESTO		ALMACENAMIENTO				
TIPO	OBRERO	MATERIAL	<i>MÁQUINA</i>	TIEMPO				
				DISTANCIA				
<b>SÍMBOLO</b>								
				Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenamiento
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>								
El carrusel empuja las botellas y son recibidas por la placa de corrugado								
Las botellas con la placa de corrugado entran a transportador de cadenas, por medio de bandas gemelas de arrastre inferiores								
La placa de corrugado es doblada en la base de las botellas con una guía superior mientras avanza el corrugado con botellas por medio de cadenas de arrastre inferiores								
<i>Las pistolas superiores aplican adhesivo en solapa superior con un ángulo establecido mientras avanza el paquete</i>								
<i>El paquete avanza y los canchilones en cadena de arrastre superior doblan solapa superior pegándola mientras pistolas laterales aplican adhesivo en solapas laterales</i>								
<i>El paquete avanza y las solapas laterales son pegadas con guías laterales dobladoras de solapa</i>								
El paquete envuelto avanza y las solapas laterales son presionadas por guías fijas con enfriamiento de adhesivo								
El paquete continúa avanzando y cambia de dirección con pistón girador								
El paquete avanza y se puede observar si el paquete está sellado correctamente								

**Figura 18. Diagrama de flujo de proceso de pegado de solapa**

*Fuente.* (Diagrama de flujo de proceso para análisis de la actividad de pegado de solapa en empacadora, 2021)

El equipo de empaque se integra de varias secciones, y en su conjunto forman todo el sistema, entre ellas se cuenta con un distribuidor de botella, un buffer de botella, un buffer de corrugado y la sección de pegado de solapa, esta última es la que compete al evento de mejora. Esta sección de pegado de solapa cuenta con un módulo de adhesivo, componentes neumáticos y mecanismos que realizan el proceso de pegado de solapa.

Para realizar el pegado de solapa, en la sección asignada para este propósito en la empacadora, deben suceder varias actividades a la vez, para analizar a detalle estas actividades se emplean algunos dispositivos, como el video de alta velocidad y fotografías, incluso podemos ver cuadro por cuadro varias imágenes de lo sucedido, a partir de lo que se observa, se toman las notas pertinentes. Con la información recopilada en las notas se forma el diagrama de flujo de operación de pegado de solapa, este describe las actividades de acuerdo a la simbología mostrada en el marco teórico, con la participación de todo el equipo de trabajo.

Como se muestra en el diagrama de flujo del proceso, la mayor parte se integra por operaciones y traslados de manera simultánea y al final se realiza una inspección, En el lado izquierdo del diagrama se colocan las actividades realizadas en el proceso, esto cuando todo el sistema de empaque trabaja de manera correcta, del lado derecho se indica que actividad se realiza, conociendo cómo funciona el pegado de solapa, se puede identificar si alguna actividad no se completa o algún acontecimiento importante. A continuación, se muestra lo que sucede en este proceso de pegado de solapa en los momentos que claves de acuerdo al diagrama de flujo del proceso señalados.

***-Las pistolas superiores aplican adhesivo en solapa superior con un ángulo establecido mientras avanza el paquete.***

Esta parte de la actividad describe al sistema de adhesivo en el proceso, a través de las pistolas en el momento que un sensor detecta el corrugado, aplican el adhesivo, el equipo es completamente automático y a través de su avance se aplica adhesivo y se va dando forma a través de los dobleces por medio de guías y canchales a la placa de corrugado, conformando el paquete en una caja rectangular. Este adhesivo impregna las superficies que se requieren juntar del corrugado por medio de solapas. La empacadora aplica el adhesivo en forma de línea, a lo largo de la superficie donde se pega la solapa para formar el empaque. En este momento cuando las pistolas superiores disparan el adhesivo, se

adhiera en el lugar programado en el corrugado, la parte de donde se unirá la solapa superior; el ángulo establecido es la posición del área permitida de adhesivo, si este ángulo cambia, cambiara la posición del adhesivo en dicha superficie.

***- El paquete avanza y unos canjilones en cadena de arrastre superior doblan solapa superior pegándola mientras las pistolas laterales aplican adhesivo en solapas laterales.***

El medio de transporte del paquete se realiza con bandas y cadenas, mecanismos de arrastre, en la parte superior, avanza por medio de cadenas con canjilones que, al girar por el eje de la cadena, estos canjilones realizan la función de cerrar la solapa superior frontal del paquete y así pegarse dando la forma rectangular de la caja que envuelve las botellas, a partir de una hoja de corrugado con la forma y texturas para los dobleces del paquete conforma la operación de empaque.

***- El paquete avanza y las solapas laterales son pegadas con guías laterales dobladoras de solapa.***

El paquete en forma de caja rectangular tiene solapas laterales, estas al igual que la solapa superior frontal, se juntan al paquete en sus laterales, dos en la parte superior y dos en la parte inferior de cada lado del paquete, con el mismo principio de funcionamiento que el de la solapa frontal por medio de pistolas que aplican adhesivo en la superficie deseada y su desplazamiento por las guías laterales se pegan. Realizado el diagrama de flujo de proceso, se determina que las actividades anteriormente mencionadas, tienen variables en sus operaciones.

En el momento en el que se aplica el adhesivo se realiza a través de un módulo, que tiene dos parámetros para su control.

***1 La temperatura en el tanque de adhesivo***

***2 La presión neumática de aplicación de adhesivo***

La temperatura ambiente no se puede controlar a diferencia de la temperatura en el tanque y presión neumática.

Otro elemento con variables que se identifica en es cuando las solapas laterales se pegan con las guías laterales mientras avanza el paquete, se realizan dos ajustes:

*1 Ángulo para dobles de las solapas laterales*

*2 Distancia entre guía y solapas laterales*

También se analizan otros aspectos importantes del proceso, con el apoyo del departamento de calidad, se verifica que el corrugado y el adhesivo estén dentro de las especificaciones requeridas por el fabricante de la máquina, para esto nos apoyamos con las fichas técnicas del adhesivo y del corrugado, donde en el adhesivo se encuentra la temperatura de operación y en el corrugado, las dimensiones, forma, resistencia y otros aspectos.

Gracias a la técnica de exploración y los datos estadísticos se establece la base métrica que son 165 minutos mensuales de tiempo improductivo, a partir de esto, en acuerdo con todo el equipo, el objetivo se estima en al menos en reducir un 75% de este tiempo referente a la falla de proceso en la sección de pegado de solapa en la empacadora.

Es importante mencionar que todas las actividades ya mencionadas y posteriores en este evento de mejora orientada, son realizadas con medidas de seguridad obligatorias dentro de la planta de producción, en lugares completamente seguros y asignados por el representante de seguridad para el evento, presentado en las siguientes fases de la metodología.

### **4.3 Paso 2. Descubrir y eliminar anomalías**

Para este paso de descubrir y eliminar anomalías, las actividades se realizan en la sección de pegado de solapa de la empacadora directamente y su finalidad es identificar el reemplazo de los componentes que no estén en condiciones normales, restaurar deterioros, deficiencias y demás situaciones anormales para regresar el equipo a sus condiciones básicas de operación, esto se logra a través de un acercamiento con la empacadora en la sección de pegado de solapa, con las medidas de seguridad establecidas, conocido el proceso y con la participación de todo el equipo de trabajo.



### **4.3.1 Seguridad**

Antes de continuar, en este apartado se hace énfasis en seguir todas las medidas de seguridad para evitar cualquier incidente o accidente, aun cuando el personal esté completamente familiarizado con el lugar de trabajo, no se deben obviar situaciones en cuestiones de seguridad e higiene normativas.

Las medidas indicadas deben prevalecer en todo momento y seguir las establecidas por los lugares de trabajo. Los protocolos de seguridad incluyen el equipo de protección personal obligatorio dentro del módulo de producción, consiste en gafas de seguridad, protectores auditivos y zapatos de seguridad, no utilizar accesorios como joyería y teléfonos, se informa de los lugares por los cuales se puede transitar como pasillos, rutas de evacuación, alarmas, señalamientos y puntos de seguridad en caso de algún siniestro y se requiere de una introducción y reforzamiento de estas medidas por el departamento de seguridad.



**Figura 19. Equipo de protección personal**

*Fuente.* (Centro Nacional de Prevención de Desastres (2019))

Las medidas de seguridad en lugar de trabajo, en la empacadora incluyen la realización de predicciones de riesgos, en las cuales se describen todas las actividades a realizar para cualquier tarea que tenga algún riesgo implícito, para estos posibles riesgos a los que se está expuesto y gracias a las medidas de seguridad que se llevaran a cabo son para eliminarlos completamente. En ellas se indican los dispositivos y procedimientos necesarios para realizar cualquier actividad en un entorno completamente seguro.

Además del uso específico de equipo de protección personal en lugares indicados de la máquina, tales como el casco de seguridad en lugares de difícil acceso y señalamientos de advertencia en el lugar de trabajo, el área de pegado de solapa y lugares cercanos de la máquina, el entorno como equipos contiguos, pasillos, escaleras entre otros.



**Figura 20. Señalización en una planta industrial**

*Fuente, (Arce, J. (2015). Prevención a través de la Señalización NOM-003-SEGOB-2011)*

Los señalamientos en los lugares de trabajo son ilustraciones graficas que resultan de gran utilidad para seguir los lineamientos establecidos e interpretarlos de manera eficiente prestando atención a ellos de manera correcta.

La empacadora también cuenta con un mapa de seguridad, en el cual se indican los lugares dónde se debe de utilizar el bloqueo y etiquetado conocido como sistema LOTO<sup>11</sup> por sus siglas en el idioma ingles (Lockout / Tagout). En el lugar de trabajo y todas las personas que realizan las actividades deben contar con estos dispositivos que se encuentran en el lugar de trabajo.



**Figura 21. Dispositivo de bloqueo LOTO**

*Fuente.* (Uliana, F. (2020). Procedimiento LOTO (Bloqueo y Etiquetado).

Como se indica en las normas OSHA<sup>12</sup> el propósito de estos dispositivos LOTO es el control de las diversas energías peligrosas en el momento de realizar actividades en los lugares de trabajo, como pueden ser energías eléctricas, mecánicas, o neumáticas, esto depende del equipo en el que se va intervenir.

Realmente en todos los centros de trabajo se deben de emplear los medios de seguridad necesarios para asegurar un entorno de trabajo completamente seguro, esto contribuye con la cultura de la seguridad en donde la mejora es implícita.

Se cuenta con normas específicas para estas actividades, la PROY-NOM-004-STPS-2020<sup>13</sup>, Maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo. Sistemas de protección y dispositivos de seguridad, las normas de seguridad no son restrictivas y se pueden emplear según las condiciones, en caso de que el lugar de trabajo no cuente con medidas de seguridad para el trabajo, el empleado puede solicitarlas para realizar sus actividades de manera que realice su trabajo de forma segura y confiable, entre estas normas de seguridad internacionales se encuentran las mencionadas OSHA e instituciones como el NIOSH<sup>14</sup>.

Estas medidas entre otras muchas otras han sido creadas para el cumplimiento de la seguridad en los centros de trabajo, la salud del personal y con ellas podemos llegar a eliminar las condiciones inseguras en los centros de trabajo.

Las medidas mencionadas son parte del desarrollo sustentable, en la seguridad a nivel global a través del tiempo se han incluido aspectos tan relevantes como el cuidado del medio ambiente, aspectos sociales y culturales, de acuerdo a las necesidades actuales de acuerdo a la temporalidad y entornos de trabajo.

Todas las medidas de seguridad identificadas son imprescindibles, se deben llevar a cabo en los centros y lugares de trabajo de manera obligatoria, deben ser proporcionadas por el empleador para también ser parte de la cultura de la mejora continua.

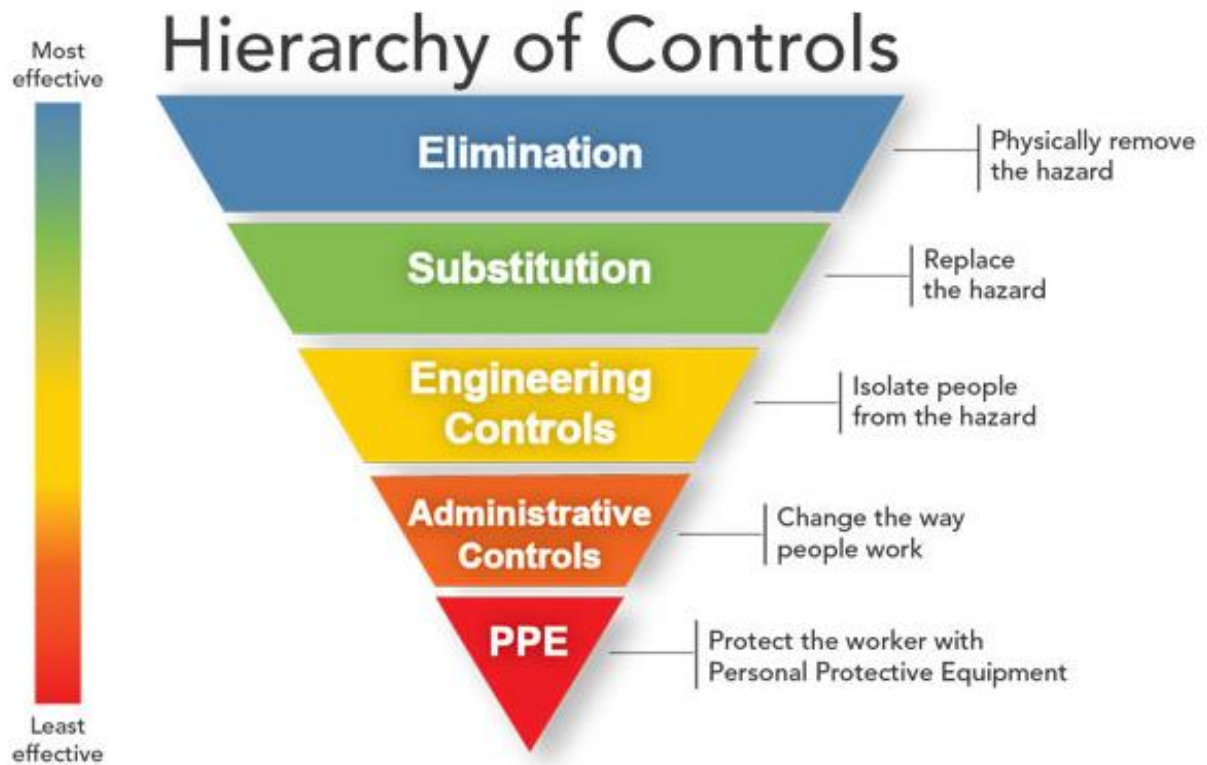
A continuación, se muestran algunos gráficos referentes al tema de seguridad en los centros de trabajo

---

12 OSHA. Administración de seguridad y salud ocupacional

13 PROY-NOM-004-STPS-2020. Proyecto de Norma Oficial Mexicana-004-Secretaría del trabajo y previsión social-2020

14 NIOSH. Instituto Nacional para la seguridad y salud ocupacional

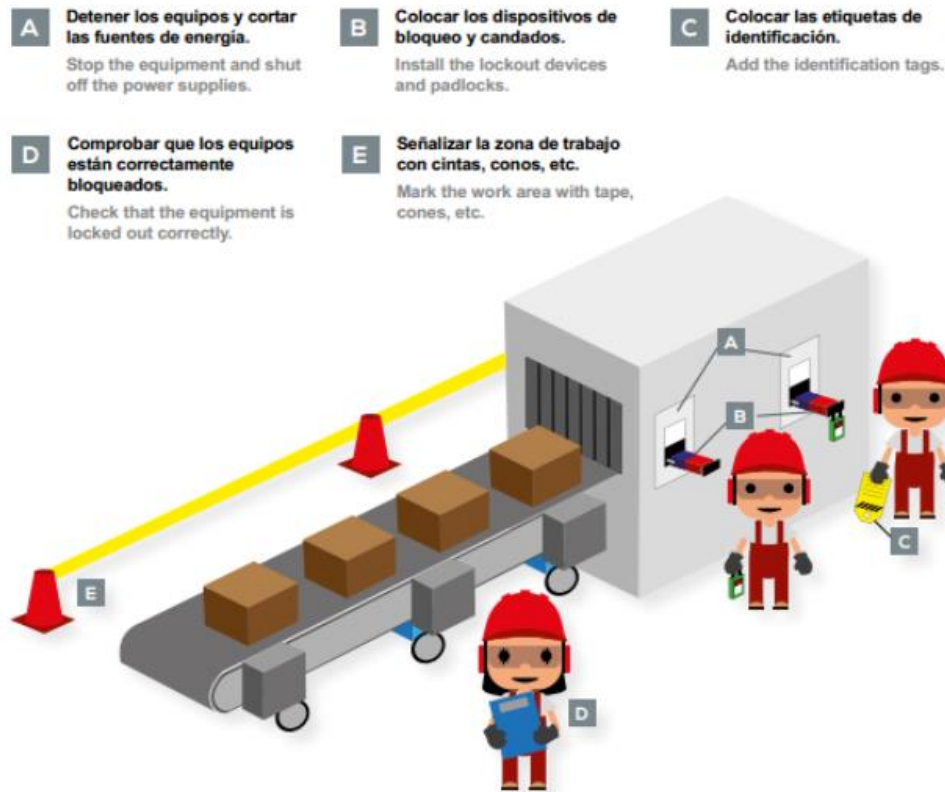


**Figura 22. Jerarquía de controles**

*Fuente.* (CDC. (2015))

“La idea detrás de esta jerarquía es que los métodos de control en la parte superior del gráfico son potencialmente más efectivos y protectores que los de la parte inferior. Seguir esta jerarquía normalmente conduce a la implementación de sistemas inherentemente más seguros, donde el riesgo de enfermedad o lesión se ha reducido sustancialmente” CDC. (2015).

Esta jerarquía implementada por el NIOSH nos muestra los estratos y efectividad de los diversos controles para la seguridad que se pueden emplear en los lugares de trabajo con un compromiso continuo del empleador, los empleados, el gobierno e instituciones diseñadas para este propósito.



**Figura 23. Pasos a seguir en la máquina o equipo - procedimiento LOTO**

*Fuente.* (Uliana, F. (2020). Procedimiento LOTO (Bloqueo y Etiquetado)

**“DE TENER EN CUENTA:** El etiquetado puede ser una solución temporal para el bloqueo en máquinas antiguas donde nunca se ha instalado un dispositivo de bloqueo. En este caso, se apaga la máquina y se coloca un cartel que advierte a todo el personal que no debe poner en marcha la máquina mientras su propietario esté trabajando en ella. Esta solución, por sí sola, no es suficiente para garantizar la seguridad de la máquina, y todavía existe un importante riesgo residual debido al comportamiento habitual (no anormal) de los trabajadores. Las máquinas que se adapten deben tener un dispositivo de aislamiento de energía bloqueable” Uliana, F. (2020).

### ***4.3.2 Rastreo de anomalías***

Existen circunstancias propias de la operación en las cuales no siempre es posible distinguir los componentes del proceso que presenten alguna anomalía, deterioro ignorado o condiciones ideales para el buen funcionamiento del equipo con el que se trabaja, debido a esto es recomendable la realización de inspecciones periódicas, auditorías entre otros que nos permitan la detección de anomalías. A continuación, se describe el proceso para la detección de anomalías, corregirlas y establecer condiciones óptimas de operación.

Con el lugar de trabajo perfectamente asegurado, siguiendo los protocolos y medidas de seguridad establecidas, se procede al rastreo de anomalías. El dueño del pilar de mejora continua en TPM gestiona el tiempo requerido, esto en completo acuerdo con las demás áreas con una planeación correcta, esto también es parte de la seguridad y la planeación del evento de mejora, se programa el realizar estas actividades durante el tiempo asignado para el mantenimiento planeado y el mantenimiento autónomo, esto para aprovechar al máximo estos recursos y que están implícitos en el evento de mejora.

Se realiza una inspección minuciosa del estado de los componentes en la empacadora en el área de pegado de solapa, donde se encuentra la pérdida, esta inspección debe ser en todos los componentes.

En el sistema de pegado de solapa se incluyen; un módulo de adhesivo, mecanismos y los sistemas para el suministro de aire y energía eléctrica, en este punto siempre es recomendable el contar con personal familiarizado con estos sistemas ya que, en los diferentes eventos de mejora, el personal no siempre conoce el manejo adecuado de los diversos componentes.

Este paso se realiza con bases en el mantenimiento autónomo, que se apoya del mantenimiento planeado, se determinan los componentes que deben de ser reemplazados para regresar a sus condiciones óptimas operacionales, señalándolos con una tarjeta, dependiendo del color de esta tarjeta se asigna el área encargada para resolver la anomalía, como el área de operación, mantenimiento o calidad y para el evento de mejora en cuestión, la persona asignada dentro del equipo para la mejora orientada, tomando en cuenta que se cuenta con el apoyo del área de seguridad y del líder del evento de mejora.

**Tabla 16. Hoja de rastreo de anomalías**

<b>Anormalidad</b>	<b>Descripción de la anomalía</b>	<b>Acción correctiva</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha límite</b>	<b>¿Completo?</b>
<b>1</b>	Manguera de aplicación de adhesivo con la transmisión estrangulada	Ampliar soporte de mangueras	A.T.H	_/_/_	Sí
<b>2</b>	Conector eléctrico de manguera rozando estructura	Enrutar cables para que conector este libre	D.A.C	_/_/_	Sí
<b>3</b>	Conector eléctrico de válvula roto	Cambio de conector	D.A.C	_/_/_	Sí
<b>4</b>	Punto de ajuste innecesario en módulo arriba-abajo de aplicación de adhesivo de solapa transversal	Eliminar punto de ajuste en módulo arriba-abajo de aplicación de adhesivo de solapa transversal	O.I.V.	_/_/_	Sí
<b>5</b>	Punto de ajuste innecesario guía superior doblador de solapa transversal	Eliminar punto de ajuste de guías superior solapas transversales	O.I.V.	_/_/_	Sí
<b>6</b>	Guías de pegado de solapa sucias con adhesivo	Limpieza	A.T.H	_/_/_	Sí
<b>7</b>	Guías de pegado de solapa no accionan muellear de mecanismo	Ajustar tornillería y lubricación de postes de mecanismo de guías de pegado	O.I.V.	_/_/_	Sí
<b>8</b>	Guías de pegado de solapa torcidas	Enderezar guías	A.T.H	_/_/_	Sí

*Fuente.* (Hoja de rastreo de anomalías identificadas en la zona de pegado de solapa en la empacadora. 2021)



En la tabla anterior se muestra un formato nombrado hoja de rastreo de anomalías, donde también se escriben las anomalías identificadas para posteriormente solventarlas por medio de acciones correspondientes que llevarán a cabo los responsables de área con fechas de cumplimiento.

#### **4.4 Paso 3. Analizar causas**

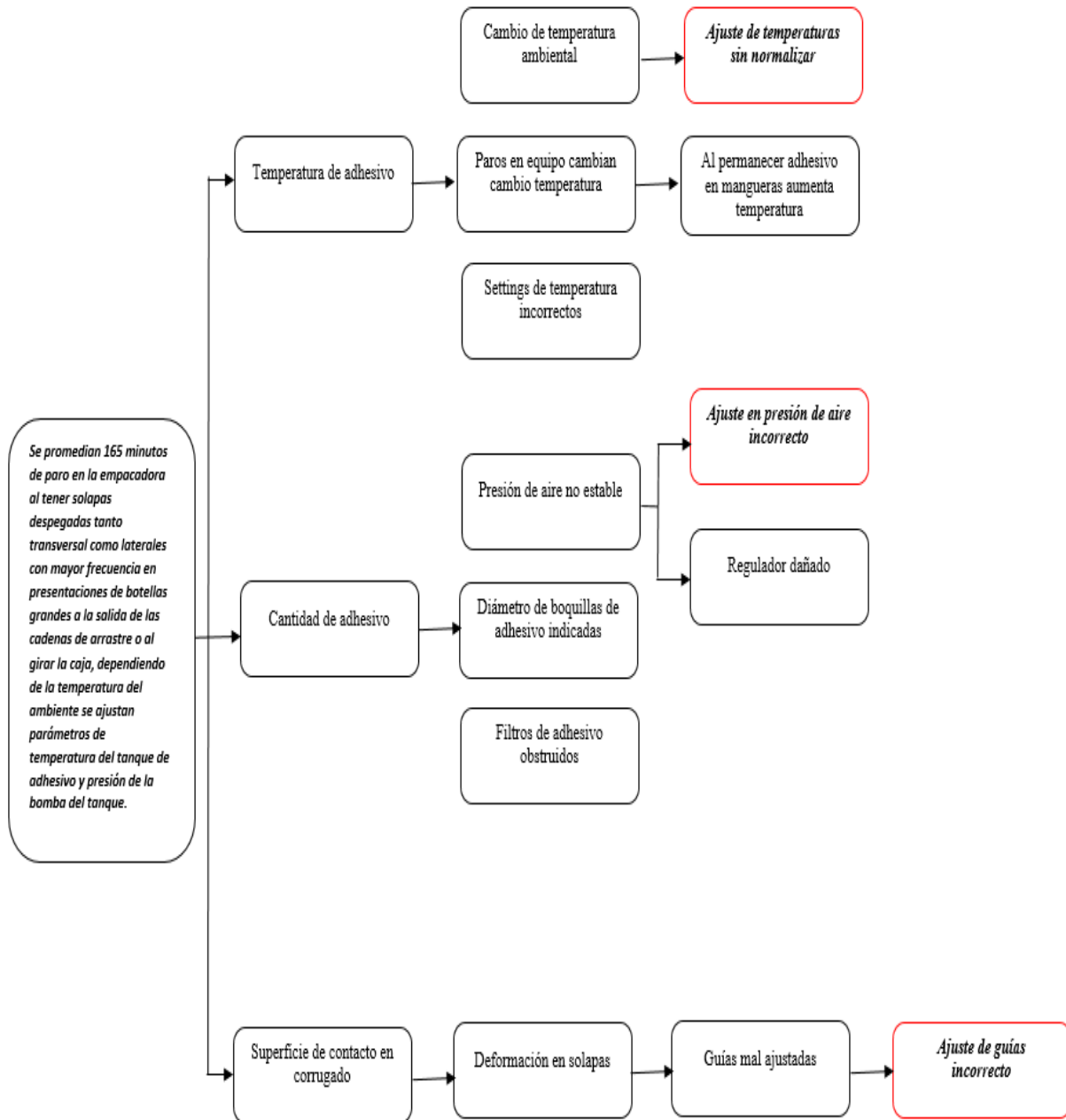
Para analizar las causas de la pérdida se utiliza el análisis por-qué por-qué basado en el TPS, óptimo para esta tarea ya que a través de una serie de cuestionamientos nos muestra los factores que intervienen en el pegado de solapa. Esta técnica analítica realiza la descripción del fenómeno observado a través de cuestionamientos, por medio de un RCA<sub>15</sub> para ordenar las respuestas, examinarlas, tomar las decisiones y realizar la comprobación de las mejoras propuestas. En todo el proyecto de mejora se consultan los datos recabados, los videos y fotografías documentadas, así como las notas realizadas.

##### **4.4.1 Análisis por qué – por qué pegado de solapa en la empacadora**

**Tabla 17. Análisis por qué - por qué**

<b>¿Que?</b>	Solapas despegadas.
<b>¿Donde?</b>	Solapa transversal o lateral en presentaciones grandes.
<b>¿Cuando?</b>	Al momento de salir de las cadenas de arrastre o al girar la caja a la salida de la empacadora.
<b>¿Quien?</b>	Depende de la temperatura ambiente o si la maquina estuvo para mucho tiempo detenida.
<b>¿Cual?</b>	Se promedian 157 minutos promedio mensual por esta causa.
<b>¿Como?</b>	Ajustando los parámetros del tanque de adhesivo con respecto a la temperatura, la presión de la bomba de adhesivo y ajuste de guías.

*Fuente. (5W=1H, pegado de solapa en la empacadora. 2021)*



**Figura 24. Análisis causa raíz**

Fuente. (Causas identificadas de la pérdida, pegado de solapa en la empacadora 2021)

Se describe el fenómeno de la siguiente manera. *Se promedian 165 minutos de paro en la empacadora, al tener solapas despegadas tanto transversal como laterales con mayor frecuencia en presentaciones de botellas grandes a la salida de las cadenas de arrastre o al girar la caja, dependiendo de la temperatura del ambiente se ajustan parámetros de temperatura del tanque de adhesivo y presión de la bomba del tanque.* Enseguida se describe los acontecimientos.

Las posibles causas identificadas dentro del RCA son:

- Ajuste de temperaturas sin normalizar
- Ajuste en presión de aire incorrecto
- Ajuste de guías incorrecto

El equipo de trabajo determina que estas son las posibles causas raíz, cabe mencionar que como en este caso se suelen identificar varias causas raíz, en otros casos se encuentra una sola causa raíz, esto depende de la complejidad del evento, desarrollo y precisión de la información, posteriormente se procede a verificar el funcionamiento correcto de los componentes que están involucrados en las causas raíz.

En el caso de las temperaturas se verifica que el funcionamiento del equipo de calentamiento del adhesivo funcione correctamente y se determina que el calentamiento en el tanque de adhesivo, en las mangueras de adhesivo y en las pistolas de aplicación de adhesivo es correcto, las temperaturas en las mangueras del adhesivo se pueden regular, así como la temperatura de operación, es decir la temperatura en el tanque del adhesivo.

Referente a la presión de aire se verifica el funcionamiento de los reguladores de presión de la bomba de adhesivo, así como la de alimentación de toda la máquina y están en condiciones normales de operación, ellas también se pueden regular por medio de los dispositivos reguladores de presión de aire.

Las guías dobladoras de solapa, tienen soportes para ajustarlas, sin embargo, no se emplean, solo cuando se llegan a desajustar.

En contraste a estos acontecimientos en el que los componentes funcionan correctamente, los ajustes de operación de las temperaturas en el tanque de adhesivo, en las mangueras de adhesivo y en las pistolas de aplicación no están normalizados, se detecta la misma situación en la regulación de aire

para la bomba de adhesivo no están normalizados y los ajustes en las guías laterales no cuentan con algún indicador también no están normalizados, todos estos ajustes deben de estar dentro los parámetros de los ajustes operacionales. A partir de estas observaciones se emplean los recursos necesarios para las actividades planeadas a continuación.

#### 4.5 Paso 4. Plan de mejora

Identificadas las áreas de oportunidad, el equipo de trabajo diseña las mejoras propuestas, tomando en cuenta todas las opiniones descritas por los integrantes del equipo de trabajo, se evalúan los recursos necesarios, los efectos no deseados y demás escenarios posibles. Gracias a estos aspectos se da lugar al intercambio de opiniones y las actividades se realizan según lo formulado sin contratiempos y en colaboración.

Se asignan las tareas de mejora a través de un gráfico Gantt para su correcta planeación, todas las actividades están de acuerdo con la metodología de la mejora enfocada, considerando la magnitud de la mejora, el objetivo y en consecuencia la importancia del seguimiento deseado para su cumplimiento en el plazo deseado, muestra el comportamiento de los componentes del proyecto, si las actividades están retrasadas o adelantadas.

**Tabla 18. Gráfico Gantt de mejoras propuestas**

GRÁFICO GANTT						Fecha de cumplimiento / Porcentaje avance			
Item	Cauza Raíz	Contramedida	Responsable	Fecha	Prioridad	20%	40%	80%	100%
1	Ajuste temperatura adhesivo sin normalizar	Generar tabla de ajuste / establecer límites	A.T.H	_/_/_	B				
2	Ajuste en bomba de adhesivo con presión incorrecta	Regular menor a los picos más bajos de curva de suministro PSI	D.A.C	_/_/_	A				
3	Ajuste de las guías de solapa incorrecto	Modificar soporte de guías para limitar ajustes	O.I.V.	_/_/_	A				

*Fuente. (Gantt, pegado de solapa en la empacadora. 2021)*

El Gráfico Gantt se atribuye al ingeniero estadounidense Henry Gantt, las propuestas se describen en el gráfico para este evento de mejora, de acuerdo a lo planeado por todo el equipo y con las áreas involucradas facilitan su realización, citadas a continuación:

*1 Normalizar la temperatura de operación del adhesivo y establecer límites a través de los ajustes operacionales.*

*2 Normalizar la presión de operación de la bomba de adhesivo y establecer límites a través de los ajustes operacionales.*

*3 Eliminar puntos de ajuste innecesario de las guías laterales a través de un Poka-Yoke que pertenece al TPS atribuido a Taiichi Ohno y es la detección de errores mecánicos para prevenir fallos y simplificar.*

Se evalúa el entorno y se observa si las medidas planeadas podrían intervenir en el funcionamiento del equipo, en los sistemas periféricos o hay algún cambio además de lo esperado. Para la elaboración de los documentos, formatos se debe contemplar el tiempo para desarrollar las ideas en el tiempo establecido, el seguimiento de la realización de las mejoras cuenta en cada caso con un responsable, todos en el equipo apoyan y colaboran para su implementación.

#### **4.6 Paso 5. Implementar las mejoras**

Posteriormente tomando en cuenta lo anterior y gracias al gráfico de Gantt se lleva a cabo lo planeado en las contramedidas, para las causas raíz identificadas. Se muestra el avance periódico de cada una de ellas con fechas establecidas y responsables, recordando que es un trabajo en equipo y en su caso todas las observaciones en este periodo son parte de la mejora.

Como se ha mostrado a través del evento, el implementar las mejoras requiere acciones planeadas para un buen resultado.

Entre otros recursos también se requieren de suministros tales como:

- Presupuesto para las modificaciones en el equipo
- Tiempo para la realización de pruebas y documentación
- Protocolos para su aceptación e implementación

Durante la realización de estos pasos para implementar las mejoras, se deben cuidar los recursos, el presupuesto empleado y el tiempo requerido.

Regularmente los fondos para la compra de materiales, servicios u otros derivados del plan de mejora y su implementación se toman de un presupuesto asignado al inicio del periodo contable destinado para las mejoras, en caso de no contar con este presupuesto es conveniente destinar este fondo en próximos periodos, para no incurrir en gastos no presupuestados.

En el caso del tiempo para la realización de pruebas, se debe de registrar como tiempo programado para no intervenir en la operación de acuerdo al plan de producción, se incluye en las pérdidas programadas, también se debe considerar el tiempo para generar los documentos, difundirlos y registrar todos los cambios operacionales.

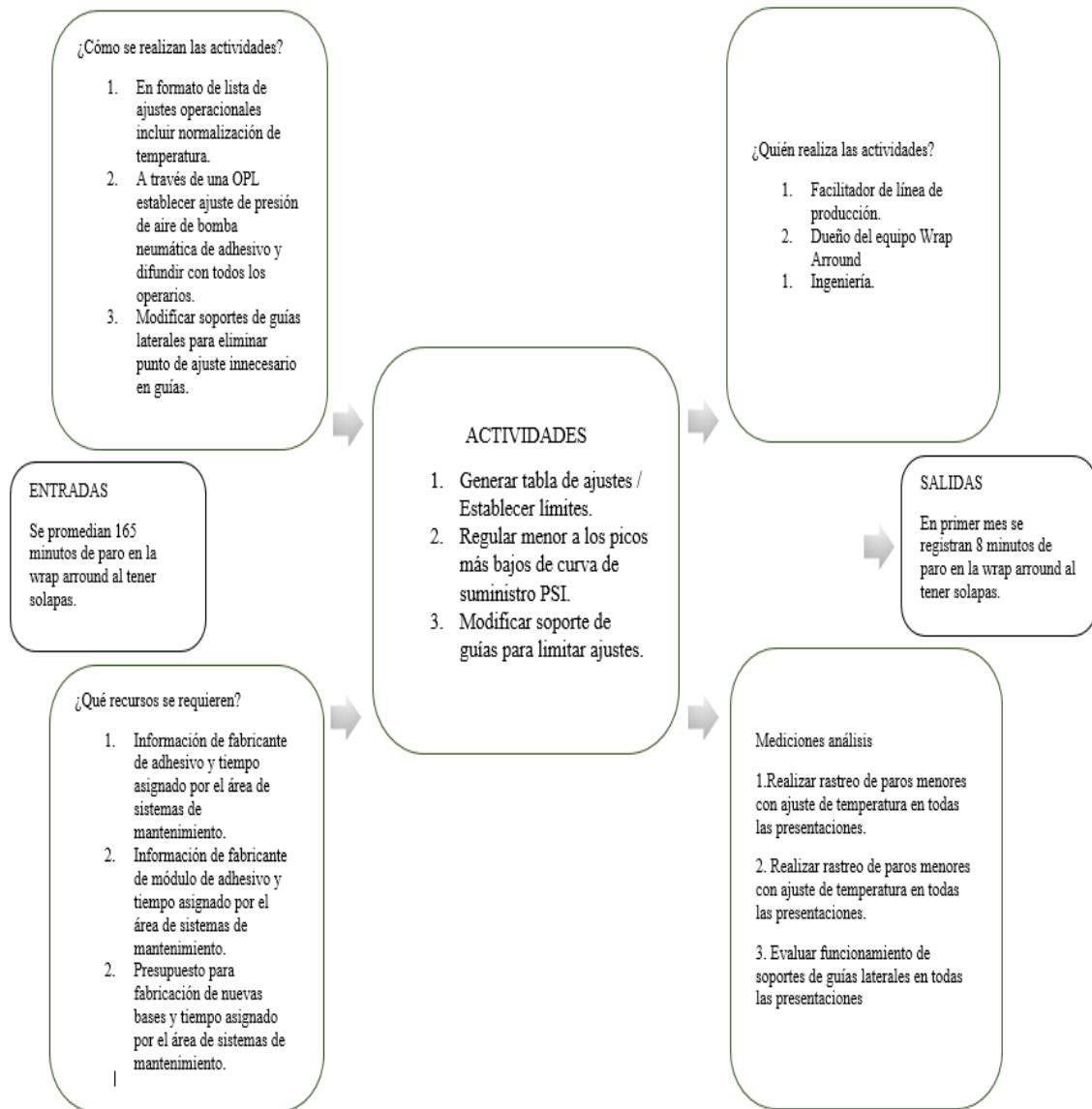
Generalmente en el caso del TPM el líder del pilar de mejoras enfocadas resguarda la información, además de las áreas involucradas, se transmite esta información efectivamente entre el personal operativo.

Hay situaciones en las cuales pueden surgir imprevistos, de los cuales en ningún lugar de trabajo se está exento, como fallo de proveedores, materiales, personal, entre otros, por lo cual el líder de la mejora debe de considerar estas situaciones que puedan entorpecer el evento de mejora en cuestión, se recomienda utilizar alguna herramienta para tomar en cuenta estos aspectos que a veces son imperceptibles.

Se realiza un esquema con un diagrama de tortuga, este nos ayuda a visualizar el entorno con un panorama amplio y realizar el plan de acuerdo a lo establecido para implementar las mejoras. En la parte central se muestran las actividades para el evento de mejora con respecto al pegado de solapa en la empacadora y en su entorno los aspectos relevantes que se deben de tener en cuenta para realizarlas, las entradas y salidas del proceso, cómo se ha mencionado anteriormente de acuerdo a la información con la que se alimenta esta herramienta, es decir que sea lo más detallada posible se obtendrán mejores resultados.

El esfuerzo y trabajo realizados por todos los colaboradores se verá en los resultados, utilizando los recursos asociados correctamente.

#### 4.6.1 Diagrama de tortuga



**Figura 25.** Diagrama de tortuga para evento de mejora enfocada en empacadora.

*Fuente.* Diagrama de tortuga pegado de solapa en la empacadora con actividades y recursos de las acciones realizadas. 2021.

#### **4.7 Paso 6. Chequear resultados**

La verificación de los resultados se realiza tomando en cuenta el punto de partida, en este caso el tiempo registrado en promedio de los cinco periodos anteriores al evento de mejora, en comparación con los meses subsecuentes después de haber implementado las mejoras identificadas, los periodos son mensuales.

También en este paso se evalúan cada una de las mejoras identificando y los posibles problemas que surgen en este periodo de verificación, además de los anticipados.

En las tres mejoras realizadas se revisa el desempeño en las diferentes presentaciones de empaque, con las aclaraciones en la operación de acuerdo a los cambios realizados, retomemos las mejoras realizadas;

*1 Normalizar la temperatura de operación del adhesivo y establecer límites a través de los ajustes operacionales.*

*2 Normalizar la presión de operación de la bomba de adhesivo y establecer límites a través de los ajustes operacionales.*

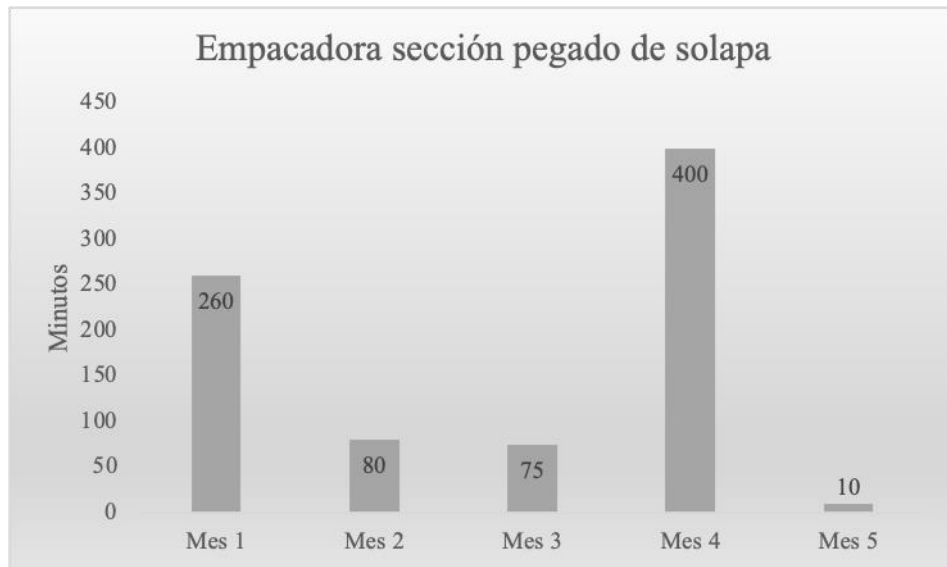
*3 Eliminar puntos de ajuste innecesario de las guías laterales a través de un Poka-Yoke que pertenece al TPS atribuido a Taiichi Ohno y es la detección de errores mecánicos para prevenir fallos y simplificar.*

Es importante mencionar que en este periodo de evaluación se toman las medidas precautorias necesarias con antelación, para que, en caso de surgir algún inconveniente, regresar a condiciones iniciales y volver a el análisis desde el paso número tres cómo lo indica la metodología.

Se debe contar con los ajustes anteriores del equipo, velocidades, temperaturas, presiones neumáticas etcétera, con todos los componentes, piezas o mecanismos que se hallan sustituido antes de las mejoras, en el caso de haber cambiado sistemas periféricos también tener la facilidad para regresarlos a las condiciones en las que estaban antes de las mejoras realizadas. El correcto resguardo de los datos es importante, teniendo en cuenta medidas y comportamiento de los sistemas periféricos, es de gran utilidad conservarlos en caso de no obtener los resultados deseados.

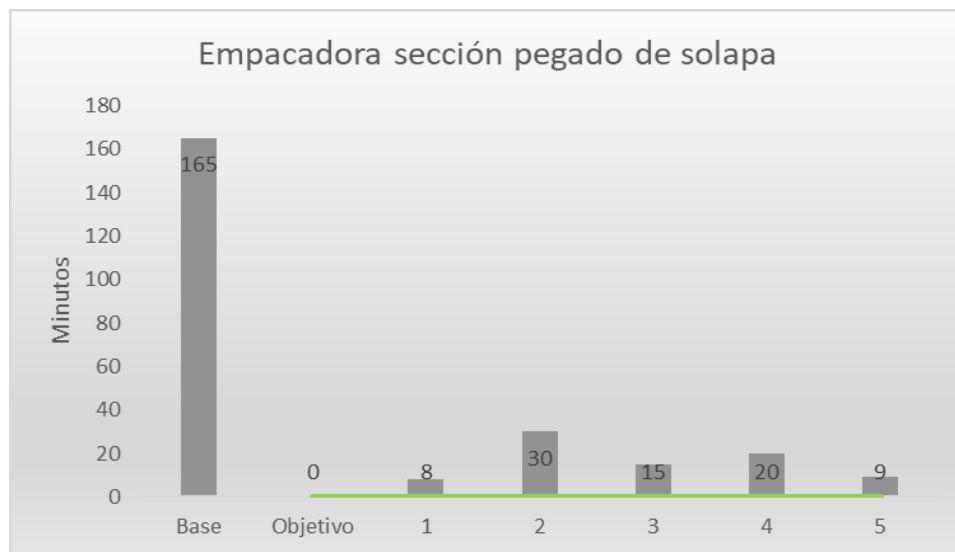
A continuación, se muestran los gráficos antes y después del evento de mejora con los tiempos respectivos.





**Figura 26** *Tiempo Improductivo en empacadora en sección pegado de solapa antes de evento de mejora*

*Fuente.* (Datos estadísticos para el análisis de la información, 2021)



**Figura 27.** *Tiempo Improductivo en empacadora en sección pegado de solapa después de evento de mejora*

*Fuente.* (Datos estadísticos para el análisis de la información, 2022).

A través de los datos se presentan los resultados para cuantificar la ganancia de las mejoras realizadas.

Los resultados obtenidos del evento de mejora en la empacadora en el área de pegado de solapa son los siguientes;

- *De los 165 minutos en promedio iniciales, de los cinco periodos registrados antes del evento de mejora, en los meses subsecuentes se registraron 08, 30, 15, 20 y 09 minutos correspondientes.*
- *Se registran 16,4 minutos en promedio después del evento de mejora orientada.*
- *Derivado de los resultados presentados, y de acuerdo al objetivo establecido en este trabajo se cumple la reducción del tiempo improductivo al menos un 75%.*

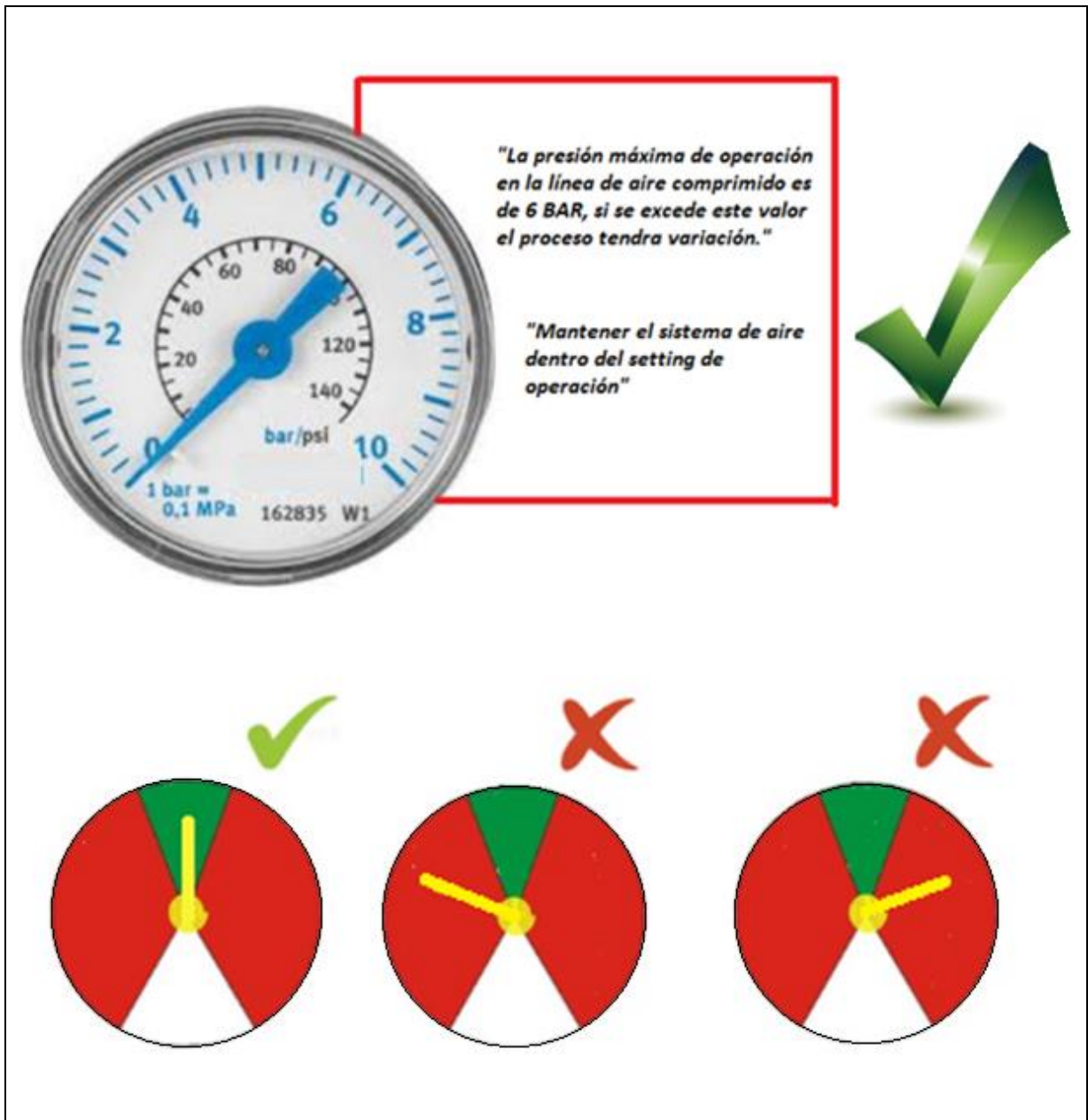
#### **4.8 Paso 7. Consolidar las ganancias.**

En este último paso se planea la estrategia para mantener los resultados obtenidos, y generar los documentos que ayuden a mantener la ganancia. Además de los resultados obtenidos de instancias iniciales, las ganancias se deben consolidar, esto es imprescindible ya que a pesar de que la tendencia es mejorar, los resultados pueden declinar en caso de no concretarlos correctamente.

Para esto se deben realizar revisiones periódicas y continuar con el programa de mantenimiento establecido por el área de eliminación de pérdidas en el lugar de trabajo o el área encargada de la mejora, se debe de dar un seguimiento puntual de los nuevos estándares a seguir para evitar afectaciones subsecuentes. Entre las acciones para consolidar las ganancias se incluye;

- Mantener actualizada la documentación en su lugar correspondiente.
- La normalización de los ajustes en la temperatura del adhesivo.
- La normalización de los ajustes de la presión neumática

Estos documentos incluyen la lista operacional y el cambio en los soportes en el historial de la empacadora, en sitios preferentes de tal manera que la comunicación de estos eventos sea efectiva y el reconocimiento al equipo de trabajo por los resultados obtenidos. A continuación, se muestra dos hojas de lección de un punto derivada del evento de mejora.



**Figura 28. Lección de un punto. Presión de operación**

*Fuente.* (OPL Regulación de aire en sistema neumático de equipo de acuerdo a especificación. 2021)



**Figura 29. Lección de un punto. Temperatura de operación**

*Fuente.* (OPL Temperatura de operación de acuerdo a especificación. 2021)

## 5 CAPÍTULO 5

### 5.1 Análisis de Resultados

Para el análisis de los resultados obtenidos, se toman en cuenta todos los aspectos cuantitativos y cualitativos que se consideren relevantes.

En este evento de mejora para realizar el análisis de los resultados se emplean las medidas de tendencia central en la estadística representativa, acerca del evento de mejora orientada conforme al estudio de la media, la varianza y el rango, además de los resultados presentados anteriormente, de los cuales obtenemos los siguientes resultados;

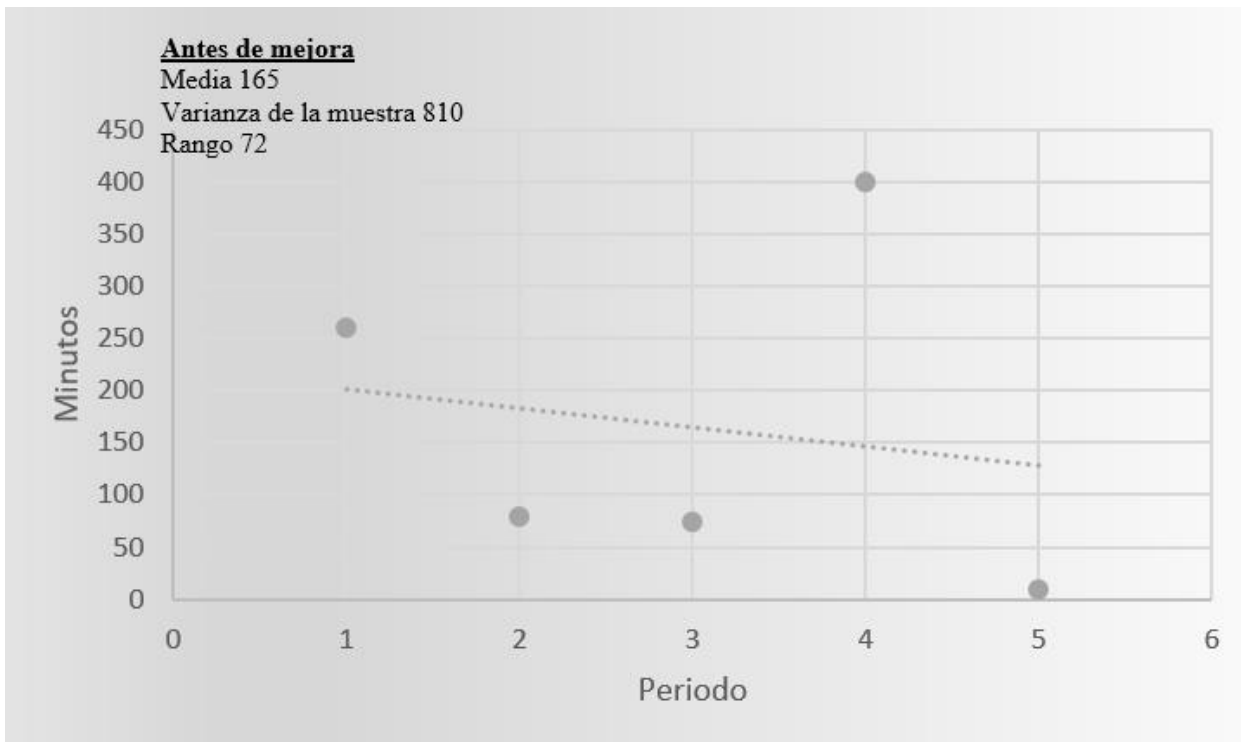
- *Con la mejora orientada y las herramientas utilizadas, se reduce el tiempo improductivo a 16,4 minutos mensuales en promedio después de implementarla, a comparación de los 165 minutos iniciales y se logra reducir más del 75% del tiempo establecido como objetivo.*
- *Se identifica que se deben controlar los ajustes del proceso de pegado de solapa, temperatura y presión neumática, se llevan a cabo las mejoras propuestas, además de eliminar las anomalías detectadas en el equipo.*
- *De acuerdo con las variables se muestra el análisis de regresión, con la correlación de las variables del proceso de pegado de solapa en la empacadora.*

Los resultados antes de la mejora enfocada son los siguientes;

- *Media de 165 minutos*
- *Varianza de 810 minutos, bastante alta con respecto a la media e indica gran dispersión en los periodos.*
- *Rango de 76 minutos.*

En el siguiente gráfico se muestran los resultados antes de la mejora.

**Tabla 19. Análisis de variables en regresión antes de evento de mejora**



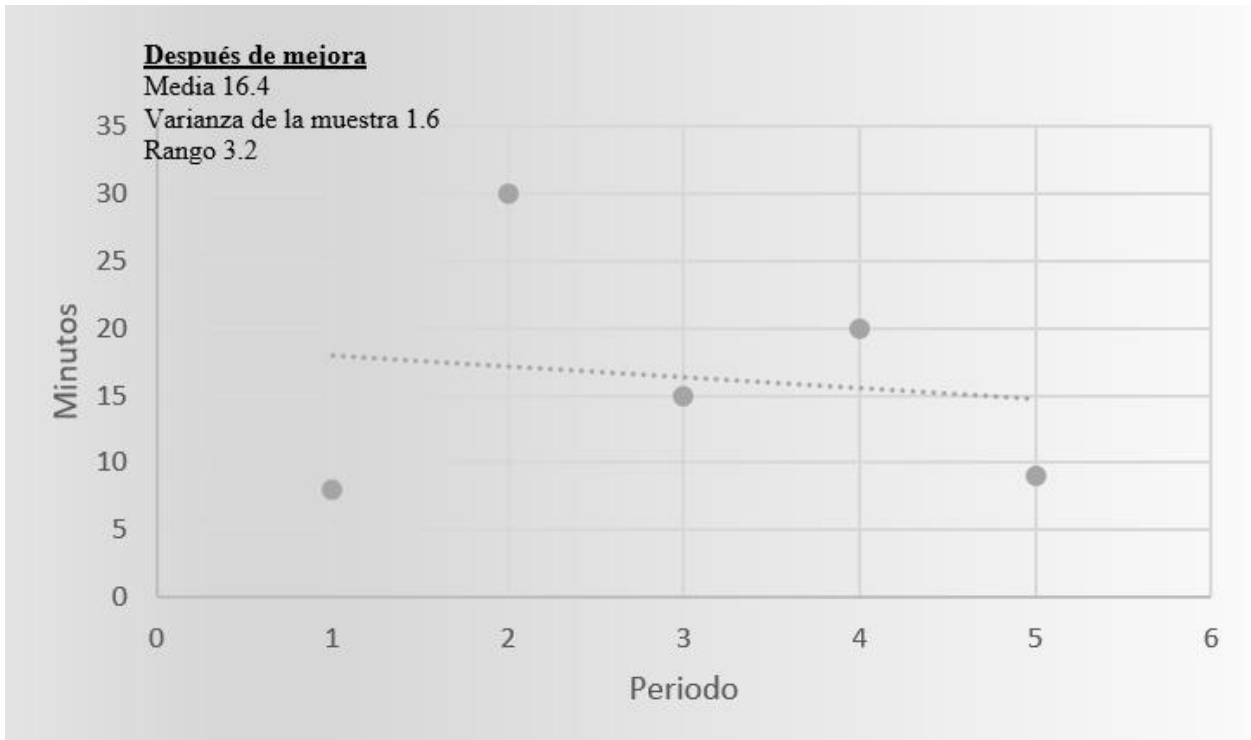
Fuente: Elaboración propia a través de inferir datos del antes y después, 2022.

Los resultados después de la mejora enfocada son los siguientes;

- **Media de 16.4 minutos**
- **Varianza de 1.6, más cercanos de la media e indica la mínima dispersión en los periodos.**
- **Rango de 3.2 minutos.**

En el siguiente gráfico se muestran los resultados después de la mejora.

**Tabla 20. Análisis de variables en regresión después de evento de mejora.**



Fuente: Elaboración propia a través de inferir datos del antes y después, 2022.

En las mejoras realizadas se pueden determinar los estándares a seguir con este análisis, es decir se puede determinar una media, varianza y rango de tolerancia, en caso contrario, nos pueden servir como indicadores y tomar las acciones correspondientes, realizar pronósticos de acuerdo a los objetivos deseados.

Por otra parte, se pueden integrar más variables dependientes, por ejemplo, paros por calidad, incidentes o paros menores, según la pérdida o desperdicio.

## 5.2 Conclusiones

Las herramientas utilizadas para el desarrollo de los eventos de mejora, convergen y se integran para su estructurara, los esfuerzos realizados se reflejan en los resultados de acuerdo a los objetivos establecidos, en este trabajo se emplea una mejora enfocada de acuerdo al TPM y conforme a los resultados el tiempo de pérdida, representa en el OEE un punto porcentual, es decir que si el objetivo del OEE es del 65% y en un mes obtenemos el 64%, al atender esta pérdida llegaríamos al objetivo deseado.

Se cuenta con gran variedad de metodologías, métodos y filosofías de mejora que podemos utilizar de acuerdo a los atributos y demás características del desperdicio o pérdida, algunos ejemplos son los siguientes:

- En el caso de realizar un evento de mejora relacionado con un cambio de formato, dentro de las herramientas utilizadas se apela por el sistema SMED<sub>16</sub> diseñado para este propósito relacionado a los cambios de formatos, otra esquematización como el diagrama de espagueti;
- En el caso de una pérdida por el proceso, se utiliza el mapeo de flujo de valor y convenientemente un diagrama de Ishikawa o diagrama SIPOC<sub>17</sub>;
- En las primeras pérdidas o desperdicios por defectos en la producción un Jidoka;
- En una avería un PDCA relacionado con Deming.

Entre muchos otros ejemplos estas metodologías y herramientas también conocidas en el Lean Manufacturing, el Six sigma, TOC<sub>18</sub> medios para la mejora, la misma Ingeniería Industrial en la cual se estudian estas herramientas y filosofías para mejorar sistemas.

---

16 SMED. Cambio de matriz en menos de 10 minutos

17 SIPOC. Proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes

18 TOC. Teoría de restricciones



Es relevante resaltar que las herramientas no son complejas, su esencia es que son simples para facilitar su realización, además de los recursos para su comprensión a través de entrenamientos y la práctica. Las mejoras pueden variar en el tiempo invertido, incluso en pequeñas mejoras diarias, el número de participantes en los eventos, una persona puede realizar una mejora, este aspecto es relevante ya que se sabe que las mejoras pequeñas como podría ser una lección de un punto o la implementación de las 5's, que es una mejora continua y pueden dar lugar a un cambio significativo y abrir brechas para otras mejoras, además de generar un entorno de trabajo saludable ya que se utilizan para solucionar pérdidas que se presentan en los procesos, innovando con diferentes alternativas por el trabajo en equipo, metas posibles y alcanzables.

Es recomendable aplicar las herramienta y metodologías de acuerdo a la característica de la pérdida o desperdicio, estableciendo alternativas, implementando los eventos de mejora y estandarizando. Evidentemente el llevar a cabo una metodología, es el aparato coercitivo para realizar los eventos de mejora, dando lugar a adoptar un nuevo sistema. En la actualidad con ayuda de los desarrollos tecnológicos como ERP<sup>19</sup>, el internet de las cosas, procesos automatizados con robots, manufactura aditiva, donde se optimiza la información a través de diferentes aplicaciones, se advierte un panorama bastante interesante. La mejora continua comprende grandes atributos, como se describe en este trabajo, el análisis, reconocimiento de problemas, el cambio para mejorar, intercambio de ideas, la discusión, trabajo en equipo entre otros, implementándolos en todos los niveles de la organización: en la administración, la gerencia y la gestión, en nuevos proyectos productivos.

Podemos concluir que lo importante es utilizar las herramientas y filosofías de mejora, llevar a cabo eventos y a través de la práctica lograr su afinación. La mejora continua es referente de empresas altamente eficaces a través de la historia, entre sus prácticas y características implementan en sus operaciones sistemas de mejoramiento y excelencia, sistemas de manufactura de clase mundial como el GME<sup>20</sup> o el WCM<sup>21</sup>, estos sistemas en su esencia implican el mejoramiento continuo, gran beneficio para la sustentabilidad en general.

---

19 ERP. Sistema de planificación de recursos empresariales

20 GME. Excelencia en la manufactura Global

21 WCM Manufactura de clase mundial

## 6 REFERENCIAS

### Bibliografía

- Alvarado Ramírez, K., & Pumisacho Álvaro, V. (2017). Prácticas de mejora continua, con enfoque Kaizen,. *Intangible Capital*, 479-497.
- Atehortua Tapias, Y. A., & Restrepo Correa, J. H. (2010). KAIZEN: UN CASO DE ESTUDIO. *Scientia et Technica*, 59-64.
- Barbosa Ramos, R., Ahumada Llanes, N., & Paola Gutiérrez, P. (2016). MÉTODOS Y FILOSOFÍA PARA LA MEJORA CONTINUA EN. *VINCULATEGICA EFAN*, 1521-1539.
- Chirinos, E., Rivero, E., & Mendez, E. (2010). El Kaizen como un sistema actual.... *Negotium*, 113-135.
- Cogollo Flórez, J. M., Zapa Pérez, E. R., Díez Aguirre, V., & Loaiza Orrego, O. (2018). Relación entre Kaizen y cultura laboral en sistemas productivos. *ESPACIOS*.
- Garzon Parra , J., Vélez Rodríguez, D., & Escobar Lozada, V. (2019). Kaizen como herramienta estratégica para la sostenibilidad en medianas empresas del sector industrial. *INGENIERIA INDUSTRIAL Universidad Santiago de Cali, Repositorio*.
- Hamrol, A., Ciszak, O., Legutko, S. L., & Mieczyslaw, J. (2018). *Advances in manufacturing*. Cham, Switzerland : Springer.
- Masaaki, I. (1989). *KAIZEN La clave de la ventaja competitiva japonesa*. México: PATRIA.
- Massaki, I. (2014). *GEMBA KAIZEN. UN ENFOQUE DE SENTIDO COMÚN PARA UNA ESTRATEGIA DE MEJORA CONTINUA*. Aravaca, Madrid: McGraw Hill.
- Máynez-Guaderrama, A. I., Cavazos-Arroyo, J., & Valles Monge, L. (2016). Transferencia de conocimiento dentro de la empresa: análisis de variables precursoras en un entorno lean-kaizen. *Nova scientia*.
- Nakajima, S. (1988). *INTRODUCTION TO TPM TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Ohno, T. (1991). *EL SISTEMA DE PRODUCCION TOYOTA Más allá de la producción a gran escala*. Torrazza Piemonte; Italia: Productivity Press.

- Olivarez-Maldonado, O., Kido-Miranda, J., Gerónimo-Rendón, L., & Hernández-Pastrana, V. (2016). Aplicación como estrategia del KAIZEN en la empresa “ópera form”. *Revista de Desarrollo Económico*, 7-13.
- Oropesa Vento, M., & García Alcaraz, J. (2014). Beneficios del Kaizen en la Industria. *CUBA INDUSTRIA* .
- Proaño Villavicencio, D. X., Gisbert Soler, V., & Pérez Bernabeu, E. (2017). METODOLOGÍA PARA ELABORAR UN PLAN DE MEJORA CONTINUA. *3C Empresa*, 50-56.
- Suárez-Barraza, M. F., & Miguel Dávila, J. Á. (2011). Implementación del Kaizen en México: un estudio exploratorio de una aproximación gerencial japonesa en el contexto latinoamericano. *Innovar*.
- Suzuki, T. (1995). *TPM EN INDUSTRIAS DE PROCESO*. Madrid; España: Productivity Press.
- W. Niebel, B., & Freivalds, A. (2007). *INGENIERÍA INDUSTRIAL Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D.F.: ALFAOMEGA.

## **Páginas en la World Wide Web (www)**

Diccionario de la lengua española (2022).

<https://dle.rae.es/>

Medina, J. (2022). TPM o Toyota Product Maintenance: qué es e implementación

<https://blog.toyota-forklifts.es/tpm-total-productive-maintenance-produccion-vs-mantenimiento>

Vaz, S. (2021). De las 5S a las 9

<https://es.linkedin.com/pulse/de-las-5s-9-silvestre-vaz-carrajo>

Medina, J. (2020). Ciclo PDCA: Una de las herramientas Lean básicas para la mejora

<https://blog.toyota-forklifts.es/ciclo-pdca-herramienta-lean-basica-para-mejorar>

Centro Nacional de Prevención de Desastres (2019). ¿Sabes qué es el Equipo de Protección Personal (EPP)?

<https://www.gob.mx/cenapred/articulos/sabes-que-es-el-equipo-de-proteccion-personal-epp>

Arce, J. (2015). Prevención a través de la Señalización NOM-003-SEGOB-2011

<https://www.cenapred.unam.mx/es/documentosWeb/Enaproc/Presentacionsena.pdf>

Uliana, F. (2020). Procedimiento LOTO (Bloqueo y Etiquetado) - "Detrás de una simple etiqueta o candado hay una vida que proteger..."

<https://es.linkedin.com/pulse/procedimiento-loto-bloqueo-y-etiquetado-detr%C3%A1s-de-una-uliana>

Diario Oficial de la Federación. (2020). PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-004-STPS-2020

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5611061&fecha=08/02/2021](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5611061&fecha=08/02/2021)

CDC. (2015) Hierarchy of Controls

<https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/>

## ACRÓNIMOS

**ASME:** american society of mechanical engineers

**CC:** *control de calidad*

**ERP:** enterprise resource planning

**GME:** global manufacturing excellence

**JIMP:** japan institute of plant maintenance

**LOTO:** logout tagout

**NIOSH:** national institute of occupational safety and health

**OEE:** overall equipment effectiveness

**OPL:** one-point lesson

**OSHA:** occupational safety and health administration

**PDCA:** plan, do, check, act

**PROY NOM:** proyecto de norma oficial mexicana

**RCA:** root cause analysis

**SIPOC:** suppliers, inputs, process, outputs, customers

**SMED:** single minute exchange of die

**TOC:** theory of constraints

**TPM:** total productive maintenance

**TPS:** toyota production system

**WCM:** world class manufacturing

**5S:** seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke

**5W=1H:** what? where? when? who? why? = how

## GLOSARIO

**Disponibilidad.** Es el tiempo de operación expresado como porcentaje del tiempo de calendario. Para calcular la disponibilidad, del tiempo de calendario se resta el tiempo perdido durante las paradas programadas (para mantenimiento planificado y ajustes de producción) y el tiempo perdido en paradas súbitas importantes (fallos de equipos y de proceso). Suzuki, T (1995).

**Eficacia global de la planta.** Es el producto de la disponibilidad, la tasa de rendimiento, y la tasa de calidad. Es un indicador global de la condición de una planta que toma en cuenta el tiempo de operación, el rendimiento y la calidad. Puede utilizarse para evaluar la eficacia con la que se utiliza la planta y se añade valor. Suzuki, T (1995).

**Método.** Modo de decir o hacer con orden. RAE. (2022).

**Metodología.** Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal. RAE. (2022).

**Procedimiento.** Método de ejecutar algunas cosas. RAE. (2022).

**Productividad.** Relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra, materiales, energía, etc. RAE. (2022).

**Tasa de calidad.** La tasa de calidad expresa la cantidad de producto aceptable (producción total menos producto de graduación baja, desecho y producto reprocesado expresada como un porcentaje de la producción total). Suzuki, T (1995).

**Tasa de rendimiento.** La tasa de rendimiento de una planta expresa la tasa de producción como porcentaje de la tasa de producción estándar. La tasa de producción estándar es equivalente a la capacidad de diseño de la planta y es la capacidad intrínseca de una planta particular. Puede expresarse como producción por hora (en tons) (t/h), o por día (t/d). La tasa de producción actual se expresa como medida. Para calcularla, se divide la producción real por el tiempo de operación. Suzuki, T (1995).

**Tiempo de calendario.** El tiempo calendario es el número de horas del calendario. Suzuki, T (1995).

**Tiempo de operación.** Tiempo de operación es el tiempo durante el cual opera una planta. Para calcular el tiempo de operación, hay que restar del tiempo de trabajo el tiempo que pierde la planta por las paradas de fallos del equipo o de procesos. Suzuki, T (1995).

**Tiempo de trabajo.** Es el número actual de horas que se espera que una planta esté operando en un mes o año. Para calcular el tiempo de trabajo, del tiempo de calendario se resta el tiempo de paradas planificadas para ajustes de producción o para servicio periódico como el mantenimiento planificado. Suzuki, T (1995).