



REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES.

TEMA:

Optimización del Proceso de la Gestión del Mantenimiento Industrial con la Metodología Word Class Manufacturing "WCM" de las líneas de envasado en una empresa de Morteros situada en el cantón Duran.

AUTOR:

ING. BRAVO SALINAS WALTER JAVIER

TUTOR:

MAE. BUCHELLI CARPIO LUIS ANGEL

MILAGRO- GUAYAS

2022-2023

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.
Fabricio Guevara Viejó, PhD.
RECTOR
Universidad Estatal de Milagro
Presente.

Yo, Walter Javier Bravo Salinas, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de integración curricular, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor, como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación Desarrollo Productivo, Maestría Producción concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de integración curricular en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, mayo del 2023



Firmado electrónicamente por:
**WALTER JAVIER
BRAVO SALINAS**

Walter Javier Bravo Salinas
CI: 0925858185

APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Buchelli Carpio Luis Ángel en mi calidad de tutor del trabajo de un Informe de Investigación, elaborado por el estudiante. Bravo Salinas Walter Javier, cuyo título es **Optimización del Proceso de la Gestión del Mantenimiento Industrial con la Metodología Word Clase Manufacturing “WCM” de las líneas de envasado en una empresa de morteros situada en el cantón Duran**, que aporta a la Línea de Investigación Desarrollo Productivo, Maestría Producción previo a la obtención del Título de Magister en producción y operaciones industriales; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso previa culminación de Trabajo de Titulación de la Universidad Estatal de Milagro.

Mayo del 2023

MAE. Buchelli Carpio Luis Ángel
C.I: 0917629933

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

Luego de realizar la revisión del Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título MAGISTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES. Presentado por el estudiante Bravo Salinas Walter Javier.

Con el tema de trabajo de **Optimización del Proceso de la Gestión del Mantenimiento Industrial con la Metodología Word Clase Manufacturing “WCM” de las líneas de envasado en una empresa de morteros situada en el cantón Duran.**

TRABAJO DE TITULACION	55.33
DEFENSA ORAL	35.33
PROMEDIO	90.67
EQUIVALENTE	Muy Bueno



Firmado electrónicamente por:
ARISTIDES REYES BACARDI

Mgtr. REYES BACARDI ARISTIDES
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por
JHONNY DARWIN ORTIZ MATA

Mgtr. ORTIZ MATA JHONNY DARWIN
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
EDGAR ITALO MENDOZA HARO

M.A.E. MENDOZA HARO EDGAR ITALO
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios nuestro creador quien me ha brindado salud y sabiduría para poder cumplir con cada una de las etapas durante el proceso de mi formación profesional.

A mi esposa Vannessa Holguín mi compañera y amiga que me acompañado en los momentos más importantes de mi vida y de quien he recibido su total amor, comprensión, apoyo en cada paso de mi vida personal y profesional.

A mis hijos Walter Javier y Walter Ángel, quienes son el motor de mi vida y son la fuente que me impulsa a seguir mejorando para el mejor ejemplo a seguir.

A mis padres quienes me han enseñado a ser una persona íntegra y a no desvanecer en ningún momento.

Walter Javier Bravo Salinas

AGRADECIMIENTO

Agradezco a cada una de las personas que de alguna manera me han brindado su apoyo, con palabras y acciones que me motivaron a continuar en este proceso de preparación profesional.

Agradezco a todos los catedráticos que, con sus conocimientos, fueron de gran aporte durante todo el proceso de la maestría, en donde se perfecciono aspectos relacionados a mi carrera profesional.

Walter Javier Bravo Salinas

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCION.....	1
1.1 Situación problemática.....	2
Causa – Efecto.....	3
1.2 Formulación del Problema	4
1.3 ¿Sistematización del Problema?	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos Especifico	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Planteamiento hipotético	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Estado del Arte	6
2.2 Bases teóricas	9
2.2.1 Diferencia de una herramienta de WCM, TPM Y RCM.....	10
2.2.2 Ventajas y Desventajas de la Aplicación de la Metodología.....	11
2.2.3 Que es WCM - Word Class Manufacturing	12
2.2.4 Diferencias entre LEAM y WCM.....	12
2.2.6.1 Mantenimiento Preventivo	20
2.2.6.2 Mantenimiento Condicional.....	21
2.2.6.3 Mantenimiento Sistemático	21
2.2.6.5 Mantenimiento Correctivo	22
2.2.6.6 Mantenimiento Predictivo	22
2.2.7 Comparación de los costos de los 3 sistemas de Mantenimiento.....	23
2.2.8 Técnicas de Mantenimiento Predictivo	24
2.2.9 Kaizen	26
2.2.10 Evolución del Mantenimiento Industrial.....	27
2.2.12 La Herramienta 5G.	36
2.2.13 La Herramienta 5W1H.....	37
2.2.14 Herramienta Diagrama de Ishikawa (Análisis de las 4 "M")	37

2.2.15 ¿Qué es el OEE?	38
3. MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1 Diseño de Metodología Investigación Aplicada	41
3.1.1. Investigación Aplicada.....	41
3.2 Población y muestra.....	42
3.3 Métodos y Técnicas	42
3.3.1 Histórico lógico	42
3.4 Aplicación de la Metodología	42
3.5 Selección de la Perdida	42
3.6 Selección del Grupo de Trabajo	43
3.7 Responsabilidades del Pilar.....	44
3.8 Responsables de los pilares y ejecución de los Proyecto.....	44
3.9 Establecer Indicadores KPI	44
3.10 Pilar “Cost Deployment”	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1 Resultados	52
4.1.1 Cronograma de Actividades Para Ejecutarse	53
4.1.2 Aplicación de la Herramienta Ruta Reducción de Averías.....	54
4.1.3 Identificación Tipo de Avería.....	54
4.1.4 Analizar los datos cronológicos y establecer indicadores.....	57
4.1.5 Efectuar el desarrollo de averías y hacer un análisis Pareto	57
4.1.6 Efectuar el desarrollo de averías y hacer un análisis Pareto	58
4.1.7 Reestablecer Condiciones Básicas.....	58
4.1.8 Registros de los carteles	59
4.1.9 Definición de estándares de limpieza	60
4.1.10 Plan de Lubricación	61
4.1.11 Atacar las averías Frecuentes	62
4.1.12 Establecer indicadores de Mantenimiento	62
4.1.13 Establecer Ficha de averías de Equipos	63
4.1.14 Efectuar el seguimiento constante de los resultados	64
4.1.1.5 Definir el Plan de Mantenimiento Preventivo	64
4.1.16 Resultados Esperados.....	65
4.1.17 Incremento del OEE de la planta año 2022.....	66
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES.....	71
Bibliografía	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Herramientas Seleccionadas.....	6
Tabla 2 Análisis TPM.....	10
Tabla 3 Análisis WCM.....	10
Tabla 4 Análisis TPM y RCM	11
Tabla 5 Cuadro comparativo con ventajas, limitaciones y condiciones empresariales	11
Tabla 6 Comparación de costos de mantenimiento.....	23
Tabla 7 Diseño Propio Tipos de Kaizen y Aplicación	27
Tabla 8 Miembros del equipo de trabajo	43
Tabla 9 Herramienta WCM	44
Tabla 10 Período de referencia 2020.....	45
Tabla 11	45
Tabla 12 Inversión técnicos de mantenimiento	46
Tabla 13 Tipos de pérdidas en planta	47
Tabla 14 Tablero de control de avance de cada herramienta.....	50
Tabla 15 Cronograma de Actividades	53
Tabla 16 Pasos de Ruta reducción de Averías	54
Tabla 17 Data colección de registro de eventos.....	56
Tabla 18 Matriz de registro de carteles de fallas del equipo.....	59
Tabla 19 Matriz de plan de LILA	60
Tabla 20 Matriz de plan de LILA	61
Tabla 21 Tabla de indicadores	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vinculación de Mantenimiento con las Gestiones de las empresas	19
Figura 2 Costos de mantenimiento	23
Figura 3 Fuga de aire en acople válvula 60 d.....	25
Figura 4 Ciclo de resolución de problemas	32
Figura 5 Aplicación de Seire	33
Figura 6 Aplicación Seitán	33
Figura 7 Plan de mantenimiento	34
Figura 8 Ahorro costo WCM.....	46
Figura 9 Ahorro y costo de Mantenimiento	46
Figura 10 Análisis de pérdida en planta	47
Figura 11 Metodología basada en herramientas de WCM.....	51
Figura 12 Diagrama de flujo actividades diseño propio	52
Figura 13 Data colección de registro de eventos	55
Figura 14 Hora y Frecuencia de Falla	57
Figura 15 Tipo de pérdida por área.....	57
Figura 16 Análisis de falla.....	58
Figura 17 Imagen colocar carteles	58
Figura 18 Tipo de pérdida por área.....	62
Figura 19 Tipo de fallas representada en cuadro de burbuja.....	63
Figura 20 Tipo de ficha de análisis de avería	63
Figura 21 Análisis de resultados	64
Figura 22 Análisis de resultados	64

RESUMEN

Este proyecto nació con la necesidad de reducir las paradas no programadas de las líneas de envasados y de mejorar el rendimiento de las líneas de envasado generando pérdidas a nivel de toneladas de producción, gastos de mantenimiento alto en correctivos e incumplimiento con la entrega del producto final al cliente. La metodología WCM su enfoque se basa para identificar cuáles son las herramientas más adecuadas que se ajuste a las necesidades de las empresas y poder sustentar los cambios a largo plazo, el cual mediante indicadores claves de gestión los Key Performance Indicators ayudan a monitorear los resultados de la empresa. Mediante la aplicación de herramientas de ingeniería como Pareto, 5” S”, Filosofía Kaizen, se realizó el análisis en una de las 4 líneas de envasado, siguiendo los pasos de la metodología como primer paso es conformar el equipo de trabajo con sus respectivas técnicas para aplicar el desarrollo de la metodología WCM. Se realizó el análisis de Pareto que permitió determinar las zonas más críticas que afectan al proceso y aplicar la metodología, en conjunto con el equipo de trabajo desarrollado, se elaboró el cronograma de trabajo, revisión del plan de mantenimiento y un plan de ejecución de predictivo a equipos críticos para garantizar la confiabilidad de los equipos de planta. Se redujo un 50% de las perdidas paradas no programadas, lograr aumentar el OEE de la planta a 5 puntos y los medidores de mantenimiento Mean Time Between Bailures y Mean Time to Repair. La implementación de la metodología Word Class Manufacturing “WCM” buscó métodos y herramientas de excelencia que permiten a quien lo implemente, generar ahorros de costos y siempre erradicando las perdidas industriales.

Palabras clave: Herramientas de Ingeniería, Producción, Mantenimiento, WCM, KPI.

ABSTRACT

This project was born with the need to reduce the unscheduled stops of the packaging lines and to improve the performance of the packaging lines generating losses at the level of tons of production, high maintenance costs in corrective and non-compliance with the delivery of the final product to the customer. The WCM methodology's approach is based on identifying the most appropriate tools that fit the company's needs and can support long-term changes, which through key management indicators (Key Performance Indicators) help to monitor the company's results. Through the application of engineering tools such as Pareto, 5 "S", Kaizen Philosophy, the analysis was carried out in one of the 4 packaging lines, following the steps of the methodology as the first step is to form the work team with their respective techniques to apply the development of the WCM methodology. A Pareto analysis was performed to determine the most critical areas that affect the process and to apply the methodology. Together with the work team developed, a work schedule was prepared, a maintenance plan was reviewed and a predictive execution plan for critical equipment was prepared to guarantee the reliability of the plant's equipment. A 50% reduction in unscheduled shutdown losses was achieved, the plant's OEE was increased to 5 points and the Mean Time Between Failures and Mean Time to Repair maintenance meters were increased. The implementation of the World Class Manufacturing "WCM" methodology sought methods and tools of excellence that allow those who implement it to generate cost savings and always eradicating industrial losses.

Keywords: Engineering Tools, Production, Maintenance, WCM, KPI.

INTRODUCCION

Las plantas industriales en los últimos años se han enfocado en la reducción de pérdidas y se encuentran en un proceso de mejora continua con gran importancia en la satisfacción de cumplir con la demanda del mercado debido a los grandes cambios y exigencias que se está dando a nivel de mundial, garantizando una calidad de su producto final hacia el cliente y las organizaciones buscando mayor rentabilidad.

A nivel mundial se ha tomado mucha relevancia la importancia de mejorar la gestión del mantenimiento industrial dentro del proceso productivo líneas de producción de las plantas industriales para aumentar la disponibilidad, rendimiento y calidad de la elaboración de sus productos final y el cuidado de sus activos físicos de la organización.

En el Ecuador, las plantas industriales se ven siendo afectados sus indicadores y sus bajo índices de cumplir con la demanda y la entrega del producto final, al no tener establecido metodologías y medidores KPI afectando directamente en sus líneas de producción y consecuente los objetivos de los departamentos y los de la empresa.

La provincia del Guayas Zona 5 es donde se centra la mayoría de las plantas industriales de gran escala, su metodología de gestión de mantenimiento industrial es ineficiente en sus actividades y otras empresas aun lo realizan de manera empírica/artesanal, influyendo directamente a paros imprevistos de las maquinas en las líneas de producción.

La demanda de mortero en los últimos años ha sido muy participativa en el mercado paso de una demanda del 60% al 85% lo cual se requiere una disponibilidad de los equipos para cumplir con la demanda del mercado. De tal forma las empresas industriales es necesario investigar y buscar nuevas oportunidades de mejoras innovadoras que permitan la fabricación continua de productos de calidad tomando en cuenta puntos críticos de control en lo que

respecta la elaboración de los productos final, la seguridad del trabajador y cumplir con la demanda del cliente.

Autores como Hayes y Wheelwright (1984), respecto al tema argumentan que el uso de técnicas de manufactura WCM de clase mundial en el proceso de manufactura brindará principios para mejorar las prácticas y técnicas que permitirán a cualquier empresa alcanzar la excelencia en el desempeño de la gestión empresarial.

Para el caso de estudio de empresas de fabricación de morteros Industriales, donde intervienen procesos de trituración de piedra, mezclado de productos, motores eléctricos, taller de mantenimiento, áreas de montaje y líneas de producción, que desea ser sostenida a nivel del tiempo, tiene que garantizar calidad, productividad en sus procesos y confiabilidad en sus activos físicos. En tal sentido, el desarrollo del trabajo propuesto se ha dividido en cuatro partes en donde se explica la problemática, se establecen los objetivos, se fundamenta la información con datos bibliográficos y de investigación, se estableció la metodología correspondiente, se analizó los resultados y propuesta de solución.

1.1 Situación problemática

La mayoría de las empresas industriales de gran escala por su gran demanda de fabricación de productos se torna muy difícil lograr y cumplir al 100% los mantenimientos preventivos programados y simplemente están esperando que la falla ocurra para intervenir en su reparación o cambio y es ahí donde se comienza a presentar los problemas, las paradas no programadas y los costos fuera de presupuestos.

Uno de los constantes problemas que viven las industrias son las constantes paradas en las líneas de envasado, debido a que no existe una metodología de mejorar el proceso de la gestión del mantenimiento industrial, lo cual genera una baja disponibilidad de la línea.

Ante este hecho la disponibilidad de los equipos se reduce y el rendimiento de las líneas de producción se viera afectada la producción y el retraso de entrega del producto final a logística. Los indicadores se vieran afectados Mean Time Between Failures “MTBF” y Mean Time to Repair “MTTR” y el OEE de la planta. Se tendría pérdidas, por cada hora que se para el proceso con un costo aprox de \$4820 y adicional por cada 4 horas que para el proceso tendría un impacto de 1 punto de reducción al OEE reduciendo su eficiencia de planta. Las posibles causas son las siguientes:

Causa – Efecto

En las plantas industriales de la provincia del Guayas la falta de metodologías de la gestión del mantenimiento industrial afecta al proceso de la producción y la calidad del producto, influyendo en los tiempos de producción, incrementando 9% de los costos de mantenimiento correctivos y generando atrasos en las entregas del producto final con un 17% de pérdidas de ventas con un impacto en la rentabilidad de la empresa.

Causa 1: La avería o falla puede aparecer en el momento más inoportuno de la producción.

Causa 2: Falta de implementación de indicadores de mantenimiento y mejorar la ruta de inspección de equipos.

Causa 3: Retrasos en la entrega del producto al consumidor final.

Efectos:

Efecto 1: Pérdidas de la fabricación del producto final y bajo rendimiento de las líneas de producción.

Efecto 2: Indicadores muy bajos, altos costos de mantenimiento correctivo que están fuera del presupuesto.

Efecto 3: Altos costos operativo, reducción de las ventas.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo se reducirá las paradas no programadas con la optimización del proceso de la gestión del mantenimiento industrial de las líneas de envasado en una empresa de Morteros situada en el cantón Durán?

1.3 ¿Sistematización del Problema?

¿Cuál es la situación actual de la gestión del mantenimiento industrial sobre las paradas no planificadas en la línea de envasado.

¿En qué consiste la metodología empleada en el proceso productivo para reducir las fallas?

¿Cuáles son las condiciones básicas de las maquinarias detalladas en el plan de rutas de inspección de los equipos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseño de una metodología de gestión de mantenimiento industrial para la reducción de paradas no planificadas en la línea de envasado.

1.3.2 Objetivos Especifico

Realizar un diagnóstico de la situación actual de la gestión del mantenimiento industrial sobre las paradas no planificadas en la línea de envasado.

Validar la metodología adecuada para la mejora del proceso productivo y su impacto en la reducción de fallas con indicadores de la gestión del mantenimiento industrial.

Evaluar las condiciones básicas de las maquinarias y mejorar el plan de rutas de inspección de los equipos.

1.4 Justificación

La aplicación de la metodología de mantenimiento industrial permite plantas más confiables con indicadores de clase mundial que permite tomar mejores decisiones y acciones,

con la elaboración del análisis de ruta de reducción de averías y del plan de Mantenimiento, lo que permitirá reducir las fallas crónicas y esporádicas que ocasionan daños y pérdidas en las líneas de producción de envasado (“las fallas de los equipos siempre van existir lo que se busca con la metodología es reducir al mínimo”), reducción al impacto de medio ambiente y el cumplimiento de las normas de seguridad.

Se reduce en un 50% las paradas no programadas tener un indicador de OEE del 83% de la organización (eficiencia de la planta) se mejora la satisfacción de los requerimientos de los clientes interno y externo debido a la entrega de productos de calidad, en el lugar, en el momento y al costo adecuado que permite con el cumplimiento de los planes de producción.

La mejora a la confiabilidad de los equipos permite la reducción de los costos de mantenimiento asociados a los costos por pérdidas de calidad en el producto y los costos por pérdidas de producción, atribuidas al mal funcionamiento de los activos físicos.

La presente investigación servirá para reducir los tiempos de paradas no planificados el cual afianza los conocimientos teóricos/prácticos, sobre la empresa, en los operarios y trabajadores y servirá como capacitación y/o entrenamiento del personal de mantenimiento a la hora de realizar las actividades de rutas de inspección de equipos, a los operarios de producción a realizar el mantenimiento autónomo en sus equipos al arranque de las líneas y análisis de averías mediante herramientas de ingeniería como Kaizen, Hoja OPL (lección de un punto).

1.5 Planteamiento hipotético

Las reducciones de las paradas no programadas se reducirán con la optimización del proceso de la gestión del mantenimiento industrial de las líneas de envasado en una empresa de Morteros situada en el cantón Durán.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte

“Diseño de un método para generar planes de mantenimiento mediante la integración de RCM, WCM y Lean Manufacturing para los procesos de trefilado” (Pérez, Castiblanco y Mateo, 2020).

El estudio se enfoca en empresas de la industria siderúrgica colombiana y una empresa mexicana dedicada al trefilado de alambón en el periodo del 22/11/2016 al 31/01/18presentó paros por averías en sus equipos con un índice de 87.83% del total de maquinaria, loque se ha reflejado en la rentabilidad de la misma. En esta organización el mantenimiento se ha desarrollado por personal que cuenta con experiencia en el área, esto ha ocasionado paradigmas al llevar a cabo adecuadamente las tareas de mantenimiento. Selección de herramientas de RCM, WCM y Lean Manufacturing para el diseño de la metodología.

Por otra parte, considerando que las metodologías RCM, WCM y Lean Manufacturing contienen herramientas que combinadas pueden ofrecer resultados satisfactorios para los procesos que desarrollan las empresas del sector del acero. A continuación se presenta la clasificación de las herramientas seleccionadas como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 Herramientas Seleccionadas

Lean Manufacturing	WCM	RCM
• Las 5s	•AM Mantenimiento autónomo	• PMA: Programas de mantenimiento actuales
• Sistemas SMED	•PM Mantenimiento profesional	• DFP: Diagrama de flujo del proceso
• Sistemas TPM	•PD Desarrollo de las personas	• AMEF: Análisis de modos y efectos de fallas
		• RHF: Registros históricos de fallas

Las herramientas para el estudio de los métodos RCM, WCM y lean Manufacturing en diversos procesos productivos permiten identificar y seleccionar un conjunto de herramientas para desarrollar el método como base para la creación de planes de mantenimiento específicos en los procesos de la empresa. El desarrollo de cinco pasos presentado se basa en el desarrollo de una metodología que integra el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), la Manufactura de Clase Mundial (WCM) y la Manufactura Esbelta para crear una planificación de Mantenimiento que se aplica a los procesos de trefilado, especialmente en una empresa siderúrgica mexicana. En las etapas de empatía, definición y presentación identifica los principales problemas en el proceso productivo del acero de las empresas colombianas y mexicanas, propone alternativas en función de las necesidades y realidades, teniendo en cuenta los indicadores clave de desempeño (KPI) esperados).

Un estudio realizado sobre aplicaciones del modelo World Class Manufacturing en una planta de producción de tapones de plástico (Torres J. , 2018).

Este proyecto ha sido desarrollado tras emplear mi primer año como becario en la planta de producción de tapones de plástico Tetrapak Closures Spain, el objetivo principal del mismo se basa en mostrar distintas aplicaciones del modelo organizativo World Class Manufacturing (WCM), modelo que abarca a todos los ámbitos, incluido el personal de la empresa, y cuya premisa es la erradicación de todo tipo de pérdidas producidas en la planta. La primera de las aplicaciones que se expone en este proyecto consiste en un profundo estudio de la evolución del pilar de Focus Improvement & Costs, uno de los pilares fundamentales bajo los que se compone el WCM. En este estudio se mostrará la hoja de ruta marcada desde su inicio, las actividades llevadas a cabo, los resultados obtenidos, etc. En la segunda de las aplicaciones se expondrá un caso de un equipo de mejora, en el cual fui partícipe del desarrollo y ejecución del mismo, cuyo objetivo principal fue la reducción del tiempo empleado en la puesta a punto de la línea tras un cambio de color del tapón a producir. El desarrollo de esta segunda explicación

viene marcado por los pasos bajo los que se compone la metodología usada en la planta para equipos de mejora de este tipo.

(Mariño, 2022) realizó una propuesta de mejora del proceso productivo en la línea de envasado de helados de una compañía ubicada en la ciudad de Guayaquil aplicando herramientas de World Class Manufacturing.

La investigación se desarrolló en una compañía de helados de Guayaquil, en la línea extrusora, donde existen pérdidas originadas por actividades sin valor y desperdicios en las etapas de producción. Se plantea el plan de mejora, mediante uso de herramientas de World Class Manufacturing. Se emplea cálculos estadísticos cuantitativos y cualitativos que analizan las variables científicas /técnicas del proceso. Luego del análisis de la situación actual y los estudios, se ejecuta el análisis FODA de la compañía, los problemas observados tienen el impacto económico de \$188425,20. La estrategia se enfoca en herramientas como: Kaizen, estándar de procedimiento operacional y profesional, Smed. La propuesta requiere la inversión de \$10280. Se realiza el cálculo del VAN/TIR siendo viable. Se calcula el Costo/Beneficio siendo 1.65 esto indica que por cada dólar invertido la ganancia es de \$0.65. Se recomienda mantener los estudios de proceso, capacitaciones y expandir el uso de las herramientas WCM.

Mejora de la eficiencia global de los equipos en líneas de envasado usando metodología TPM en industria de productos lácteos fue un trabajo realizado por (Inga, 2017).

Mantener y mejorar el OEE de los equipos resulta un factor importante para que las empresas puedan mantener o progresar su posición en el mercado, así como aumentar la rentabilidad de la compañía. Considerando que la empresa persigue objetivos de expansión, alto nivel de servicio y calidad garantizada es vital que se preste atención al OEE de sus equipos. Asimismo, la empresa está buscando la excelencia operacional con el uso de los principios de TPM, para esto está planificado trabajar con 6 pilares: Mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado, mantenimiento de la calidad, mejora enfocada, entrenamiento y

seguridad. Este trabajo busca determinar el impacto en términos OEE (disponibilidad, eficiencia, calidad) de un programa TPM. Del mismo modo, tiene como objetivos específicos determinar el OEE actual en las líneas Nano 2 y 3, determinación la evolución de eficiencia de la empresa en las áreas estudiadas mediante el OEE, comprobar que los pilares de mantenimiento autónomo (MA) y educación y entrenamiento (E&E) de TPM tienen una mayor influencia en el OEE y validar que la mayoría de factores de éxito son necesarios para lograr mejoras en términos de OEE. Según los resultados mostrados, no existe evidencia estadística para afirmar que hubo variación en el OEE en ninguna línea. No obstante, es importante señalar que las causas guardan una estrecha relación a factores externos a esta implementación, como es el caso de defectos en los insumos y horas de capacitación. Por otro lado, con respecto al factor disponibilidad, presentó un ligero descenso en ambas líneas (Línea Nano 2: de 82.7% a 89.2%, Línea Nano 3: de 77.4% a 80.7%). En la intervención se incluyó la capacitación del personal para implementar TPM, estas intervenciones impactaron el factor disponibilidad debido a que antes no se contaba con este tipo de paradas programadas. Por su parte el rendimiento aumentó en consistentemente en ambas líneas (Línea Nano 2: de 77.4% a 70.1%, Línea Nano 3: de 65.9% a 56.9%), siendo esto evidencia de las actividades realizadas por el pilar de mantenimiento autónomo. El factor calidad no presentó variaciones considerables entre la línea base y la post-intervención.

2.2 Bases teóricas

El presente trabajo de investigación comprende los diferentes métodos de estudio y tipo de técnicas teóricos/prácticos de la gestión del mantenimiento industrial con metodologías como WCM, TPM, RCM y herramientas de ingeniería se han evaluado y definido las mejores técnicas para obtener los mejores resultados de incremento de la confiabilidad de las máquinas y el rendimiento en el proceso de las líneas de envasado de producción.

2.2.1 Diferencia de una herramienta de WCM, TPM Y RCM

Se describe un análisis comparativo de diferentes métodos del mantenimiento de acuerdo con sus estándares y criterios establecidos para una comprensión más profunda del mantenimiento reactivo, proactivo y especializado.

Tabla 2 Análisis TPM

Compromiso alta gerencia	Reducción paros de maquinas	Reducción de costo de producción	Estándares de seguridad industrial y medio ambiente	Mejoramiento de la calidad del producto final
TPM TPM es una metodología que busca la mejora continua del proceso productivo donde involucra a todo el personal de la organización. (TPM, 2009)	Busca reducir los paros de máquinas: -Capacitación y entrenamiento al personal. -Mejoras enfocadas al proceso. -Mantenimiento Autónomo. -Mantenimiento Planificado. (Susuki, 1996)	Con una buena planificación de las paradas de mantenimiento se tiene un mayor control en los recursos y la efectividad del proceso. Se busca erradicar y corregir la falla, teniendo mayor eficiencia, mejores estándares de productividad y más rentabilidad de las utilidades. (Willmott, et al., 2001)	Se enfoca en la reducción de riesgos creando un ambiente de cultura de seguridad en toda la organización, aplicando herramientas visuales y capacitaciones. Esta técnica de las 5"S" busca fomentar un cambio de cultura a través del personal con la finalidad de reducir riesgo, tiempos en buscar las cosas y ser más ágiles en el proceso. (wilmontt, et al 2001).	La calidad del producto mejora a partir de los controles que existen en el proceso y maquinas, el entrenamiento del personal de planta, manteniendo y mejorando las relaciones con los proveedores y satisfaciendo al cliente con lo que necesita y en el tiempo que lo necesita. (wilmontt, et al 2001).

Tabla 3 Análisis WCM

Compromiso alta gerencia	Reducción paros de máquinas no programados	Reducción de costo de producción	Estándares de seguridad industrial y medio ambiente	mejoramiento de la calidad del producto final
WCM Exige un cambio de cultura y de actitud en la organización. Se requiere alto niveles de planeación y un nivel gerencial de mantenimiento. Se orienta hacia objetivos fijados y busca desarrollar oportunidades de mejoras. Se enfoca en la reducción de pérdidas que afecten el proceso.- (Mora,2008)	Se definen indicadores y objetivos en un periodo de tiempo. Ayuda a mejorar las prácticas y proceso de mantenimiento y prevenir las fallas.	Se realiza un sistema de análisis de pérdidas para atacar los verdaderos costos.	Se enfoca en los controles internos para verificar el impacto de la producción en el medio ambiente. Identificar los riesgos que pueden afectar con la seguridad del empleado.	El objetivo base es de cumplir con la satisfacción del cliente, el cual mantenimiento busca cumplir con su cliente interno los requerimiento de producción. Garantizar la calidad del producto bajo las normas internacionales exigidas.

Tabla 4 Análisis TPM y RCM

	Compromiso alta gerencia	Reducción paros de máquinas no programados	Reducción de costo de producción	Estándares de seguridad industrial y medio ambiente	mejoramiento de la calidad del producto final
TPM Y RCM	Al igual que TPM Y RCM es la combinación de las dos técnicas es un nivel de gestión que compromete a toda la organización.	El TPM hace énfasis al uso del mantenimiento preventivo mientras que RCM lo complementa con el mantenimiento predictivo ayudando a actuar a través del análisis de modo de falla.	La combinación de ambas técnicas logra reducir las fallas que afectan el proceso productivo, reduciendo costos y mejoras en el proceso.	Se crea una cultura de prevención de riesgos mediante el análisis de las técnicas RCM.	La combinación de ambas técnicas son claves para garantizar confiabilidad en la organización, en la gestión del mantenimiento, mejorando los procesos de la planta y el producto final.

2.2.2 Ventajas y Desventajas de la Aplicación de la Metodología

Tabla 5 Cuadro comparativo con ventajas, limitaciones y condiciones empresariales

	Ventajas	Limitaciones	Condiciones organizacionales
TPM	El resultado de un buen mantenimiento es menores costos y mayores ganancias. Al tener equipos más limpios y ordenados, es más fácil detectar errores. Los operadores conocen mejor el funcionamiento de sus dispositivos, lo que les permite detectar las anomalías que se presentan y poder corregirlas en primer lugar.	Su implementación es un alto costo y una gran cosa como cambiar la cultura de la organización. El proceso es largo y puede llevar más de dos años esperar los resultados si la metodología ha sido aplicada correctamente.	El TPM está dirigido a empresas con serios problemas en el manejo del RRHH de producción, mantenimiento y deficiencias en el clima organizacional.
WCM	Utilice herramientas como benchmark comparativa para reducir costos y mejorar la productividad y la competitividad. Siempre está buscando formas de mantener un proceso de mejora continua. Es practica y medible.	Es una metodología que se obtiene resultados a largo plazo. Debe ser aplicada en organizaciones que tenga un buen equilibrio de cultura organizacional, si es aplicada correctamente puede llegar a 1.5 año su implementación.	Es aplicable en multinacionales que se hagan énfasis en leyes de clase mundial. Llevar a cabo un proyecto WCM no es posible si las preguntas que se hacen en fabricación son ¿cuántas toneladas? ¿quién daño la máquina?, son cuestiones que no agregan valor que no resuelven problemas. Las cuestiones que importan son saber cuáles son las máquinas críticas, donde está el coello de botella Why-Why Analysis. Forma al personal con una visión futura en donde los operarios son los lideres de la herramienta. Se centra en acciones prácticas y deja lo necesario para la documentación escrita.

2.2.3 Que es WCM - Word Class Manufacturing

WCM es un acrónimo de World Class Manufacturing, una filosofía empresarial centrada en la mejora continua y la excelencia de resultados. (Hayes y Wheelwright 1984).

Hayes y Wheelwright utilizaron por primera vez el término fabricación de clase mundial en su trabajo. “Restoring our competitive Edge: Competin Through Manufacturer” estudió la pérdida de competitividad de Japón y Alemania en varios sectores industriales estadounidenses, descubriendo que hay mucho en común. De este estudio surge un conjunto de prácticas que deben comenzar las empresas americanas para alcanzar el liderazgo a nivel mundial. Hayes y Wheelwright identifican seis perspectivas claves a desplegar para lograr ser una empresa WCM, ser más rentable que los competidores, contratación y retención del mejor personal, desarrollo del personal de ingeniería, respuesta rápida a cambios del mercado, enfoque de ingeniería para el producto y proceso y la mejora continua.

La diferencia entre LEAN o TPS y WCM, después de estudiar la historia y los métodos japoneses (el origen de Japón significa 5 técnicas de mejora de la productividad), se puede sacar la siguiente conclusión sobre las diferencias y similitudes entre los sistemas TPS o LEAN y WCM. (Pérez, 2019)

2.2.4 Diferencias entre LEAM y WCM

Tanto Lean Manufacturing como el Word Class Manufacturing se basan en los mismos métodos, tecnologías o filosofías mencionadas anteriormente como son Total Quality Management, TPM y JIT que permiten aumentar la productividad y ayudar a las empresas. La empresa practica los principios de mejora continua, compromiso de los empleados y liderazgo. Dado lo anterior, podemos decir que LEAN y WCM tienen conceptos similares, pero aún existen algunas diferencias importantes. (Pérez, 2019).

El WCM toma en consideración conceptos de los Programas:

- TQC - Total Quality Control
- TPM - Total Productive Maintenance
- TIE - Total Industrial Engineering
- Lean (JIT, etc.).
- Six Sigma

En el nuevo siglo XXI, ha habido un desarrollo de WCM convirtiendo en un modelo más integrado para mejorar todas las operaciones de producción y logística que permite aplicar la mejora continua de factores claves como: calidad, productividad, seguridad y entrega al cliente (Silvia, 2022).

LEAN, puede describirse como el producto principal japonés del sistema de organización de la producción y se considera el resultado de todas las mejoras japonesas al modelo occidental debido a los valores morales de la sociedad Japan Association (Japón). Es proporcionado principalmente por Toyota.

WCM, es el resultado de adaptar métodos y conceptos japoneses a empresas occidentales. Ambos se basan en los mismos métodos de gestión y organización de la producción (TPM y JIT) y los principios de mejora continua que involucran a los empleados y la dirección. Sin embargo, hay algunas diferencias, a saber:

LEAN, comienza con el desarrollo de un sistema JIT y se integra gradualmente con otras tecnologías, etc., mientras que WCM se basa en el TPM.

Tanto WCM como LEAN buscan continuamente alcanzar la máxima eficiencia en la producción, pero cada uno con un enfoque diferente. Mientras que WCM y la cultura capitalista de occidente se centra tanto en la efectividad de la fabricación del producto como en aprovechar dicha efectividad como ventaja. Enfocándose en sus 6 tipos de pérdidas (Pérez, 2019):

- Pérdidas por averías
- Tiempo de cambio producto/formato
- Por pequeñas paradas o micro paradas
- Reducciones de velocidad
- Tiempos de Arranque
- Tiempos de Parada

LEAN, se centra en la eficiencia de la planta y con ello en los recursos. LEAN trabaja en la eliminación de los 7 desperdicios: (Pérez, 2019).

- Pérdidas por sobreproducción
- Producir piezas defectuosas
- Transporte de material
- Sobre inventario
- Reproceso
- Tiempo de espera
- Movimiento innecesario

2.2.5 Características de un Sistema de Manufactura de Clase Mundial WCM

World Class Manufacturing en la actualidad y a nivel mundial industrial es sinónimo de excelencia. La definición del World Class Manufacturing significa “Fabricación de Clase Mundial”. La teoría del World Class Manufacturing (WCM), desarrolla por Richard J. Schonberger (años 80), analizado varios casos y experiencias de organizaciones industriales que han implementado los japoneses la metodología de la mejora continua "Kaizen" aplicando al contexto occidental.

Las empresas que alcanzan la excelencia en su producción están impulsadas por las siguientes características: (Urieta & Córdoba, 2017).

- Administradores y trabajadores bien preparados.
- Sensibles a la competencia.
- Pioneros en el diseño de nuevos productos.
- Mejora continua de las plantas.
- Liderazgo en calidad, orientadas al cliente, Valor por el factor humano.
- Indicadores claves KPI.
- Desarrollo del personal con capacitaciones.
- Personal polivalente.
- Alianzas con proveedores, Flexibilidad de la Producción.
- Producción basada en la demanda y no en la capacidad de planta.
- Aprovechamiento máximo de los recursos.

El objetivo del sistema WCM es la mejora continua del rendimiento productivo, eliminando paso a paso las pérdidas industriales dentro del proceso productivo y reducción de desperdicios, garantizando la calidad del producto y la flexibilidad de las necesidades de los clientes creando valor en su producto final; todos los cambios a realizar dentro de la empresa son con el objetivo de crear ambiente de trabajos adecuados y agradables (Pérez, 2019).

Entre los pilares mencionados de este proyecto WCM de investigación nos enfocamos en los siguientes más utilizados dentro del proceso:

Lean Maintenance

Los conceptos de gestión Lean se definen como un sistema operativo que se utiliza para prevenir prácticamente pérdidas en cualquier proceso comercial. ¿Son útiles los conceptos de mantenimiento esbelto? Creemos que es posible, necesario, muy útil combina prácticas y principios que se pueden utilizar para prevenir todo tipo de residuos

durante las actividades de mantenimiento. Si se examina en detalle la acción a tomar hecha en una organización para eliminar desperdicios en nuestra función de mantenimiento descubrimos que estaban en línea con las practicas recomendadas por TPM operaciones de las funciones de mantenimiento (Fernández, 2018).

Pilar del Mantenimiento Autónomo

Mejore la eficiencia general del equipo restaurando las condiciones básicas el monitoreo continuo, la limpieza, inspección y lubricación básicas por parte de los operadores y con el compromiso del equipo de mantenimiento. Este pilar su principal objetivo es desarrollar las habilidades del operador para actuar antes el proceso y equipos. El equipo debe estar en perfectas condiciones de trabajo para garantizar una producción continua.

El objetivo principal es: Yo cuido mi equipo.

Objetivos:

1. Reducir los errores causados por la falta de condiciones básicas o errores de observación básicos por parte del operador. Cero Break Down (BKD)
2. Mejorar la Eficiencia General de los Equipos (OEE)
3. Garantizar la calidad del producto
4. Aumento de la vida útil de los equipos
5. Mejora de la motivación y la proposición

Principal Actividad

1. Crear el equipo, capacitarlos
2. Elaborar actividades de limpieza al arranque del turno
3. Eliminar fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso
4. Utilizar un ciclo de limpieza, inspección, ajuste y lubricación eficiente y sostenible.

Pilar del Mantenimiento Planificado

Como resultado, la organización siempre tiene la máquina perfecta, eliminando desde la fuente los problemas de producción y cumplir con la completa satisfacción del cliente. Este pilar se usa para restaurar la máquina a su estado original para mantenimiento y diagnóstico para evitar fallas y aumentar la vida útil de los componentes (mantenimiento basado en la condición). La tendencia con las actividades implementadas es:

1. El aumento del MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas) y
2. La reducción del MTTR (Tiempo Medio Para Reparar).

Principales Objetivos:

1. Reducir la falla del equipo: aumento MTBF y reducción MTTR.
2. Cero Breakdown (Cero Avería). Mayor mantenimiento planificado
3. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo
4. Aumento de competencia del equipo de mantenimiento

Principal Actividad

1. Analice causa raíz de las roturas EWO, 5G, 5 POR QUE (Orden de Trabajo Emergencia)

2. Plan de desarrollo del equipo de mantenimiento
3. Interacción de los operadores con el mantenimiento autónomo
4. Actividades de llevar a condiciones básicas los equipos.
5. Elaborar el plan de mantenimiento preventivo.

Pilar de Organización en los Puestos de Trabajos

Para aumentar la eficiencia y la productividad del sistema de producción, mejore las buenas prácticas de su entorno del trabajo:

- 5S (Seiri, Seiton, Seiketsu, Seiso y Shitsuke),

- Eliminación de actividades (Actividades sin valor agregado).

Las herramientas, materiales, dispositivos, todo tiene que estar al alcance del operador y técnicos.

Principales Objetivos

1. Eliminar las pérdidas improductivas de la mano de obra.
2. Aumento de la calidad del producto mediante Poka Yoke.
3. Reducir (actividades que no agreguen valor).
4. Ergonomía y seguridad en el trabajo.
5. Mejorar la motivación y la participación del trabajador.

Principal Actividad

1. Aplicar 5” S” en los Puesto de Trabajo.
2. Aplicar ciclo de mantenimiento.
3. Eliminar (actividades que no agreguen valor)
4. Mejorar el ciclo de trabajo y el producto de mejor calidad.

Pilar Mejora Enfocada

Proporcionar recursos metodológicos adecuados para minimizar pérdidas, monitorear proyectos (beneficios, costos, ahorros) y buscar soluciones más complejas en base a la priorización de costos de implementación de la organización.

Principales Objetivos

1. Establecer el método adecuado a cada pérdida encontrada.
2. Mejora el rendimiento de los equipos y del sistema productivo.
3. Crecimiento profesional y adquisición de metodologías.
4. Apoyo metodológico a todos los pilares.

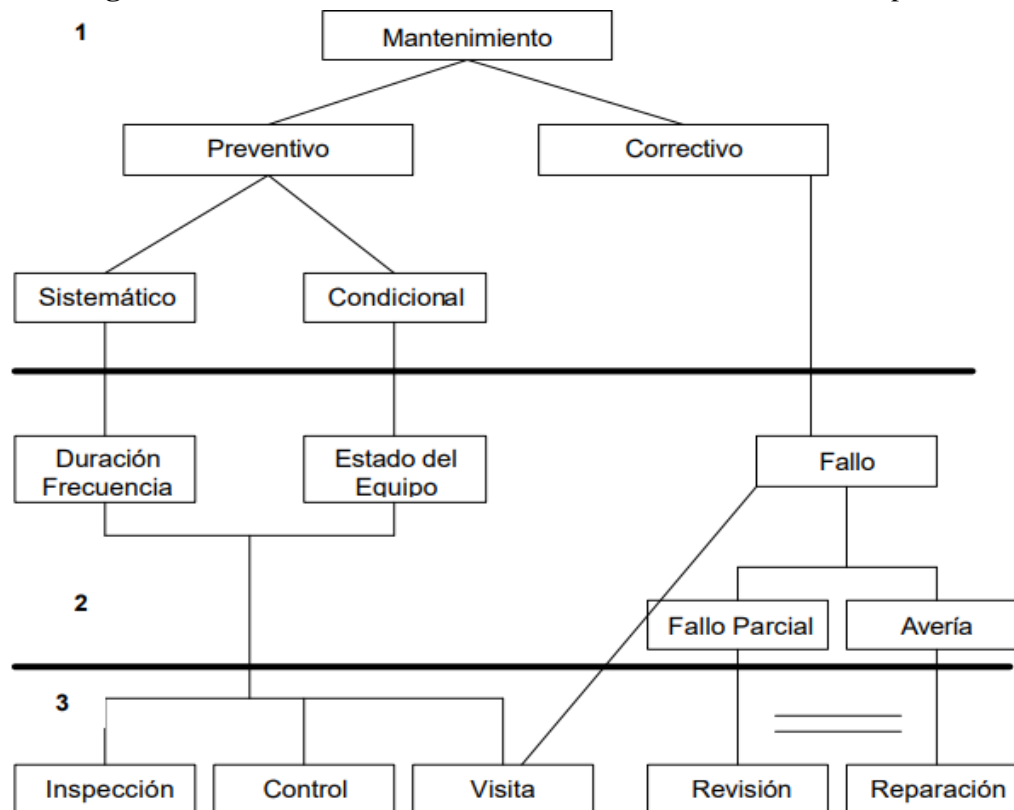
Principal Actividad

1. Ofrecer, entrenar a las personas para el desarrollo de los proyectos.
2. Monitorear el avance de los proyectos en línea.
3. Garantizar soporte metodológico a los equipos y herramientas.
4. Validar los resultados: beneficios – costos.

2.2.6 Tipos de Mantenimientos

Conceptos Básicos de las Operaciones de Mantenimiento, según AFNOR.

Figura 1 Vinculación de Mantenimiento con las Gestiones de las empresas.



Significa preservar los equipos con una serie de actividades con la finalidad de garantizar que las estrategias efectivas de mantenimiento, inspección y control de inventarios permitan la confiabilidad operacional de los activos físicos y puedan cumplir su función para la que fueron diseñadas y la rentabilidad de la empresa. Se define como una serie de actividades las cuales tienen la finalidad de garantizar que los equipos e instalaciones de una empresa estén

en condiciones óptimas de funcionamiento y que cumplan su función para la cual fueron adquiridas (Padilla, 2018).

Se aplica a los equipos que tienen una programación de frecuencia ya sea por recomendaciones del fabricante puede ser por cumplir cierto número de horas o frecuencias por fechas establecidas, también se da por histórico en base años que tiene de servicio en la planta y de acuerdo con una planificación realizada. En el mantenimiento se inspeccionan todas las piezas del equipo para detectar cualquier anomalía que conlleve al reemplazo de un repuesto.

Según (Chávez, Jiménez y Cucuri, 2020) “La confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad son prácticamente los únicos objetivos técnicos y científicos basados en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos para el análisis de mantenimiento”.

La pérdida de disponibilidad de un equipo es un problema relacionado directamente con las fallas de los equipos. Para fines del proceso productivo un sistema debe estar totalmente disponible, (listo para trabajar en cualquier momento que se lo requiera) y confiable (ausencia de fallas) para producir los resultados esperados por parte del empresario.

2.2.6.1 Mantenimiento Preventivo

Una serie de intervenciones realizadas periódicamente en un equipo para optimizar su funcionamiento y evitar paradas de equipos confirman que el mantenimiento preventivo se utiliza principalmente para prevenir fallas en los equipos a través de la planificación y programación de intervenciones periódicas adecuadas. Este tipo de mantenimiento, a diferencia del mantenimiento del correctivo, tiene como objetivo mantener en las mejores condiciones los equipos, sistemas, mecanismos y cualquier otro elemento sujeto a él. El mantenimiento preventivo se realiza a través de un programa de actividades (inspección y lubricación) para anticipar posibles fallas en los equipos. (Sánchez, 2017).

2.2.6.2 Mantenimiento Condicional.

Incluye las actividades del modelo anterior, así como la realización de una serie de pruebas o test que determinan las siguientes actividades. Si se encuentran anomalías después de la inspección, se programará una intervención; si todo es correcto, el equipo no funcionará (Moreano y Pérez, 2020).

Modelo condicional

- Inspecciones Visuales
- Lubricación
- Reparación de la avería
- Mantenimiento Condicional

2.2.6.3 Mantenimiento Sistemático

Este modelo incluye un conjunto de tareas que realizaremos independientemente del estado del equipo; también haremos algunas mediciones y comprobaciones para decidir si podemos hacer otras tareas más grandes; y finalmente los resultados fallidos serán descartados. Este modelo es útil para disponibilidad media y equipos de producción críticos donde la falla causará alguna interrupción de la línea. Cabe señalar que los equipos sujetos a un modelo de mantenimiento sistemático no tienen por qué realizar todas sus tareas con una frecuencia constante. En pocas palabras, un equipo con este modelo de servicio puede tener tareas sistemáticas realizadas de forma independiente (Marrerro, Pichardo y Vilalta, 2022).

Modelo sistemático

- Inspecciones Visuales
- Lubricación
- Reparación de la avería
- Mantenimiento Condicional

- Mantenimiento preventivo sistemático

2.2.6.5 Mantenimiento Correctivo.

Como todos sabemos, el mantenimiento correctivo es cuando ocurre el daño al dispositivo y el daño es inevitable. Este tipo de servicio se realiza en la mayoría de las empresas. Si no hay errores, el servicio es cero, por lo que hay que esperar que el equipo falle para actuar en ese momento, lo que afecta al proceso productivo de la empresa como (Loaiza, 2019):

- Paradas no planificadas.
- Costos de mantenimiento altos y no presupuestados.

Dentro del mantenimiento correctivo tenemos dos tipos de mantenimiento:

Mantenimiento rutinario: es la corrección de fallas del equipo que no afectan mucho a los sistemas de producción en línea.

Mantenimiento de emergencia: es causado por las fallas de equipos, instalaciones, edificios, que requieren ser corregidos de inmediato.

2.2.6.6 Mantenimiento Predictivo.

El mantenimiento predictivo se basa en detectar una falla antes de que ocurra para que tenga tiempo de solucionarla sin detener la producción. Esta inspección se puede realizar de forma periódica o continua, según el tipo de equipo y sistema de producción.

Para ello, se utilizan instrumentos y equipo de medición de ensayo no destructivos diagnóstico como, análisis de lubricantes, control de temperatura de equipos eléctricos, análisis de vibraciones análisis de ultrasonido, etc. y la condición del equipo monitoreado durante su operación (Sánchez, 2017).

Ventajas del Mantenimiento Predictivo:

- Reduce los tiempos de parada no planificados.
- Permite seguir la evolución de un defecto del equipo en el tiempo.

- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Conocer con exactitud mediante estadística el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de un equipo durante su proceso de la producción.
- Ayuda a tomar mejores decisiones con respecto a la compra de nuevos equipos.
- Facilita el análisis de las averías (Mata, 2018).

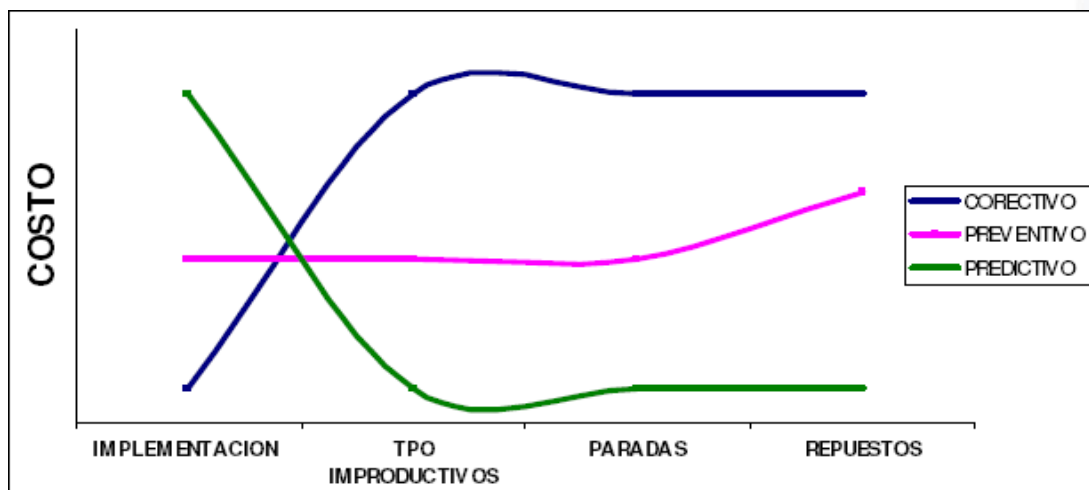
2.2.7 Comparación de los costos de los 3 sistemas de Mantenimiento

Tabla 6 Comparación de costos de mantenimiento

Costos	Correctivos	Preventivo	Predictivo
Para Implementar	Bajo	Mediano	Alto
Improductivos	Alto	Mediano	Muy bajos
Tipo de Parada	Altos Indefinidos	Predefinidos	Mínimos
Asociado a existencia de Repuestos	Alto Consumo e indefinidos	Alto Consumo e definidos	Y Consumo Mínimo

Elaboración propia

Figura 2 Costos de mantenimiento



Elaboración propia

2.2.8 Técnicas de Mantenimiento Predictivo

Análisis de Termografía:

Desde hace más de 20 años, la termografía infrarroja se ha expandido desde aplicaciones médicas y militares a otras áreas de servicios industriales, especialmente en equipos eléctricos de alta y baja tensión. En la mayoría de los casos, la termografía solo se utiliza para comprobar los armarios eléctricos, aunque existen muchos otros usos útiles para las funciones de mantenimiento predictivo, como, por ejemplo (Loor, Quiroz y Llosas, 2021): Monitoreo de motores eléctricos por calentamiento localizados debido a fallos en el estator, cojinetes y rodamientos por mala lubricación o afectación en las pistas de rodadura de los elementos rodantes o jaula. Ensayos de aislamiento en hornos, calderas, circuitos de vapor, etc.

Análisis de Vibraciones:

Análisis de vibración, durante más de 30 años para monitorear y diagnosticar errores mecánicos en cámaras. Inicialmente, se utilizaron dispositivos similares para medir las vibraciones de banda ancha, lo que evita diagnóstico confiable de incidentes en los rodamientos y los engranajes. Más tarde, se incorporaron filtros sintonizables a la electrónica analógica, lo que aumentó significativamente las capacidades de diagnóstico, pero no permitió el procesamiento de información a gran escala (Torres F. , 2019).

En 1984 se empezaron a utilizar equipos digitales con FFT y capacidad de memoria en tiempo real y software de procesamiento en PC. En la actualidad nadie duda del análisis de vibraciones de las máquinas rotativas e incluso puede diagnosticar algunos problemas de la máquina. La información que el análisis de vibraciones puede proporcionar integralmente en forma de parámetros de monitoreo y gráficos de diagnóstico incluye: desbalanceo, desalineación, holguras, fricción mecánica, flexión del eje, excéntrica, daños en los cojinetes, daños en los engranajes, daños por arco eléctrico (Saavedra, 2020).

Análisis de Ultrasonido:

La captura de ultrasonido es un método de mantenimiento preventivo para detectar fallas que pueden pasar desapercibidas si solo se usan otros métodos. Hay muchos fenómenos que acompañan a las emisiones acústicas en frecuencias por encima del rango audible. Las características de estos fenómenos ultrasónicos permiten el uso de detectores ultrasónicos en muchas aplicaciones de mantenimiento industrial (Mouteira, Basso, Paradela y Lupano, 2022):

Detectar fugas de líquido en tuberías, sistemas neumáticos, válvulas, etc. Revisa la trampa de vapor. Inspección mecánica de cojinetes, engranajes, verificación de alineación, etc.

- Supervisar y ayuda con la correcta lubricación adecuada.
- Encuentra fallas en máquinas de rotativas como válvulas e impacto en los componentes de acoplamiento.
- Ensayos eléctricos como fugas en armarios eléctricos, transformadores, subestaciones, aislamientos, líneas de alta tensión, etc.

Figura 3 Fuga de aire en acople válvula 60 d.



2.2.9 Kaizen

Al final de la Segunda Guerra Mundial, Japón era un país sin futuro claro, ciento quince millones de personas viven en un archipiélago con pocos recursos naturales, sin materias primas, sin energía y sin alimentos. La industria japonesa es un desastre, y ni siquiera los orientales quieren que sus productos carezcan de calidad y diseño. Con base en lo anterior, los japoneses quieren destacarse gracias al apoyo de figuras de fama mundial como el Dr. William Edwards Deming, Joseph M. Juran, Kauro Ishikawa, entre otros, hicieron posible que Japón se reestructurara y transformara su industria según un modelo conocido como “Kaizen Management”.

La palabra Kaizen proviene de la unión de dos Vocablos japoneses: KAI=Cambio ZEN=Bondad, Kaizen significa mejora continua que involucra a todos en las organizaciones desde los directores corporativos hasta el guardia de la empresa.

Kaizen Mejora Continua.

Todo proyecto de WCM está basado en principios básicos y hace uso del amplio abanico de herramientas de Ingeniería tales como 5” S”, SMED, Poka Yoke. Todas estas herramientas dan conocer y mejorar el índice OEE (Overall Equipment Effectiveness). Seiichi Nakajima, inventor del cálculo (OEE) Overall Equipment Effectiveness. En este sentido, el toyotismo está directamente relacionado con la eficiencia de las instalaciones globales, ya que el sistema de producción está diseñado para eliminar cualquier desperdicio, permitiendo que el proceso funcione según las necesidades y productos de buena calidad.

Tipos de Kaizen

De acuerdo con el problema y análisis de la perdida que se encuentra se estable el tipo de técnica a ejecutarse: Quick Kaizen, standard Kaizen y mejor Kaizen

Tabla 7 Diseño Propio Tipos de Kaizen y Aplicación

Tipos	Estándar/ mayor kaizen	Quick kaizen
Objetivo	Problema Mediano o Grande	Problema Pequeño
Período de Implementación	De 1 mes a 6 meses	De 1 a 4 semanas
Proceso de Implementación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar el Problema 2. Recolectar data 3. Identificar causas 4. Presentar alternativas de solución 5. Implementar medidas 6. Validar Resultados 7. Estandarizar contramedidas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar el problema 2. Presentar las soluciones al problema 3. Implementar
Personal a cargo Herramientas	Todo el equipo Standard/ mayor Kaizen, Ishikawa, 5 Por Qué, EWO.	1 colaborador + Supervisor OPL, Quick Kaizen / Antes y después

2.2.10 Evolución del Mantenimiento Industrial

La gestión del mantenimiento industrial a través del tiempo ha evolucionado radicalmente, de tal manera que han ido surgiendo metodologías y técnicas sobre la problemática del mantenimiento de equipos.

Se lo llamaba “Mantenimiento de Ruptura o Reactivo”. No fue sino hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses desarrollaron un nuevo concepto de mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipos sobre cómo manejar y mantener sus máquinas. Para realizar este estudio, fue necesario revisar diferentes materiales bibliográficos, los cuales sirven de soporte en las técnicas aplicadas y la metodología del presente estudio. A continuación, se relaciona con las variables del problema, como son; la Gestión de Mantenimiento, la Disponibilidad de las máquinas, Rendimiento de las líneas de producción, la Reducción de pérdidas industriales que deberán vincular con la mejora planteada sobre el mejoramiento de la gestión del mantenimiento (Vargas, Estupiñán y Díaz, 2017).

Mantenimiento Productivo Total

El mantenimiento empieza en el siglo XX, en el año 1920 ya se realizaba un mantenimiento mecánico en las plantas industriales. Durante la Segunda Guerra Mundial se observa un notable desarrollo en diversas aplicaciones militares, se comenzó a crear programas de mantenimiento preventivo en la aviación, realizando inspecciones previas antes del vuelo, confirmando su estado y cambiando elementos en caso de ser necesario después de las horas de funcionamiento. En el año 1945 se generan técnicas de ensayos y medidas físicas con el objetivo de conocer la probabilidad de fallo de sus componentes, a partir de este año la avería y sus características son consideradas como el elemento principal del objetivo de mantenimiento.

Al comienzo de la década de los años 60 se inicia la planificación y descripción de distintas técnicas de optimización de políticas de mantenimiento. Teniendo como objetivo aumentar la productividad.

El mantenimiento industrial es la base principal en la ejecución de los procesos productivos en las diferentes industrias ya que garantiza la productividad continua, la fabricación de productos de calidad y mantener la competitividad de la empresa sin olvidar que también incide en la salud del trabajador y en la seguridad.

Evolución del Mantenimiento Preventivo TPM

A principio de la década de los 90, se formó la Japan Association of Maintenance and Service que comenzó a ser cada vez más comercial en Occidente, por lo que durante esta década TPM comenzó a verse como un modelo de gestión empresarial. Con la apertura de las consultoras japonesas al mundo occidental ha surgido el problema de su incapacidad para integrar las políticas y estrategias de sus clientes occidentales según los principios TPM. En este escenario, surgió posteriormente la necesidad de desarrollar TPM para adaptarse al mundo occidental. La mejora del TPM y la consecuencia en forma de resultados excelentes alcanzados, hacen lo que hoy se llama el modelo WCM (Moreira, 2022).

El objetivo del Mantenimiento Productivo Total (TPM) es acercar el comportamiento del sistema productivo al caso ideal, donde la maquinaria debe operar al 100% de su capacidad el 100% del tiempo, sin averías, sin defectos ni problemas de seguridad y de operación.

En un ambiente productivo cambiante, el Mantenimiento Productivo Total fue introducido en la industria para aumentar la eficacia de los procesos, reduciendo desperdicios, eliminando averías y fallos, todo ello haciendo uso de la máxima capacidad industrial instalada. Como consecuencia los fallos y los costes se reducen, el inventario puede ser minimizado y la productividad del sistema mejora. Para ellos se busca alcanzar los Tres Ceros: (Marrero, 2019).

- Cero Averías
- Cero Defectos
- Cero Accidentes

El TPM tiene como propósito fortalecer el trabajo en equipo, aumentar la moral del trabajador y crear un espacio donde cada persona pueda aportar las mejores ideas con el propósito de hacer del puesto de trabajo un entorno seguro, creativo y productivo, donde el trabajador se sienta que es una pieza clave del sistema productivo.

Mantener el equipo a un nivel más alto de rendimiento y disponibilidad.

Una vez mejorado el nivel de rendimiento y disponibilidad del equipo, se mantiene a lo largo de la vida aplicando mantenimiento preventivo y predictivo para identificar problemas prematuros de resolver y solucionarlos antes de que ocurra la falla. (Forero, 2020).

- Desarrollar requerimientos de MP para cada equipo.
- Desarrollar los requerimientos de lubricación (L) para cada equipo.
- Desarrollar los requerimientos de limpieza (C) para cada equipo.
- Desarrollar procedimientos de MP, L, C e inspección (I).

- Desarrollar el sistema de MP, L, C, e I, incluyendo formas y controles.
- Desarrollar el manual de MP.
- Efectuar I, MP, C, y L de acuerdo con lo planeado y programado.
- Verificar los resultados y corregir según se requiera.

Los 8 Pilares que Conforman el TPM – Mantenimiento Productivo Total:

Mantenimiento Autónomo

• Establece la responsabilidad de una revisión rutinaria en el operario que maneja la máquina.

- Da al empleado responsabilidad sobre el equipamiento que utiliza.
- Mejora el conocimiento que el empleado tiene de la maquinaria.
- Asegura la buena limpieza y lubricación de la maquinaria (Martínez, 2020)

Mantenimiento Planeado:

- Planificar tareas de mantenimiento en base a predicciones o tasas de fallos.
- Reduce la tasa de paradas no planeadas.
- Permite que la maquinaria sea revisada cuando no esté planeado su utilización.
- Reduce el inventario debido a que la incertidumbre por fallo de máquina se reduce (Iniciativas empresariales, 2019).

Mantenimiento de la Calidad:

- Diseña un proceso de detección y prevención de errores en los procesos productivos.
- Reduce el número de defectos.
- Reduce costes por detección temprana de fallos

Mejoras Enfocadas:

- Llegar a los problemas desde la raíz, con una planificación previa y metas definidas mediante trabajo en equipo.
- Problemas recurrentes son solucionados por equipos multidisciplinares.
- Combina diversas habilidades para crear una mejora continua (Astudillo, 2017).

Control Inicial:

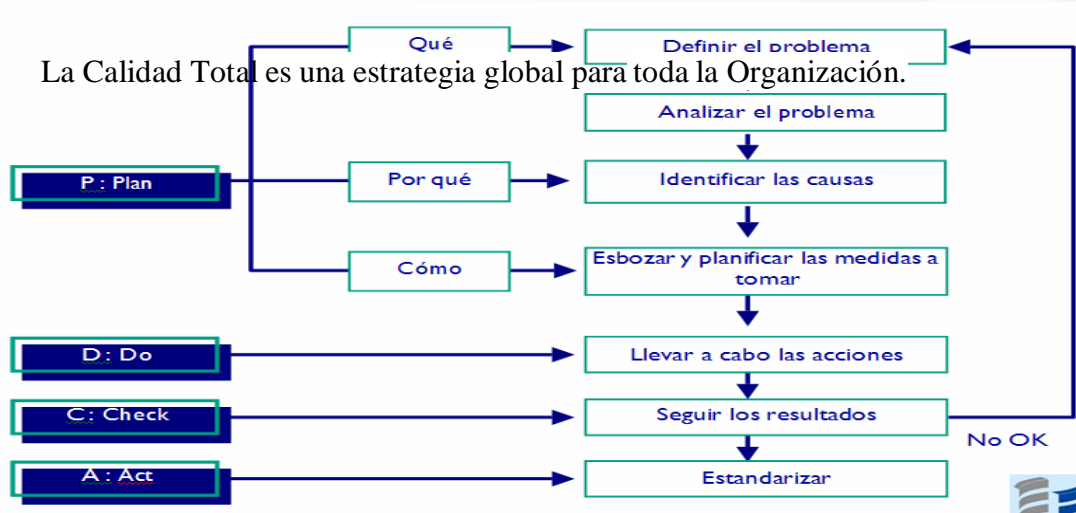
- Implementar lo aprendido en las nuevas máquinas y procesos.
- El nuevo equipamiento alcanza niveles de eficacia mucho más rápido.
- El mantenimiento es más simple y robusto gracias a la práctica de los empleados. (Forero, 2020).

Total Quality Management (TQM)

La gestión de la calidad total se basa en la aplicación del concepto “Calidad Total” en todos los sistemas de gestión de la empresa. Se trata de integrar la calidad en todos los procesos organizacionales. Una organización bien dirigida ayuda a lograr la máxima eficiencia y flexibilidad en todos sus procesos y está enfocada en lograr objetivos a corto y mediano plazo. Con TQM, se pueden cubrir plazos como la satisfacción del cliente. Su finalidad no es solo vender con la calidad acordada, sino también beneficiar a todos los integrantes de la organización ofreciendo aspectos como mejorar las condiciones laborales, capacitar a los empleados, así como mejorar las condiciones ambientales. Al igual que las otras metodologías, se basan en la mejora continua (Cicerón, 2020). Por eso sigue la filosofía de mejora continua PDCA (Plan, Do, Check, Act), contribuyendo a la optimización de las áreas e implementado las herramientas de mejora de la calidad de la empresa. Las principales herramientas para implementar TQM son: el ciclo PDCA.

Ciclo de Resolución de Problemas.

Figura 4 Ciclo de resolución de problemas



Fuente: (Cadena, 2018)

La evolución de los sistemas de producción, el concepto de calidad y las etapas de la gestión de la calidad.

	Años		
	20	70	90
Sistemas de Producción	En masa		Ajustada
Concepto de Calidad	Conformidad con las especificaciones	Satisfacción de las necesidades de los clientes	Satisfacción del cliente, de los empleados, accionistas y la sociedad en general
Etapas de la Gestión de la Calidad	Control de la calidad	Gestión de la calidad	Calidad Total = Excelencia

Fuente: (Cadena, 2018)

La 5”S”

Es un método de trabajo riguroso, simple, duradero, profundo, disciplinado y eficiente desarrollado por Toyota para lograr mejoras duraderas en el nivel de organización, orden y limpieza; más correcto, más limpio, más seguro, más intuitivo, todo este objetivo. para aumentar la productividad. Se refiere a la filosofía de la mejora continua, el principio de que

todo se puede mejorar tratando de identificar y resolver los problemas en su origen y prevenirlos antes de que se propaguen. Cada "S" representa un paso que conducirá al logro de nuestras metas. Estos cinco pasos son tan sencillos de implementar que no requieren de una formación compleja ni de un buen experto en la materia. Todo lo que necesita es un método disciplinado y riguroso para completar la etapa de calidad (Jara, 2017).

Las 5s son:

Seire (Clasificación). La primera etapa es clasificar y descartar, separando lo innecesario de lo necesario, dejando solo lo necesario. A partir de ahí se tomará la cantidad adecuada y el lugar conveniente. Este paso le permite reducir el inventario, el volumen de almacenamiento, los espacio, el envío y el seguro. Esto evita la compra de materiales innecesarios, mejora la eficiencia y ahorra dinero además de la clasificación (Rosas, 2019).

Figura 5 Aplicación de Seire



Seitán (Orden). Esta segunda etapa es decidir dónde ordenar todo, investiga antes de decidir dónde poner cada cosa para que sepas dónde conseguir cada elemento cuando lo necesites. Debes considerar qué se usa todo el tiempo, qué se usa ocasionalmente y quién lo utiliza. Cada elemento debe tener un lugar único, donde debe estar y donde debe ser devuelto

después de su uso. Todo debe estar disponible en su lugar y cuando se lo necesite. Este principio le permite ahorrar tiempo en mano de obra y facilidad de encontrar las herramientas ayuda a la ejecución de trabajos y el transporte interno, reducir la necesidad de controlar y el inventario, aumentar la productividad y mejorar el ambiente de trabajo (Álvarez y Paucar, 2022).

Seiso (Limpieza). La tercera etapa es la limpieza en la empresa, a la que deben enfrentarse todos los empleados. A todos se les debe asignar un área del lugar de trabajo que se encargue de mantenerlo limpio. Todos los campos están asignados a alguien. La limpieza aporta seguridad y calidad a la empresa. Las ventajas de esta fase se centran en la producción de clase mundial tanto dentro como fuera de la empresa, más fácil de vender, mayor productividad y menos daños a los productos y materiales y menos pérdidas. Además, un buen ambiente de trabajo también es beneficioso, ya que la limpieza da una mejor sensación en la empresa (Nava, et. al, 2017).

Figura 7 Plan de mantenimiento

		PLAN DE LIMPIEZA PROVISIONAL																					
AREA / SECCION		MES																					
TALLER DE MANTENIMIENTO		AGOSTO																					
REVISADO POR :		WALTER BRAVO					AGOSTO																
N o.	Descripción de Tarea	Nivel de limpieza esperado	Material	Hecho por	Horas hombre	Metodos de inspección	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	LIMPIAR ÁREA OFICINA ELÉCTRICO - CASILLEO	NO VISIBLE DESORDEN		J.SORNOZA O.CASTRO I.SALINAS C.GORDILL O	20´																		
2	LIMPIAR MESA ÁREA DE TRABAJO MECANICO LIMPIAR ÁREA DE HERRAMIENTAS MANUALES	NO VISIBLE DESORDEN		J.POZO	20´																		
3	LIMPIAR AREA DE SOLDADURA LIMPIAR BODEGA DE LUBRICANTES	NO VISIBLE DESORDEN		S,ORTIZ	20´																		
4	LIMPIAR BODEGA DE INSUMOS LIMPIAR AREA DE DESECHOS	NO VISIBLE DESORDEN		G.DELGADO	20´																		
5	LIMPIAR ÁREA DE HERRAMIENTAS LIMPIAR/ORDENAR ÁREA DE PERNOS CASILLEROS	NO VISIBLE DESORDEN		J.CARPIO	20´																		

Seiketsu (Normalización). La fase de normalización consta de la higiene y la visualización, del mantenimiento de la limpieza y el orden para ofrecer una mayor seguridad y calidad en la empresa. Se requiere una buena disciplina para poder lograr los objetivos. La visualización consiste en la gestión continua de la higiene. La gestión visual adquiere una gran importancia en esta fase. Las ventajas de esta fase ya se han podido encontrar en las primeras, sobre todo la mejora de la imagen de la empresa a nivel interno y externo, mayor motivación y satisfacción del personal y mayor seguridad dentro de la empresa (Pérez y Quintero, 2017).

Shitsuke (Mantener la disciplina). La última fase de las 5”S”, tras haber completado las otras, consiste en la disciplina y compromiso. La disciplina es la voluntad de hacer las cosas como se deben hacer, tener buenos hábitos, el compromiso se basa en la mejora continua. Busca sobre todo crear hábitos en base a los puntos anteriores.

2.2.11 Cómo se erradica una pérdida industrial por paradas de mantenimiento?

El primer paso en la erradicación de las pérdidas es claro y simple, pero único en las etapas tempranas:

Restaurar condiciones básicas.

Restaurar antes de la mejora requiere una aproximación única, la cual es el resultado de enfocarse en las mayores pérdidas, restaurando las condiciones básicas de los equipos, para luego establecer los estándares de trabajo (Fernández, 2018).

Paso 1: Restaurar Antes de la Mejora

El primer paso en la erradicación de las pérdidas es claro y simple, pero único en las etapas tempranas de la erradicación: Restaurar condiciones básicas. Las empresas en el nivel de madurez tienen sistemas automatizados de detección de interrupciones con tiempos más precisos y también pueden determinar la causa del tiempo de inactividad. Proporciona información más detallada y confiable, lo que permite a las empresas tomar decisiones más precisas (Gamarra, 2018).

Paso 2: Mejorar las Condiciones Conocidas

Requiere mejorar las condiciones que solo están a un nivel mínimo aceptable, pero que no se han aprovechado por completo al no utilizarse al máximo

Paso 3: Mejorar las Condiciones Desconocidas

En cualquier caso, llegar al tercer paso significa potenciar condiciones previamente desconocidas y, en adelante, gestionar dichas condiciones, trabajar en la innovación de procesos, utilizar herramientas estadísticas e integrar la resolución avanzada de problemas, todo en nombre de la innovación (Durand, 2018).

El paso 1 fue más una vista macro de las pérdidas, el segundo paso se enfoca en las pérdidas individuales para realmente comenzar el proceso de mejora. En esta fase se aplica el ciclo PDCA. Si se conocen las condiciones, pero no se explotan por completo, para llegar a las causas fundamentales se aplica las siguientes técnicas para el análisis que son:

- 5G
- 5W1H
- Ishikawa
- 5 Por Que
- Las técnicas OPL (lección de un punto).

2.2.12 La Herramienta 5G.

Su nombre surge de las iniciales de las cinco palabras japonesas:

Gemba: ir al lugar, es imposible comenzar a pensar en un fenómeno sin hacer una observación in situ.

Gembutsu: examinar el objeto no se trata de una observación pasiva de la situación, sino de una observación exploratoria, que analiza la manera en que ocurrieron los hechos.

Genjitsu: verificar hechos y cifras esta etapa es muy importante ya que, ejecutada

correctamente, muchas veces resuelve el problema, y consiste en restablecer los estándares predefinidos. Es muy común que un sistema deje de funcionar correctamente simplemente porque no se respetan los estándares definidos para su funcionamiento.

Genri: consultar la teoría que soportó el diseño del sistema para comprender lo que sucede. Esta teoría puede ser de lo más variada, puede ir desde la documentación más básica hasta la más compleja de las comprobaciones.

Gensoku: Observar las reglas de funcionamiento. En todo sistema con normas claras, su funcionamiento se rige por especificaciones. Debe comprobarse el cumplimiento del funcionamiento normal.

2.2.13 La Herramienta 5W1H.

Herramientas que ayudan a definir fenómenos, trazan límites en el tiempo y el espacio. Su nombre proviene de las palabras inglesas que lo componen: WHAT (Qué): ¿En qué objeto/producto se ha identificado el problema?

- **WHEN (Cuándo):** ¿Cuándo se ha verificado el problema?
- **WHERE (Dónde):** ¿Dónde se ha observado el problema?
- **WHO (Quién):** ¿El problema está vinculado al factor humano?
- **WHICH (Cuál):** ¿Cuál es el seguimiento que se realiza del problema?
- **HOW (Cómo):** ¿Cómo se presentan las condiciones en relación con el ideal?

2.2.14 Herramienta Diagrama de Ishikawa (Análisis de las 4 "M")

También conocido como diagrama de espina de pescado, se representa gráficamente y ayuda a analizar los problemas y sus soluciones ordenando las ideas planteadas en el brainstorming. Creado por el Dr. Kaoru Ishikawa en 1943, este diagrama causa-efecto es una representación gráfica de múltiples relaciones causa-efecto entre diversas variables que intervienen en un proceso. Todas las posibles causas de problemas se encuentran

en la cabeza del pez y se dividen en cuatro categorías según su naturaleza:

- Mano de obra
- Método
- Materiales
- Máquina (de allí su nombre de 4M).

2.2.15 ¿Qué es el OEE?

OEE se utiliza para identificar la calidad, el rendimiento y la disponibilidad de los equipos para equilibrar los procesos de fabricación, y los cálculos de OEE se utilizan como indicadores de rendimiento para poder analizar las pérdidas de producción en la fabricación. (Samat y Kamaruddin, 2018). La tasa OEE de tantra es del 85%. Supongamos que cualquier equipo por encima del 85% es un equipo que teóricamente puede participar en la bonificación otorgada por la Asociación de Mantenimiento de Japón.

El OEE es un indicador que se puede maquillar (puede ser un juego gameboy). Si usamos paradas planificadas, estropeamos el tiempo restante y el indicador sube. Esto es algo de sentido común. Si quisiéramos lograr un OEE alto, diríamos que no son 5 horas, sino 4 horas de descanso, hemos aumentado el OEE. Pero también hay otra cuestión, si fijamos un tiempo de ciclo para conseguir y alcanzar, el OEE siempre estará por debajo de uno, siendo tus rendimientos de entre el 60% y 70%, por lo que el OEE se ve muy penalizado de muy bajo rendimiento. En general, si nos conformamos con la teoría del 85% de OEE, debería ser un 90% en disponibilidad, un 99% en calidad y alrededor de un 91% en rendimiento (Vargas, Estupiñán y Díaz, 2017).

El valor de la OEE permite clasificar una o más líneas de producción:

OEE < 65% Inaceptable. Se producen grandes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.

65% < OEE < 75% Regular. Aceptable si el proceso está en desarrollo de mejora.

Pérdidas económicas. Baja competitividad.

75% < OEE < 85% Aceptable. Continuar con la sostenibilidad del 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.

85% < OEE < 95% Buena. Esta en Valores World Class buena competitividad.

OEE > 95% Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

El OEE es un indicador que complementa los requisitos de calidad y de mejora continua por la certificación ISO 9000:2008.

El OEE se calcula como: **OEE= A x PE x Q**

Donde A es la proporción de tiempo en el que la máquina está disponible. Esto es:
Disponibilidad Técnica de la Maquina = $(MTBF+MTTR) / MTBF$

MTBF: Mean Time Between Failures.

MTTR: Mean Time to Repair. (MTTR y MTBF)

PE-Performance Efficiency (RE x SE).

Rate Efficiency (RE): El tiempo de ciclo promedio es más lento que el tiempo de ciclo de diseño debido a atascos.

Speed Efficiency (SE): El tiempo real de ciclo es más lento que el tiempo de diseño. La producción de la máquina se reduce porque está operando a menor velocidad.

Q- Se refiere a la tasa de calidad, que indica el porcentaje de piezas correctamente producidas.

La mejor manera de hacer más eficientes los procesos de producción es conocer dónde y por qué se producen las pérdidas. La función del OEE es dar un resultado de los problemas y apuntar en donde se debe realizar los esfuerzos (humano y/o económico) para solucionarlo.

6 factores del OEE que pueden causar Pérdidas:

- Paradas/Averías.
- Configuración y Ajustes.
- Pequeñas Paradas.
- Reducción de velocidad.
- Rechazos por Puesta en Marcha.
- Rechazos de Producción.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño de Metodología Investigación Aplicada

El análisis se basa en los criterios obtenidos de la industria y su proceso de operaciones dentro de la organización para la selección de la metodología aplicar y el área piloto en la línea de envasado. Los parámetros metodológicos de cada técnica se presentan en una tabla de comparación, enfatizando las habilidades y competencias de mantenimiento proactivo.

Cada organización asocia su problema y sus recursos con los que cuenta para desplegar su análisis de inteligencia de pérdidas que evaluará su impacto con referencia a costos, tiempo de solución del problema, impacto en su proceso de producción y se elige una herramienta de mejora continua que está basada en la metodología WCM en conjunto de la filosofía Kaizen.

La utilización del análisis comparativo debe estar precedida por su situación y necesidades de la organización en la cual se piensa implementar un plan piloto en el área de la línea de envasado. Luego se pueden analizar las características más importantes de cada metodología a partir de criterios de la organización definidos por su tipo de industria y sus problemas de situación actual.

3.1.1. Investigación Aplicada

Para este trabajo de investigación para la aplicación de herramientas de ingenierías, metodologías del WCM que van a ayudar a las mejoras de los procesos productivos en el área de mantenimiento con el fin de incrementar el nivel de producción y reducir las anomalías esporádicas y recurrentes de los equipos.

Después de establecer el tipo de investigación de acuerdo con su nivel, se debe de establecer el tipo de estudio de acuerdo con su diseño. El diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado.

3.2 Población y muestra

Conforme a este trabajo de investigación no se cuenta con población y muestra, se trabajó con información de los históricos que se manejó en el programa de Microsoft Excel, que sirvió para recolectar datos, enfatizando las habilidades y competencias de mantenimiento proactivo.

3.3 Métodos y Técnicas

3.3.1 Histórico lógico

Por medio de este método se realizó una investigación sobre el tema planteado analizando una serie de estudios sobre el inventario y todos los aspectos que les concierne, así como la conceptualización de cada una de las variables que intervienen en el estudio.

Método deductivo

El método fue de gran aporte en el análisis de la información obtenida de forma general a lo particular, es decir, sobre las diferentes aportaciones de autores que han estudiado el problema mencionado y han buscado las mejores alternativas, y de esta manera poder llegar a una conclusión particular en relación con el problema planteado y establecer las soluciones pertinentes.

3.4 Aplicación de la Metodología

El indicador presentado en este proyecto mostró los progresos durante el proceso de mejora del programa WCM en elementos como: 5S, TPM, nos enseñan los cambios beneficiosos del departamento de producción y mantenimiento que fue seleccionado como área piloto para trabajar en la línea de ensacado.

3.5 Selección de la Perdida

En función de la pérdida que se desea corregir, se elige el pilar, y con ellos unas u otras metodologías y herramientas importante para la aplicación de las actividades y técnicas a utilizar como 5” S”, SMED, KAIZEN, para la identificación de las actividades y requerimientos

que se necesitan o se utilizan dentro de un proceso productivo. Para que WCM funcione en la fábrica, la gerencia debe designar un coordinador de WCM para ejecutar el modelo en la fábrica. La implementación sólo será posible con la participación de colaboradores que utilicen un mismo lenguaje metodológico y estén apasionados por el cambio constante, a través de los cuales trabajen a través del “equipos de mejora continua”.

Un grupo de trabajo está formado por un equipo multidisciplinario de la organización que se encarga de erradicar un tipo de pérdida. Los grupos de trabajo no son permanentes, se forman cuando surge la necesidad y se compone en función de la pérdida a erradicar o encontrado, se elige al personal más calificado para ese problema en concreto; eliminada la pérdida se desconfigura el grupo.

3.6 Selección del Grupo de Trabajo

El presente proyecto de Investigación parte de la unidad de análisis que está conformado por los miembros del equipo de trabajo (Tabla 8) y a una unidad de análisis del activo físico (maquina), conformada por la línea de producción del área de envasado línea 1 dela empresa, gracias a que el mismo es el activo físico con los mayores tiempos de indisponibilidad.

Tabla 8 Miembros del equipo de trabajo

Departamento	Cargo	Cantidad
Mantenimiento	Jefe de Planta	1
	Supervisor de Mantenimiento	1
	Técnico Mecánico	1
	Técnico Eléctrico	1
Producción	Jefe de Producción	1
	Supervisor de Producción	1
	Operador de Línea	1
	Operador Cuarto Control	1
	Ayudante de Línea	1
Seguridad	Supervisor	1
Calidad	Analista	1
Total		11

3.7 Responsabilidades del Pilar

Este es el primero de los pilares de WCM en formalizarse como tal, y, por lo tanto, creando un grupo de personas con responsabilidades claves dentro del propio pilar:

- Gestión y seguimiento de las pérdidas de la planta.
- Detección de desvíos fuera de objetivos marcados.
- Lanzamiento de equipos/actividades de mejora.

3.8 Responsables de los pilares y ejecución de los Proyecto

Se designa la herramienta aplicar una vez realizado el análisis de perdida y se designa el tiempo de aplicación de la metodología.

Tabla 9 Herramienta WCM

Estatus implementación herramienta WCM				
Herramienta WCM	Área	Responsable	Cargo	Observación
Ruta reducción avería	Taller mantenimiento	de W. Bravo	Supervisor Mantto	Inicio enero
5 "s"	Taller mantenimiento	de W. Bravo	Supervisor Mantto	Inicio marzo
Smed	Línea de producción #1	W. Bravo	Supervisor Mantto	Inicio febrero

3.9 Establecer Indicadores KPI

Establecer metas y objetivos que perseguimos, hay que tener claros los objetivos que persigue la empresa. Es conveniente redactar una lista con los objetivos SMART para tenerlos siempre presente y por escrito. Los KPI seleccionados para los objetivos de la empresa siempre están alineados con la estrategia de la empresa. Después de configurar la estrategia comercial, es necesario verificar si el KPI afecta los objetivos. Por ejemplo, si el objetivo es aumentar la producción reduciendo el tiempo de inactividad por mantenimiento no planificado, entonces la estrategia de la empresa es tener el producto de mayor calidad en el mercado, lo cual es realista y medible.

Son comparables nuestros índices, nuestros KPIs deben ser posible compararlos con algo, alguna referencia benchmarking de empresas del mismo sector industrial.

3.10 Pilar “Cost Deployment”

Esta es la primera fase que se activa e impulsará el resto de la implementación de WCM. El propósito de esta fase es identificar y cuantificar las pérdidas en la planta y el resto de la empresa, recomendando así un programa de eliminación de pérdidas. Solo es necesario conocer las pérdidas de cada equipo, cada operación (incluida la administrativa) para poder activar este pilar. (Juan Ignacio Torres Arjona, 2018).

En un primer lugar, se ha de tener una fotografía de la planta, donde estén identificadas las áreas de trabajo, estén clasificadas las líneas de producción y operaciones y un desglose de los equipos de cada línea. A continuación, se pone en marcha todo un proceso de Data Collection donde para cada equipo, operación y cada línea se haga una recopilación de datos continua (semanal) para conocer las pérdidas en cada uno de ellos. Para calcular los ahorros se hace una estimación con datos del año anterior de las horas de operación y máquina previstas para 2020 vs 2021.

Tabla 10 Período de referencia 2020

Período de Referencia 2020			
Horas pagadas (técnicos)	16953 h man	costo horario mano de obra	7.88 USD / h
Horas pagadas (subcontratados)	6155 h man	costo horario mano de obra	11.5 USD / h
Horas trabajadas por técnicos	2422 h man		
Subcontratas y servicios			\$ 389.49 k USD
Repuestos			\$ 558.75 k USD
Costos de Mantenimiento	\$1,152.618	k USD	

Tabla 11 Período de referencia 2020

Período de Referencia 2021			
Horas pagadas (técnicos)	19953 h man	costo horario mano de obra	7.88 USD / h
Horas pagadas (subcontratados)	3780 h man	costo horario mano de obra	11.5 USD / h
Horas trabajadas por técnicos	2850 h man		
Subcontratas y servicios			\$ 289.49 k USD
Repuestos			\$ 420.75 k USD
Costos de Mantenimiento	\$ 910.946	k USD	

Figura 9 Ahorro y costo de Mantenimiento

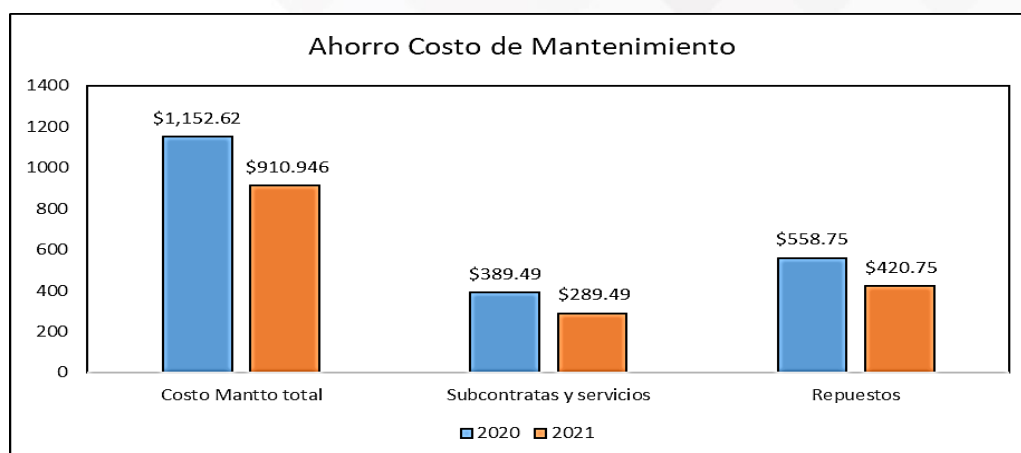
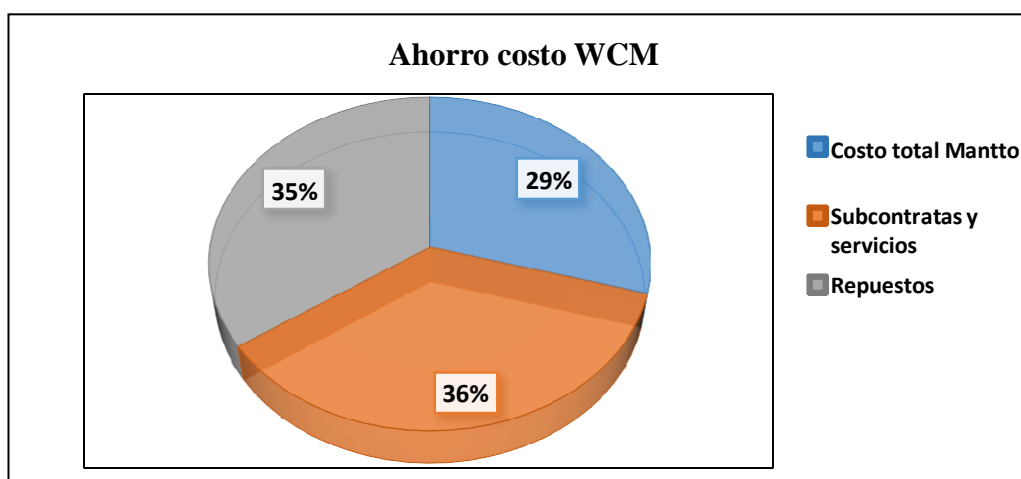


Figura 8 Ahorro costo WCM



Inversión Personal Técnicos de Mantenimiento

Tabla 12 Inversión técnicos de mantenimiento

Tipo	Costo
Costo de Capacitación	\$3,500
Incentivos	\$350.00
Materiales 5 "S" Taller	\$3,500
Señalización Equipos	\$2,700
Herramientas Mecánicos	\$3,456
Total	\$13,506

Referencia 2019	\$1,152,618
Costo 2020	\$910,946
Total Ahorro	\$241,672

Inversión	\$13,506
------------------	-----------------

Tipos de Pérdidas

A continuación, se muestran las pérdidas que son identificadas en la empresa y la clasificación que se hacen y en donde nace la focalización de las pérdidas atacar:

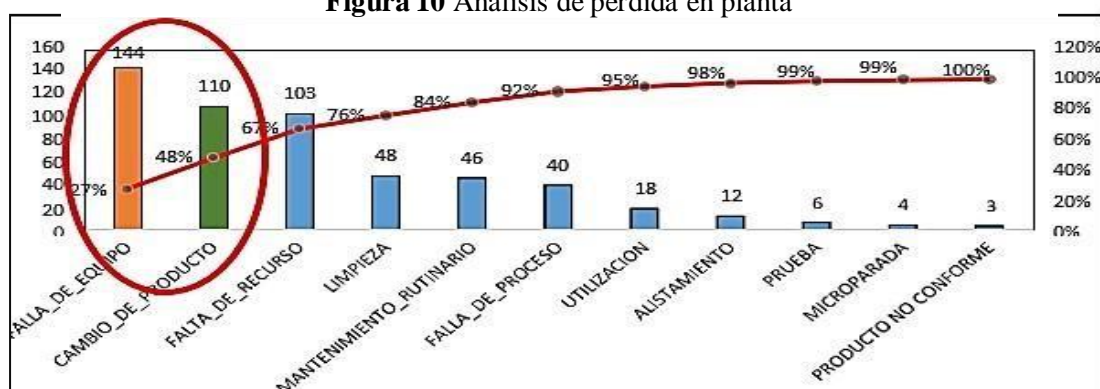
Tabla 13 Tipos de pérdidas en planta

Pérdidas Eficacia de línea - Planta	Pérdidas por paradas no planificadas
	Pérdidas por arranque de planta
	Pérdidas por regulación de maquina
	Pérdidas por cambio de formatos
	Pérdidas por avería
	Pérdida por micro paradas
	Pérdida por velocidad
	Pérdidas por reproceso o defectos de calidad
Pérdidas Organización de	Pérdidas de gestión y planificación
	Pérdidas de explotación
	Pérdidas por organización en líneas
	Pérdidas por logística
Pérdidas Recursos por	Pérdidas por regulación
	Pérdidas de calidad por material
	Pérdidas de energía

Identificación de las Pérdidas

Se parte de una fotografía de las pérdidas de la planta, de ahí desarrolla un diagrama de Pareto para priorizar qué pérdidas atacar. La selección de pérdidas a atacar lo hacen del siguiente modo: seleccionar las 2 pérdidas que generan más volumen de pérdidas. De cada pérdida seleccionada se estudia cada línea y se identifica las líneas más impactadas.

Figura 10 Análisis de pérdida en planta



A partir de aquí se configuran “los grupos de mejora” para erradicar la pérdida encontrada y reducirla al máximo.

El caso que aquí se expone es como se aplica WCM en el área de mantenimiento y producción mediante herramientas de ingeniería para eliminar las pérdidas en una de las líneas de producción. En este caso, es la pérdida de “paradas imprevistas en las maquinas” línea de ensacado.

Las técnicas basadas en los hechos particulares que afectan a los procesos de producción y mantenimiento, como errores en los procesos de línea, fallas esporádicas y recurrentes en las actividades laborales.

Se basará en los hechos históricos de la metodología que se va a utilizar y del sector industrial al que se va a enfocar la investigación.

La información obtenida, fundamenta el marco teórico en relación con los objetivos de la metodología, descripción, tipos y la implementación para el proceso productivo que requiere el sistema de las operaciones.

Kaizen y su relación a la reducción de tiempos innecesarios de las actividades a realizar, mejorar y corregir para la obtención de resultados y el aumento de la productividad de acuerdo con el desempeño, rendimiento y calidad que posean los colaboradores y las maquinas.

La herramienta tiene su direccionamiento al cumplimiento de las actividades en los tiempos establecidos, para la mejora de 5 “S”, SMED, TPM (ruta de reducción de averías), tienen como filosofía la mejora continua, donde WCM busca establecer métodos para la obtención de resultados en los procesos productivos.

En este capítulo se incluye las fases de la implementación de los pasos mencionados para el proyecto.

La estructura de la metodología que va a ser implementada presenta:

- Indicadores de Desempeño
- Organización de los Puestos de Trabajo
- Revisión del Plan de Mantenimiento Preventivo y rutas de actividades.
- Revisión del Proceso de Producción.

Indicadores de Desempeño:

- Para dar seguimiento a la metodología de mejora se establecerá indicadores KPI

que serán medidos/calculados mensualmente:

- Para establecer los objetivos a obtener se establece una meta en base a resultados históricos y necesidades del corporativos de las empresas que se deseen lograr.
- Recolectar los datos y procesarlos mediante un archivo de Excel o programa (ERP) si tuviera la empresa.
- Se comparte la información con todos los involucrados del proceso y toma de decisiones.

Organización de los Puestos de Trabajo:

Existen áreas señalizadas para herramientas y materiales de equipos.

Las ordenes de producción están al alcance de los operadores para su seguimiento.

Las máquinas de producción están señalizadas - inspección visual.

En la organización de los puestos de trabajo se aplicará el principio de manufactura esbelta, que incluye administración del lugar de trabajo, Metodología 5" S".

Lo que se trabajó en los grupos de mejora tiene que ser reflejado en el tablero de la cada línea de producción, de forma que se visualice de una forma clara los hallazgos, progresos, aspectos a resolver y finalmente los resultados logrados.

Tabla 14 Tablero de control de avance de cada herramienta



Revisión del Plan de Mantenimiento Preventivo y Rutas de Actividades.

- Existe un correcto plan de mantenimiento preventivo.
- Existe una ruta de inspección de equipos.
- Existe un plan de lubricación.
- Existe un estándar de análisis de averías de equipo.

En la Planificación de Mantenimiento se aplicará el principio de WCM Ruta reducción de averías, que incluye administración del mantenimiento productivo total enfocado en la reducción de pérdidas esporádicas en los equipos acompañado de la técnica de mantenimiento predictivo.

Revisión del Proceso de Producción.

Análisis de actividades que se realizan durante la producción.

Revisión de las actividades que agregan valor durante el proceso productivos se aplicará la herramienta Kaizen - SMED, enfocado en la reducción de cambios de formatos en el proceso.

Paso 1 Despliegue de la herramienta – Reducción de Perdidas

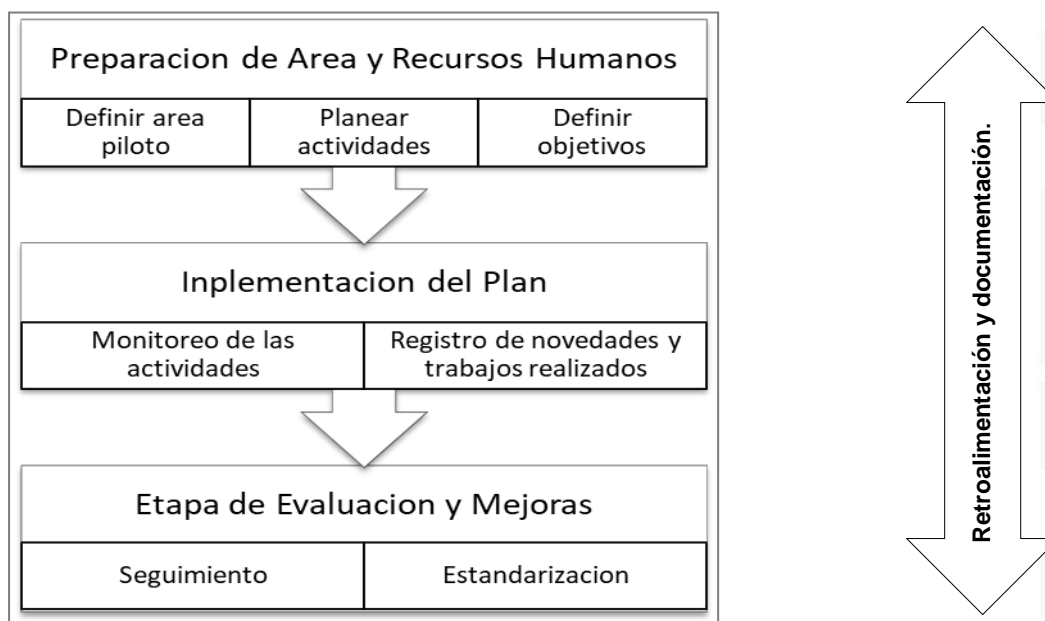
Una vez conocido todos los tipos de pérdidas se activa un pilar del WCM que tiene como mejora la prevención del mantenimiento, se procede con las metodologías ya mencionada y los responsables:

Metodología de Reducción de Perdidas

Plan de mantenimiento para el proceso de la línea de envasado para reducir las paradas no programadas.

Como se muestra la metodología propuesta para generar un plan de mantenimiento para la reducción de paradas no programadas aplicable en una empresa ecuatoriana del sector de la construcción. Se desarrolla un modelo donde se realiza el seguimiento de las actividades de mantenimiento particularmente en el proceso de la línea de envasado.

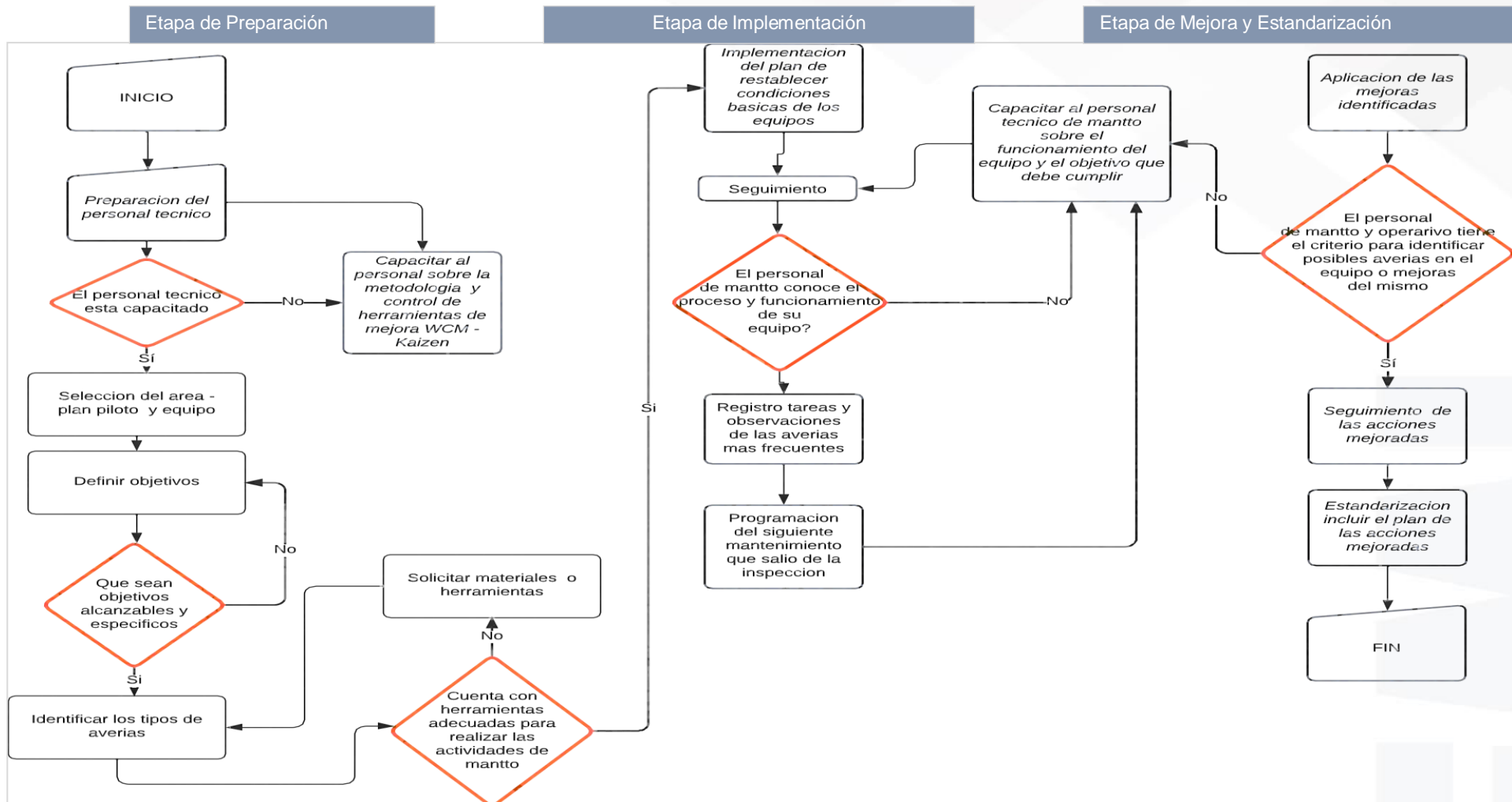
Figura 11 Metodología basada en herramientas de WCM



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Figura 12 Diagrama de flujo actividades diseño propio.



4.1.1 Cronograma de Actividades Para Ejecutarse.

Se establece el cronograma de actividades y tiempo a ejecutarse la metodologia.

Tabla 15 Cronograma de Actividades

Method / Route	PASOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	Julio				Agosto				Setiembre										
				27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39						
Major Kaisen	RUTA DE REDUCCION DE AVERÍAS BKD		WALTER BRAVO																			
	Paso 1 : Identificar tipos de averias Taller teorico / practico + actividades Principios basicos de funcionamiento + Taller teorico practico de la herramienta																					
	Paso 2 : Restablecer Condiciones basicas linea de envasaso 2.1 Identificar zonas criticas 2.2 Efectuar limpieza inicial colocacion de etiquetas 2.3 Manejo de etiquetas 2.4 Definir y aplicar estandares limpieza, inspeccion, lubricacion y ajuste 2.5 Restablecer todos estandares operativos																					
	Paso 3: Atajar las averias frecuentes 3.1 En zonas mas importantes definir tipos de averias 3.2 Desarrollar analisis de 5 pqs 3.3 Definir medidas a tomar 3.4 Aplicar las medidas tomadas 3.5 Establecer un sistema de recogida de datos																					
	Paso 4: Evidencias las causas de las averias esporadicas 4.1 Introducir una nueva definicion de averia 4.2 Introducir la ficha de analisis de averia 4.3 Definir el sistema de apoyo 4.4 Capacitar a operadores y personal de mantenimiento 4.5 Efectuar el seguimiento constante de los resultados																					
	Paso 5: Definir el plan de mantenimiento preventivo 5.1 Resumir las causas y las medidas a tomar que resulten de analisis de averia 5.2 Aplicar acciones y medidas tomadas 5.3 Mejorar el sistema de mantenimiento planeado 5.4 Planear el tablero de la maquina																					

4.1.2 Aplicación de la Metodología Ruta Reducción de Averías

Tabla 16 Pasos de Ruta reducción de Averías

- PASO 1: IDENTIFICACIÓN TIPO DE AVERIAS
 - ESTABLECER UN SISTEMA DE RECOGIDA DE DATOS
 - ANALIZAR LOS DATOS CRONOLOGICOS Y ESTABLECER INDICADORES DE ACTUACION
 - EFECTUAR EL DESARROLLO DE AVERIAS Y HACER UN ANÁLISIS DE PARETO.
- PASO 2: RESTABLECER CONDICIONES BASICAS
 - IDENTIFICAR LAS ZONAS CRITICAS
 - EFECTUAR LA LIMPIEZA Y COLOCAR CARTELITOS
 - UTILIZAR CARTELITOS
 - DEFINIR Y APLICAR LOS ESTANDARES DE LIMPIEZA, INSPECCION Y LUBRICACIÓN
 - REESTABLECER LOS ESTANDARES OPERATIVOS
- PASO 3: ATAJAR LAS AVERIAS FRECUENTES
 - EN LAS ZONAS IMPORTANTES DEFENIR LAS AVERIAS
 - DESARROLAR EL ANÁLISIS DEL 5 POR QUE
 - DEFINIR LAS MEDIDAS A TOMAR
 - APLICAR LAS MEDIDAS TOMADAS
 - ESTABLECER UN SISTEMA RECOGIDA DE DATOS
- PASO 4: EVIDENCIAR LAS CAUSAS DE LAS AVERIAS ESPORADICAS
 - INTRODUCIR UNA NUEVA DEFINICION DE AVERIA
 - INTRODUCIR LA FICHA DE ANALISIS DE AVERIA
 - DEFINIR EL SISTEMA DE APOYO
 - CAPACITAR OPERADORES Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO
 - EFECTUAR EL SEGUIMIENTO CONSTANTE DE LOS RESULTADOS
- PASO 5: DEFINIR EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
 - RESUMIR LAS CAUSAS Y LAS MEDIDAS A TOMAR QUE RESULTEN DE ANALISIS DE AVERIA
 - APLICAR ACCCIONES Y MEDIDAS TOMADAS
 - MEJORAR EL SISTEMA DEL MANTENIMIENTO PLANEADO

4.1.3 Identificación Tipo de Avería

Se establece un sistema de recogida de datos donde contenga todos los datos del equipo, perdidas por familia, turnos de producción, indicadores como MTFB, MTTR, OEE para el análisis correcto de la pérdida para la correcta toma de decisiones.

Figura 13 Data colección de registro de eventos.

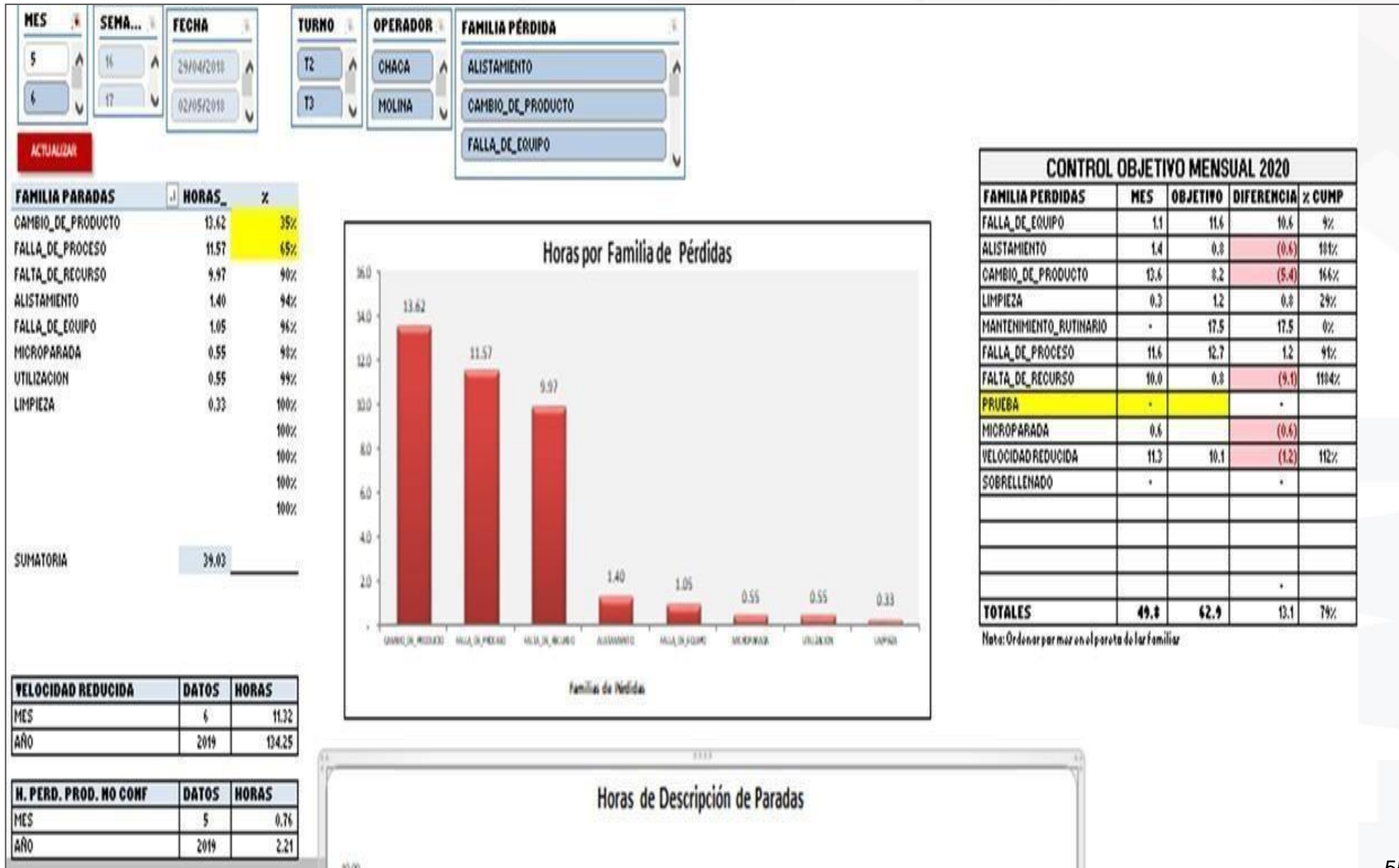


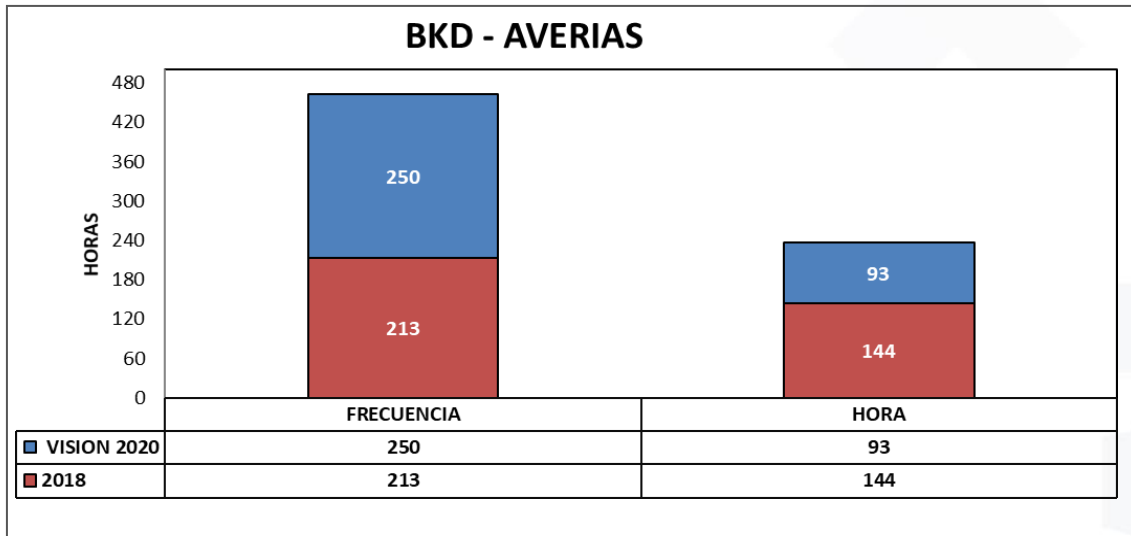
Tabla 17 Data colección de registro de eventos

MES	TIEMPO	FAMILIA PÉRDIDA	DESCRIPCION PARADA	COMENTARIO	EQUIPO
2	4.07	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA DE MOTOR	FALLO EN MOTOR BANDA DE AGRUPACION SE ATORABA CONSTANTEMENTE	PALETIZADO
6	3.92	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA POR ROTURA	SE ROMPE PERNO DE REGULACION DEL FRENO	PALETIZADO
7	3.18	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA DE SENSORES	FALLO DETECCION DE SENSOR INDUCTIVO EN INTERMITENTE FALLA EN EL	PALETIZADO
5	2.52	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA DE COMUNICACIÓN	FALLO UPS COMPUTADOR ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ARENA	DOSIFICACION
4	2.17	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA DE MOTOR	DAÑO EN CUÑA DEL MOTOR DE RODILLOS CUATRADOS	ENSACADO
2	2.02	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA DE ESTRUCTURA	se afloja polea de eje motriz del elevador ec 6	ENSACADO
4	1.25	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA POR DESGASTE	FALLA DE FALSA PALETA # 1 ROMPE SACO AL DEPOSITAR CAPA CON FAL	PALETIZADO
4	1.25	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA POR DESGASTE	FALLO EN VALVULA DE DESCARGA DE HOJAS	PALETIZADO
5	1.20	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA DE SENSORES	MARCANDO NIVEL EN FALSO EN EL MEZCLADOR CONSTATEMENTE SE PA	MEZCLADO
7	1.18	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA DE COMUNICACIÓN	SECCIONADOR DE SEGURIDAD ACTIVADO - NO DABA SEÑAL DE ARRANQUE	ENSACADO
1	1.08	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA DE RODILLOS	se rompe rodillo motriz de la banda de evacuacion	PALETIZADO
7	1.03	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA DE MOTOR	TERMICO SE TRIPEO POR SOBRECALENTAMIENTO - SE CAMBIA TERMICO C	PALETIZADO
2	1.00	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA DE COMUNICACIÓN	AJUSTE Y LIMPIEZA DE SENSOR DE GALIVO DE ENTRADA , SE CAMBIA BAS	PALETIZADO
4	1.00	FALLA_DE_EQUIPO	FALLA POR DESGASTE	FALLA DE VALVULA DEL COLOCADOR DE HOJA (ELECTROVALVULA)	PALETIZADO

4.1.4 Analizar los datos cronológicos y establecer indicadores

Se establece indicadores, visión a 2 año de los resultados que desea obtener comparando con los resultados obtenidos del año pasado.

Figura 14 Hora y Frecuencia de Falla

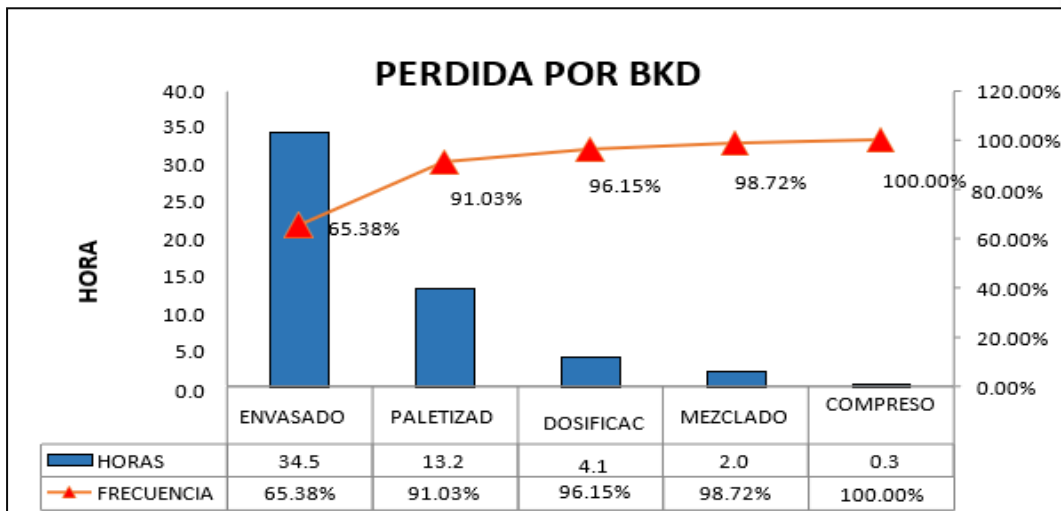


4.1.5 Efectuar el desarrollo de averías y hacer un análisis Pareto

Se realiza un estudio de Pareto en donde la ley del **80/20** establece que el **20%** del esfuerzo produce el 80% de los resultados.

En donde se centra el mayor de los problemas es la línea de envasado.

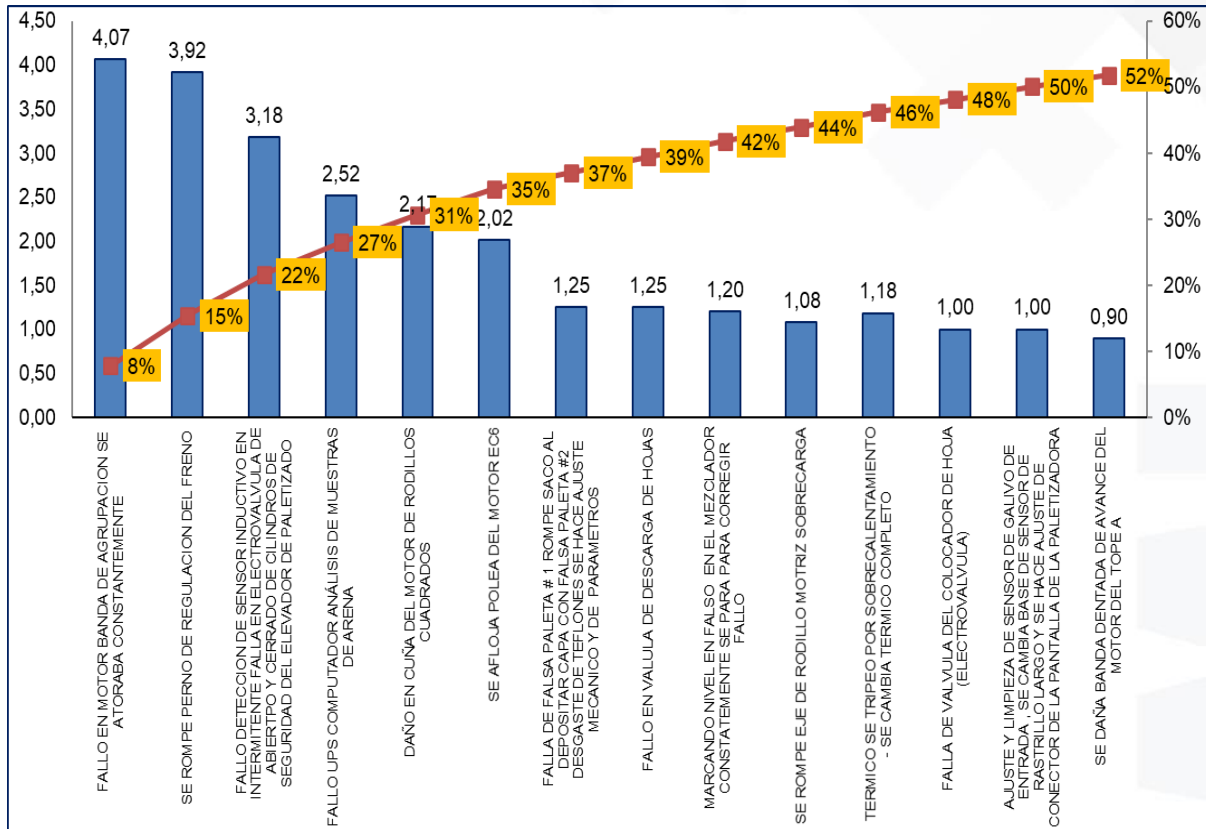
Figura 15 Tipo de perdida por área



4.1.6 Efectuar el desarrollo de averías y hacer un análisis Pareto

Aquí en este grafico se realice un zoom un despliegue para detectar lo que encierra la línea de envasado.

Figura 16 Análisis de falla



4.1.7 Reestablecer Condiciones Básicas

En este paso se realiza la limpieza, que ayuda a identificar las anomalías de los equipos y se instala carteles color azul en donde se encuentre el daño del equipo.

Figura 17 Imagen colocar carteles



4.1.8 Registros de los carteles

En este paso se registra todas las novedades encontradas en planta en donde se colocaron tarjetas azules para darles su respectivo tratamiento de corregir la anomalía.

Tabla 18 Matriz de registro de carteles de fallas del equipo

Registro de etiquetas Dept. # PLANTA RS																	
OT	N°	Registrada por	Anomalia	DEV	IMP	ORG	Area Equipo	Fecha d registro	Esfuerzo		Efecto		Prioridad				Descripción Problema
									Alto	Bajo	Alto	Bajo	A	B1	B2	C	
1224022	3	Julio Urgiles	A - Aceite, agua, fuga de aire	X	-	-	Ensacadora	14/6/2019		X		X	1				fuga de aire y manometro no visible
	1	Rommel Chaca	J - Partes rotas/faltantes	X	-	-	Ensacadora	14/6/2019		X		X		1			electrocanal no tiene tapa
1236947	5	Rommel Chaca	O - Partes mecánicas dañadas	X	-	-	Ensacadora	14/6/2019		x		x	1				platina de base de sujecion dobladas
1224823	7	Rommel Chaca	N - Partes eléctricas dañadas	X	-	-	Ensacadora	14/6/2019		x		x	1				cables de motor rodillos muy largos
1224815	9	Rommel Chaca	N - Partes eléctricas dañadas	X	-	-	Ensacadora	14/6/2019		x		x	1				cables colgados y en mal estado banda larga
1235514	8	Rommel Chaca	O - Partes mecánicas dañadas	X	-	-	Ensacadora	14/6/2019		x		x	1				falta de perno en base de sensor
	4	Fabian Choez	N - Partes eléctricas dañadas	X	-	-	Paletizadora	14/6/2019		X		X		1			protector de cable dañado
1224721	11	Rommel Chaca	J - Partes rotas/faltantes	X	-	-	Ensacadora	21/6/2019		X		X	1				fisura en base de pinzas

4.1.9 Definición de estándares de limpieza

Se define un plan de Inspección, Lubricación, Limpieza y Ajuste (LILA), en donde en conjunto con el personal de mantenimiento y producción se realiza la actividad en el equipo sin afectar las operaciones es un proceso de arranque de cada turno y revisiones en línea.

Tabla 19 Matriz de plan de LILA

REVISADO POR :							17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
No.	Descripción de Tarea	Nivel de limpieza esperado	Material	Hecho por	Horas hombre	Metodos de inspección																	
1	LIMPIEZA DE PANTALLA DE SENSOR	Libre de polvo / sin residuos / Limpieza con wype		IM/RC	5'																		
2	LIMPIEZA DE SENSORES	Libre de polvo/ sin rozar otra parte del equipo		IM/RC	5'																		
3	LIMPIEZA DE REFLECTORES	Libre de polvo / sin desgaste o rotura / Limpieza con wype		IM/RC	5'																		
4																							
<input type="radio"/> TAREA NO PLANEADA <input type="radio"/> TAREA PLANEADA POR EL JEFE DE AREA <input type="radio"/> TAREA REALIZA POR EL PERSONAL ASIGNADO <input type="radio"/> TAREA REALIZADA POR EL NIV DE LIMPIEZA NO ES ACEPTABLE <input type="radio"/> TAREA REALIZADA Y REVISADA																							

4.1.10 Plan de Lubricación

El plan de lubricación de la planta es una lista completa de lubricantes y grasas para equipos y maquinaria, junto con un documento de registro que indica las características del lubricante, el punto exacto de lubricación, la cantidad de lubricante, con la frecuencia establecida de cada equipo y en las condiciones ideales. A lo largo de la línea de lubricación se inspeccionan las chumaceras y sellos de la máquina para asegurar que estén en buen estado y libres de fugas de grasa, por más pequeñas que sean, se debe avisar y programar la inspección.

- Filtro absoluto.
- Eliminar las fuentes de contaminación.
- Análisis de la contaminación.

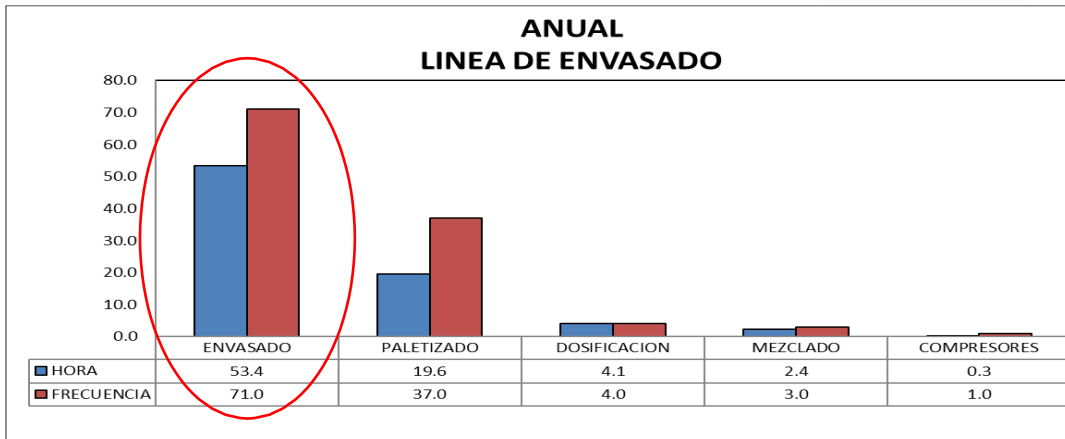
Tabla 20 Matriz de plan de LILA

PLAN DE LUBRICACIÓN																						
ÁREA PRODUCTIVA	M.E.D.	NÚM. DE EQUIPO	CANTIDAD DE EQUIPOS	NO. DE EQUIPOS EN USO	FECHA DE ELABORACIÓN	MES																
	MARZO					1																
REVISADO POR :																						
Nº	Descripción de Tarea	Nivel de lubricación esperado	Material	Hecho por	Horas por Hombre	Método de inspección	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	EJE PRE RASTRILLO	TRAPO			5'																	
2	LUBRICACIÓN DE EJE TOPE A	SOLO LIMPIAR CON TRAPO			5'																	
3	LUBRICACIÓN DE EJE TOPE B	SOLO LIMPIAR CON TRAPO			5'																	
4	LUBRICACIÓN DE EJE TOPE C - D	SOLO LIMPIAR CON TRAPO			5'																	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input type="radio"/> TAREA NO PLANEADA </div> <div> <input type="radio"/> TAREA PLANEADA POR EL JEFE DE AREA </div> <div> <input type="radio"/> TAREA REALIZADA POR EL PERSONAL ASIGNADO </div> <div> <input type="radio"/> TAREA REALIZADA POR EL NIVEL DE LIMPIEZA NO ES ACEPTABLE </div> <div> <input type="radio"/> TAREA REALIZADA Y REVISADA </div> </div>																						
Operator:					Supervisor de producción:							Técnico:										

4.1.11 Atacar las averías Frecuentes

Se realiza un diagrama de Pareto de todas líneas de producción que están relacionadas a mi proceso productivo para determinar dónde está mi pérdida y cuál es el área más crítica.

Figura 18 Tipo de pérdida por área



4.1.12 Establecer indicadores de Mantenimiento

Alcanzar ceros desperdicios, al trabajar en paradas, materiales, energía y piezas de repuesto. (Kaizen Institute). Alcanzar valores excelentes con respecto a Tiempo Promedio Entre Fallos (MTBF) y a Tiempo Promedio Entre Accidentes (MTTR). (Kaizen Institute).

$$MTBF = \frac{HO - HBKD}{\#FALLAS}$$

$$MTTR = \frac{H.BKD}{\#FALLAS}$$

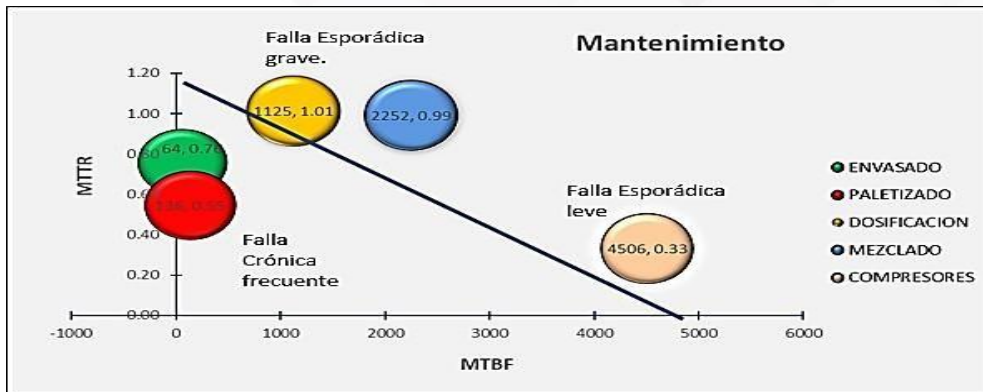
Siga las mejores prácticas de salud y seguridad para garantizar que no haya accidentes.

Tablero de control indicadores mensuales de #FALLAS – MTBF – MTTR

Tabla 21 Tabla de indicadores

MES	MES	H. OPERACIÓN	H. TEORICAS	%OEE	H. BKD	N FALLAS	MTBF	MTTR
ENERO	1	371.6	286.1	77%	2.1	3.0	123.2	0.68
FEBRERO	2	308.3	227.8	74%	3.9	5.0	60.9	0.79
MARZO	3	342.7	254.8	74%	5.9	17.0	19.8	0.35
ABRIL	4	424.0	309.6	73%	12.1	18.0	22.9	0.67
MAYO	5	361.2	284.7	79%	5.6	7.0	50.8	0.79
JUNIO	6	356.2	279.9	79%	5.5	6.0	58.5	0.92
JULIO	7	404.8	290.0	72%	8.9	12.0	33.0	0.74
AGOSTO	8	443.7	359.7	81%	4.8	11.0	39.9	0.43
SEPTIEMBRE	9	366.4	300.7	82%	2.1	6.0	60.7	0.36
OCTUBRE	10	364.4	301.4	83%	3.7	5.0	72.1	0.74
NOVIEMBRE	11	3.3	2.5	75%	16.2	14.0	27.5	1.16
ACUMULADO		3746.6	2897.3	0.8	70.7	104.0	35.3	0.7

Figura 19 Tipo de fallas representada en cuadro de burbuja



4.1.13 Establecer Ficha de averías de Equipos.

Aplicar metodología Kaizen, los 5 porque, los 5G dependiendo el tipo de falla que se sucedio se aplicara la metodología del análisis causa raíz para determinar el origen de la falla, y no vuelva a suceder.

Figura 20 Tipo de ficha de análisis de avería

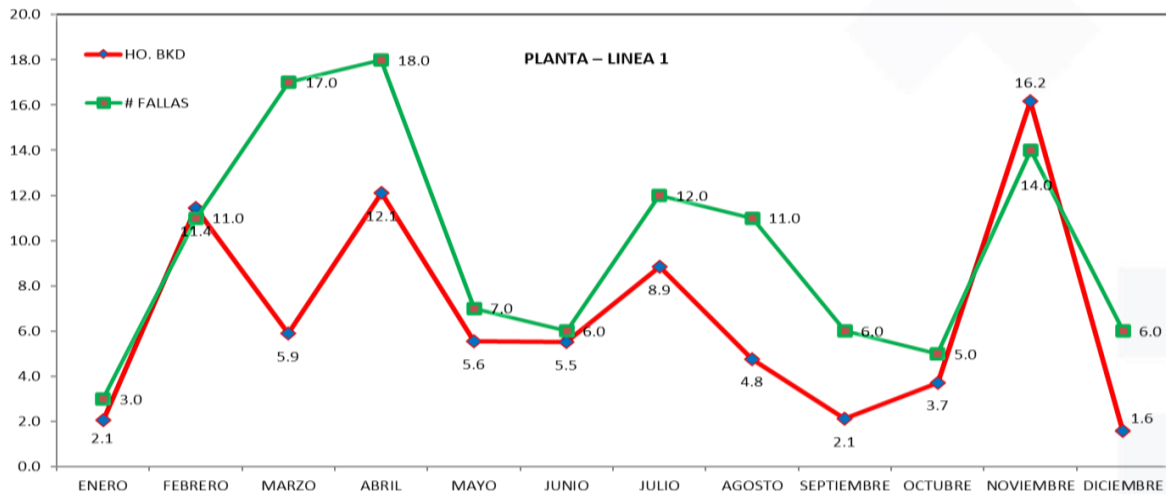
FICHA DE AVERIA

TECNICO A.C. Orme	OPERADOR Luis Polosa
MAQUINA Bebida	FECHA 12
HORA AVERIA 10:28	HORA DE INTERVENCIÓN 10:30
HORA REPARACION 12:10	HORA PUESTA EN MARCHA 12:40
<p>¿QUE PASO Y DONDE? Sección (parte del equipo) Ruidosamente al subir información al PLC se cayo conflicto e ingreso control en línea equivocada, se corrigio para se caso el conflicto.</p> <p>SEÑALES DE ADVERTENCIA ANTES DE LA AVERIA?</p> <p>INDICACION DE LA INTERVENCIÓN Y DETALLE CON REPUESTOS UTILIZADOS Y USOS DE LA REPARACION? Con todo el ingreso de control eléctrico de PLC para mostrar un código de producción por lo cual se ingreso dicho código, pero el proceso se cayo un conflicto.</p> <p>TIPO DE AVERIA + CROQUIS</p> <p>USAR la parte posterior de la hoja para realizar el análisis 5 por que. Clasificar + sección de mantenimiento</p> <p>CAUSAS DEL ORIGEN TIPO MEDIDAS A TOMAR</p> <p>Ingreso mala orden de trabajo Máquina o máquina no parada Actualización de software de Ganda y Paletizado versiones distribuid.</p> <p>TIPO: 1. No depl. 2. Pasa de funcionamiento preventivo. 3. Simple averia mal operada. 4. Especial (construido por parte del cliente) 5. Desembarco de repuestos. 6. Máquina o instalación no probada. 7. Vicio del suministro. 8. Producto en vicio del no control.</p> <p>¿SE HUBIERON IMPLEMENTADO Y/O CONTROLES PARA PREVENIR ESTA AVERIA?</p> <p>DESCRIPCION CUAN FRECUENCIA</p> <p>No ha suado — —</p> <p>¿SE NECESITAN NECESOS COMPLEMENTACIONES PARA RESOLVER LA RAZA DEL PROBLEMA?</p> <p>DESCRIPCION CUAN FRECUENCIA</p> <p>Paletizado Estado Operador Doble</p> <p>ANÁLISIS DE LOS 5 POR QUE</p> <p>PROBLEMA: Paletizado no completa ciclo automatico</p> <p>1 PORQUE: Por perdida de sincronia automatica</p> <p>2 PORQUE: PLC no responde a los comandos</p> <p>3 PORQUE: No alta compatibilidad con control de control y Paletizado</p> <p>4 PORQUE: Velocidad de acceso superior a velocidad de Paletizado</p> <p>5 PORQUE: Actualizar versiones de Software</p> <p>ACCIÓN: Actualizar Versiones de software de Ganda y Paletizado</p>	

4.1.14 Efectuar el seguimiento constante de los resultados

Los indicadores se recomienda analizarlos diarios en conjunto con el departamento de producción y mantenimiento y establecer fechas de resultados ante un problema que se presente.

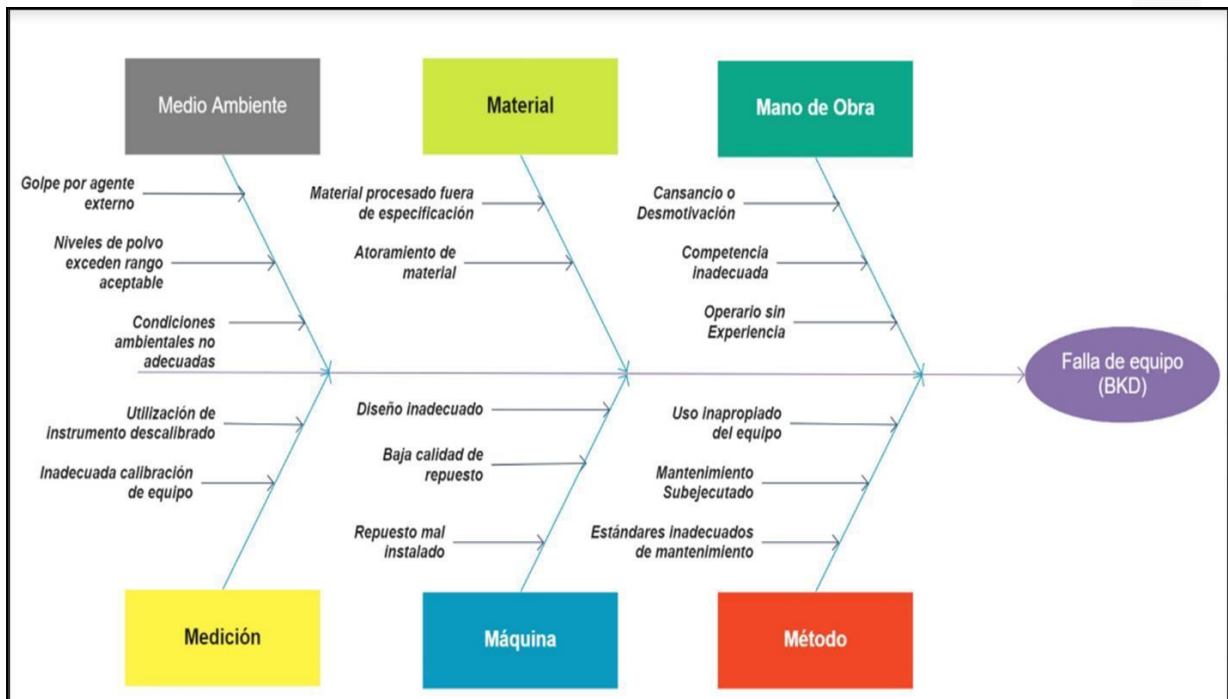
Figura 21 Análisis de resultados



4.1.1.5 Definir el Plan de Mantenimiento Preventivo

Se aplica la técnica Ishikawa o las 4M según la metodología que se encuentra en el marco teórico.

Figura 22 Análisis de resultados



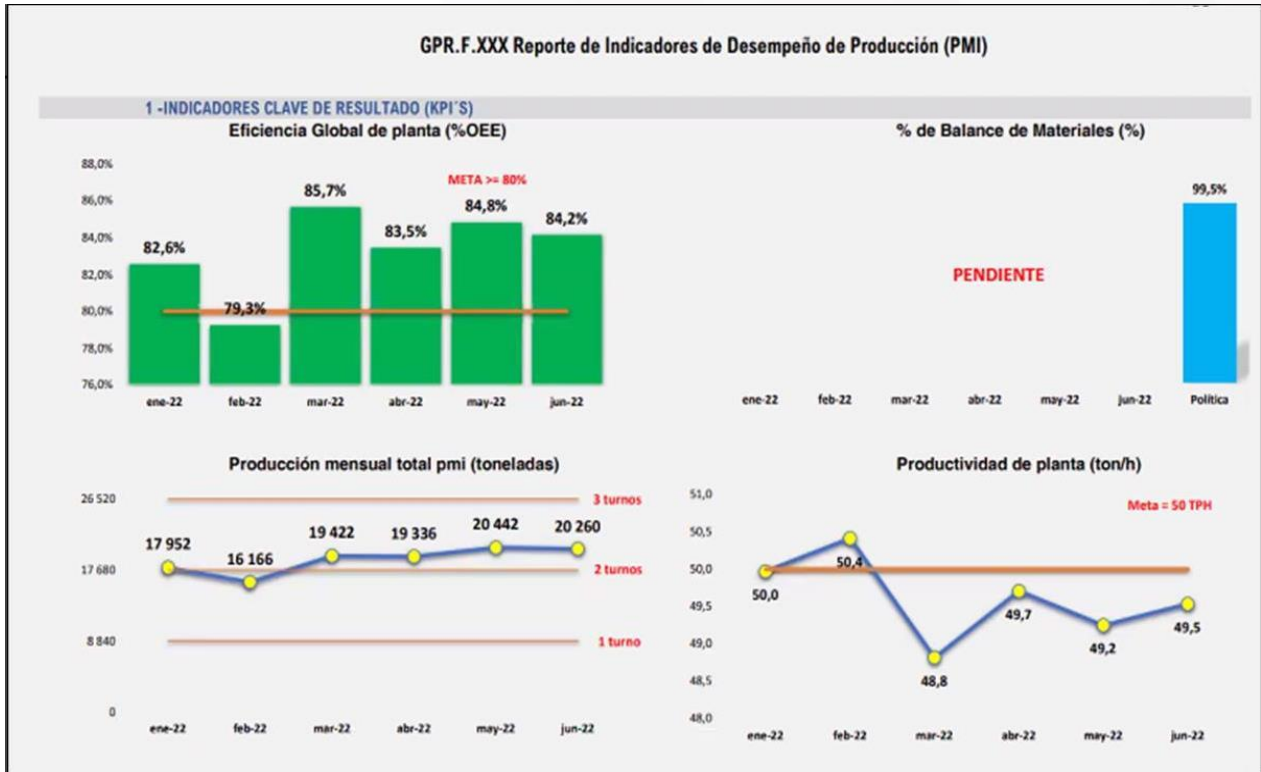
4.1.16 Resultados Esperados

Reducción de las fallas de equipos no programados.

TIPO DE FALLA	HORAS	HORAS	HORAS	# EVENTOS	# EVENTOS	# EVENTOS
	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021
FALLA DE COMUNICACIÓN	15.6	0.6	2.3	24.0	2.0	6.0
FALLA DE MOTOR	15.3	3.6	4.8	15.0	7.0	9.0
FALLA DE SENSORES	12.0	2.5	1.4	21.0	5.0	3.0
FALLA POR DESGASTE	11.6	0.2		17.0	1.0	
FALLA POR ROTURA	7.9	1.7	6.1	5.0	2.0	4.0
FALLA DE SISTEMA TRANSMISIÓN	4.0	2.1		9.0	3.0	
FALLA DE CILINDRO	3.4	0.7	1.0	7.0	2.0	2.0
FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD	2.6			6.0		
FALLA DE ESTRUCTURA	2.5			2.0		
FALLA DE RODILLOS	2.3		2.5	4.0		5.0
FALLA GUILLOTINA	0.6			1.0		
FALLA SELLOS COMPUERTA	0.6	1.2		1.0	1.0	
FALLA DE CODIFICADORA	0.4			1.0		
FALLA DE CALIBRACIÓN	0.4		2.3	1.0		1.0
FALLA DE VALVULAS	0.3	0.2	0.8	1.0	1.0	1.0
FALLA DE MOTOTAMBOR	0.3			1.0		
FALLA EN BREAKER PRINCIPAL		0.45	1.5			2.0
FALLA DE CONTACTOR TERMICO		2.4			2.0	
FALLA NEUMATICA		1.8			1.0	
FALLA DE BAQUELITA		0.8			1.0	
FALLA DE ACOUPLE		0.5			1.0	
FALLA DE VARIADOR		0.4			2.0	
DAÑO EN GRAPA BANDA ASCEN		0.4			1.0	
FALLA DE SISTEMA DE PESAJE			0.3			1.0
FALLO PANEL DE CONTROL		0.2	0.1		1.0	1.0
FALLA DE MANGUERA		0.3			1.0	
VENTOSA EN MAL ESTADO		0.2			1.0	
FALLO BOMBAS VACIO			0.1			1.0
	79.7	20.0	23.2	116	35	36
Reducción		74.9%			69.8%	

Una reducción del 75% de fallas de parada no programadas.

4.1.17 Incremento del OEE de la planta año 2022.



2.- INDICADORES DE GESTION DE PRODUCCION

INDICADOR	unidades	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22	jul-22	POLITICA
Disponibilidad tecnica de planta	%	98	99	99	99	97	98	99	97
Disponibilidad operativa de planta	%	91	92	93	89	91	92	93	93
Disponibilidad total de planta	%	85	91	92	88	88	90	91	90
Indicde de Rendimiento	%	94	96	95	97	94	96	97	95
Ahorro por mejora de OEE	\$	-\$10	\$733	\$398	\$386	-\$209	\$367	\$459	>0
Promedio cambio de producto	min	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Consumo electrico pot ton	Kwh/ton	8.3	8.1	8.5	8.4	8.8	8.3	8.6	<8.5

4.2 DISCUSIÓN

Después de haber realizado el análisis profundo de la teoría de (Pérez, Castiblanco y Mateo, 2020) los antecedentes concuerdan con el mejoramiento de la gestión del mantenimiento aplicando la metodología WCM. El autor utiliza 2 tipos de enfoques en la mejora de un plan de mantenimiento a través de herramientas RCM, WCM, Lean Manufacturing y la participación del modelo Design Thinking. Con la implementación de la metodología WCM se identificó, actuó y atenuó el problema fundamental planteado en la investigación adecuado al mejoramiento de la Gestión del Mantenimiento en las Plantas Industriales con dirección enfocada a reducir los tiempos de para en las líneas de producción por fallas de los equipos. Para las plantas industriales que necesitan desarrollar y mejorar los planes de mantenimiento, un enfoque valioso es el diagnóstico de la situación actual, que tiene en cuenta aspectos relacionados con las necesidades y el alcance de la operación, como el tipo y tamaño de la planta industrial, sus procesos, equipos, defectos, equipos, política interna y externa, recursos físicos y humanos, trabajos, productos y servicios. El objetivo principal es la reducción de las paradas no planificadas de las líneas de producción en el proceso de envasado por falla de los equipos. El desarrollo viene marcado por los pasos utilizados de la metodología WCM como la estratificación de las mayores pérdidas a través de análisis y diagnósticos que ayudan a evidenciar las anomalías y los fenómenos de cada problema. Por lo tanto, el autor concuerda con la teoría y el modelo de WCM declarando la metodología que se va a utilizar en esta propuesta.

(Inga, 2017), uno de los problemas más complejos y difíciles es que se debe enfrentar en la actualidad cualquier persona que quiera investigar es, sin lugar a duda, la gran cantidad de métodos, técnicas y herramientas que existen en forma de opciones en un número ilimitado

de modelos. Para la mejora de la eficiencia de los equipos en línea de envasado utilizaron la metodología TPM para esto está planificado trabajar con 6 pilares: Mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado, mantenimiento de la calidad, mejora enfocada, entrenamiento y seguridad, determinando el impacto en términos OEE (disponibilidad, eficiencia, calidad) de un programa TPM. Según los resultados mostrados, no existe evidencia estadística para afirmar que hubo variación en el OEE en ninguna línea. No obstante, es importante señalar que las causas guardan una estrecha relación a factores externos a esta implementación, como es el caso de defectos en los insumos y horas de capacitación con respecto al factor disponibilidad, presentó un ligero descenso en ambas líneas (Línea Nano 2: de 82.7% a 89.2%, Línea Nano 3: de 77.4% a 80.7%). En cuanto al rendimiento este aumentó consistentemente en ambas líneas (Línea Nano 2: de 77.4% a 70.1%, Línea Nano 3: de 65.9% a 56.9%), siendo esto evidencia de las actividades realizadas por el pilar de mantenimiento autónomo. Contrastando con los resultados obtenidos en este trabajo donde se registran paradas no programadas, se realizó el análisis de la línea de producción (línea de envasado) en donde se presentaba la mayor pérdida de paradas no planificadas y costo alto en mantenimiento correctivos en donde se aplicó las herramientas de WCM, donde se demostró disminución de las paradas no programadas en un 75%, disminución de costos de mantenimiento por fallas correctivas 35% y calidad del producto 95%.

Las aplicaciones del modelo World Class Manufacturing en una planta de producción es una herramienta eficiente según (Torres J. , 2018). El modelo que abarca a todos los ámbitos, incluido el personal de la empresa, y cuya premisa es la erradicación de todo tipo de pérdidas producidas en la planta. La primera de las aplicaciones que se expone en este proyecto consiste en un profundo estudio de la evolución del pilar de Focus Improvement & Costs, uno de los pilares fundamentales bajo los que se compone el WCM, lo cual permitió reducir del tiempo empleado en la puesta a punto de las líneas tras un cambio de color. Como se observa la

aplicación de WCM es efectivo, sin embargo es importante aplicar indicadores para analizar con profundidad los problemas evidencias, es así como dentro del desarrollo del trabajo propuesto se establecieron indicadores como el MTBF Y MTTR para dar el seguimiento a la gestión del mantenimiento dentro de la empresa que garantiza la confiabilidad y disponibilidad. Porque la confiabilidad es lograr que tus equipos fallen lo menos posible y la mantenibilidad es lograr que todas las reparaciones sean en el menor tiempo posible, en nuestro caso se llevaría 1,5 año y estamos logrando con esfuerzo el departamento mantenimiento sostenerlo en el tiempo

CONCLUSIONES

La situación actual de la gestión de mantenimiento industrial sobre las paradas no planificadas en la línea de envasado se presentaba con gran frecuencia con altos costos en mantenimiento correctivos, ante este hecho la disponibilidad de los equipos se reduce y el rendimiento de las líneas de producción se viera afectada la producción y el retraso de entrega del producto final a logística.

La validación de la metodología consistió en establecer metas y objetivos que perseguimos, hay que tener claros los objetivos que persigue la empresa, también se seleccionó los KPI para que los objetivos de la empresa están siempre alineados con la estrategia de la empresa. Luego se seleccionó la pérdida que generan más volumen lo cual permitió estudiar cada línea, a partir de aquí se configuraron los grupos de mejora para erradicar la pérdida encontradas y reducirla al máximo. Los resultados positivos obtenidos, gracias a la metodología del WCM se reflejan en los tiempos de cumplimiento, disminución de las paradas no programadas en un 75%, disminución de costos de mantenimiento por fallas correctivas 35% y calidad del producto 95%.

La evaluación de las condiciones básicas de las maquinarias se realizaron a través de indicadores como el MTBF Y MTTR para dar el seguimiento a la gestión del mantenimiento dentro de la empresa que garantiza la confiabilidad y disponibilidad. Porque la confiabilidad es lograr que tus equipos fallen lo menos posible y la mantenibilidad es lograr que todas las reparaciones sean en el menor tiempo posible. La metodología WCM es un proceso de implementación de mejora continua que puede llegar a ser maduro después de 2 años y sostenerlo en el tiempo es el reto, en nuestro caso los resultados de la aplicación nos llevaron 1,5 año y estamos logrando con esfuerzo el departamento mantenimiento sostenerlo en el tiempo.

RECOMENDACIONES.

De acuerdo con los resultados obtenidos se recomienda realizar otros estudios para aplicar la metodología RCM basada en el mantenimiento predictivo de uso de técnicas especializadas como vibraciones y ultrasonido que aportaría a la gestión del mantenimiento industrial, en especial en las líneas de envasado.

Involucrar al equipo de trabajo, es decir, desde los directores ejecutivos hasta los guardias, con la finalidad de traer efectos visibles a la empresa, además de compartir sus propias experiencias para encontrar nuevas soluciones que sean útiles en el proceso de implementación de WCM y así disminuir las paradas no programadas, disminuir costos de mantenimiento por fallas correctivas y calidad del producto.

Garantizar la aplicación de indicadores para dar el seguimiento a la gestión del mantenimiento dentro de la empresa que garantice la confiabilidad y disponibilidad, de esta manera sostenerlos en el tiempo para que los nuevos directivos del área de mantenimiento tengan un direccionamiento a seguir y aplicarlo.

Bibliografía

- Álvarez y Paucar . (2022). Desarrollo e implementación de la metodología de mejora continua en una mype metalmecánica para mejorar la productividad. Perú. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/337910/Manual+5S.pdf?sequence=2>
- Astudillo, F. (2017). Crear una plataforma para la implementación de mantenimiento productivo total basada en filosofía lean, aplicable a la mediana empresas de manufactura, caso etapa EP. Tesis postgrado, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6932/1/12887.pdf>
- Cadena, O. (2018). Gestión de la calidad y productividad. Sangolquí. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15416/1/GESTION%20DE%20LA%20CALIDAD%20Y%20PRODUCTIVIDAD.pdf>
- Chávez, Jiménez y Cucuri. (2020). Análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) del sistema de reinyección de agua de formación. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 5(9), 249-267. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5768/576869060014/html/>
- Cicerón. (2020). Enfoques de Gestión. Madrid. Obtenido de http://fcaenlinea1.unam.mx/anexos/1360/1360_U9_act6.pdf
- Durand, H. (2018). Propuesta de mejora para disminuir los tiempos de paradas no programadas de los buses en una empresa de transporte público a través de la metodología RCM y un mantenimiento autónomo. Lima. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624788/DURAND_DH.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Fernández. (2018). Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM. Madrid. Obtenido de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=EC7C624E8C26356A539A33D85446E94A?sequence=1>
- Fernández, E. (2018). Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM. Universidad de Oviedo. Obtenido de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf?sequence=1>
- Forero, A. (2020). La gestión del mantenimiento productivo total como herramienta de mejoramiento en empresas del sector manufactura. Bogotá. Obtenido de

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7938/1/579766-2020-II-GC.pdf>

- Gamarra, J. (2018). Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento del área de hilandería en las etapas de prehilado para una empresa textil basado en la implementación de TPM. Lima, Perú. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625101/Gamarra_AJ.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Inga, J. (2017). Mejora de la eficiencia global de los equipos en líneas de envasado usando metodología TPM en industria de productos lácteos. Tesis, Lima. Obtenido de https://repositorio.utec.edu.pe/bitstream/20.500.12815/93/1/Inga_Jean%20Carlos.pdf
- Iniciativas empresariales. (2019). Mantenimiento Productivo Total (TPM). Barcelona. Obtenido de https://www.iniciativasempresariales.com/admin/img/Mantenimiento_productivo_total_TPM.pdf
- Jara, M. (2017). El método de las 5s: su aplicación. Guayaquil. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/hevila/ResnonverbaGuayaquil/2017/vol7/no1/10.pdf>
- Juan Ignacio Torres Arjona. (2018). Aplicaciones del modelo World Class, Manufacturing en una planta de producción de. Universidad de Sevilla.
- Kaizen Institute. (s.f.). Kaizen Institute Chile. Obtenido de <https://cl.kaizen.com/>
- Loaiza, A. (2019). Gestión de mantenimiento correctivo en las instalaciones universitarias públicas de la costa oriental del Lago. Revista de Investigación en Ciencias de la Administración, 3(9), 15-31. doi:<https://www.redalyc.org/journal/6219/621964639002/621964639002.pdf>
- Loor, Quiroz y Llosas. (2021). Análisis termográfico y su incidencia en los indicadores de mantenimiento de redes y equipos para la S/E Portoviejo #1, Unidad de Negocios Manabí. Revista Domino de las Ciencias, 7(3), 848-876. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8229741.pdf>
- Mariño, J. (2022). Propuesta de mejora del proceso productivo en la línea de envasado de helados de una compañía ubicada en la ciudad de guayaquil aplicando herramientas de World Class Manufacturing. Tesis, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/64244/1/MARI%C3%91O%20GAVINO%20JESSIE%20ARTURO.pdf>
- Marrero, A. (2019). Modelo diagnostico planificacion del mantenimiento. Universidad tecnologica de la Habana, XL(ISSN 1815 - 5936), 148 - 160. Obtenido de

<http://scielo.sld.cu/pdf/rii/v40n2/1815-5936-rii-40-02-148.pdf>

- Marrerro, Pichardo y Vilalta. (2022). Medición del proceso de planificación del mantenimiento al nivel operativo. *Revista Retos de la Dirección*, 16(1). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552022000100025
- Martínez, D. (2020). Implementación de los pilares de mantenimiento autónomo (paso 0) y mantenimiento planeado (paso 1) de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de prensas y planta 1 de la empresa C.I. Colauto S.A.S. Tesis, Universidad de Antioquía, Medellín. Obtenido de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15718/1/MartinezDaniel_2020_IplementacionPilaresMantenimiento.pdf
- Mata. (2018). Beneficios del mantenimiento predictivo en el ámbito de la seguridad en las máquinas. Ciudad Real. Obtenido de <http://www.ecofield.com.ar/images-blog/IMAGES/251009x1.pdf>
- Moreano y Pérez. (2020). Plan de mantenimiento preventivo para la mejora del índice de falla de un sistema de transporte neumático. *Revista Dominio de las Ciencias*, 6(4), 307-323. Obtenido de <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/download/1469/2684>
- Moreira, O. (2022). Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil. Tesis postgrado, Guayaquil. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22961/1/UPS-GT003900.pdf>
- Mouteira, Basso, Paradela y Lupano. (2022). Efecto del tratamiento térmico con ultrasonido sobre la calidad físico-química y el proceso de cristalización de la miel. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 121(1), 18. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/journal/23/233043011/233043011.pdf>
- Nava, et. al. (2017). Metodología de la aplicación 5'S. *Revista de Investigaciones Sociales*, 3(8), 29-41. Obtenido de https://www.ecorfan.org/republicofnicaragua/researchjournal/investigacionessociales/journal/vol3num8/Revista_de_Investigaciones_Sociales_V3_N8_3.pdf
- Padilla, E. (2018). Los sistemas de mantenimiento. Universidad Rafael Landívar, Madrid. Obtenido de https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin06/URL_06_IND01.pdf
- Pérez y Quintero. (2017). Metodología dinámica para la implementación de 5's en el área de producción de las. *Revista Ciencias Estratégicas*, 25(38), 411-423. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/1513/151354939009.pdf>

- Pérez, Castiblanco y Mateo. (JULIO de 2020). Diseño de una metodología para generar un plan de mantenimiento a través de la integración de RCM, WCM y Lean Manufacturing aplicable en procesos de trefilado de alambión. VOL.14(No.27), 82 - 90. doi:<https://doi.org/10.31908/19098367.1793>
- Pérez, E. (2019). Modelo de mantenimiento basado en RCM, WCM y lean manufacturing para el proceso de trefilado de Alambión. Tesis, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Tantoyuca. Obtenido de <https://itsta.edu.mx/wp-content/uploads/repositorio-mii/2019/EMILIO%20PEREZ%20ADAN/TESIS%20EMILIO%20PEREZ%20ADAN.pdf>
- Rosas, J. (2019). Las 5'S herramientas básicas de mejora de la calidad de vida. Madrid. Obtenido de <https://jesuitas.lat/uploads/metodologia-de-las-5s-herramientas-basicas-de-mejora-de-la-calidad-de-vida/JUSTO%20ROJAS%20-%20LAS%205S%20HERRAMIENTAS%20BSICAS%20DE%20MEJORA%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20VIDA.pdf>
- Saavedra, P. (2020). Análisis de vibraciones de máquinas. Tesis, Concepción. Obtenido de https://fi.udec.cl/wp-content/uploads/2020/03/Contenidos_curso-2020.pdf
- Samat y Kamaruddin. (2018). Integración de la eficacia global del equipo OEE y el método de fiabilidad para medir la eficacia de la máquina. Sudafrica de ingeniería industrial.
- Sánchez, A. (2017). Técnicas de mantenimiento predictivo. Metodología de aplicación en las organizaciones. Bogotá. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/151749409.pdf>
- Silvia, L. (2022). Comprenda qué es WCM – World Class Manufacturing y los beneficios de aplicarlo en la práctica. Obtenido de <https://blog-es.checklistfacil.com/wcm-world-class-manufacturing/>
- Torres, F. (2019). Análisis de vibraciones e interpretación de datos. Zaragoza. Obtenido de <http://www.todosensores.es/articulos/vibraciones.pdf>
- Torres, J. (2018). aplicaciones del modelo World Class Manufacturing en una planta de producción de tapones de plástico. Universidad de Sevilla, Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I, Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/85180/TFG-2018-TORRES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Urieta, C. S., & Córdoba, E. (Junio de 2017). Sostenibilidad empresarial a través de la manufactura de clase mundial. Journal of Undergraduate Research, 2(1). Obtenido de

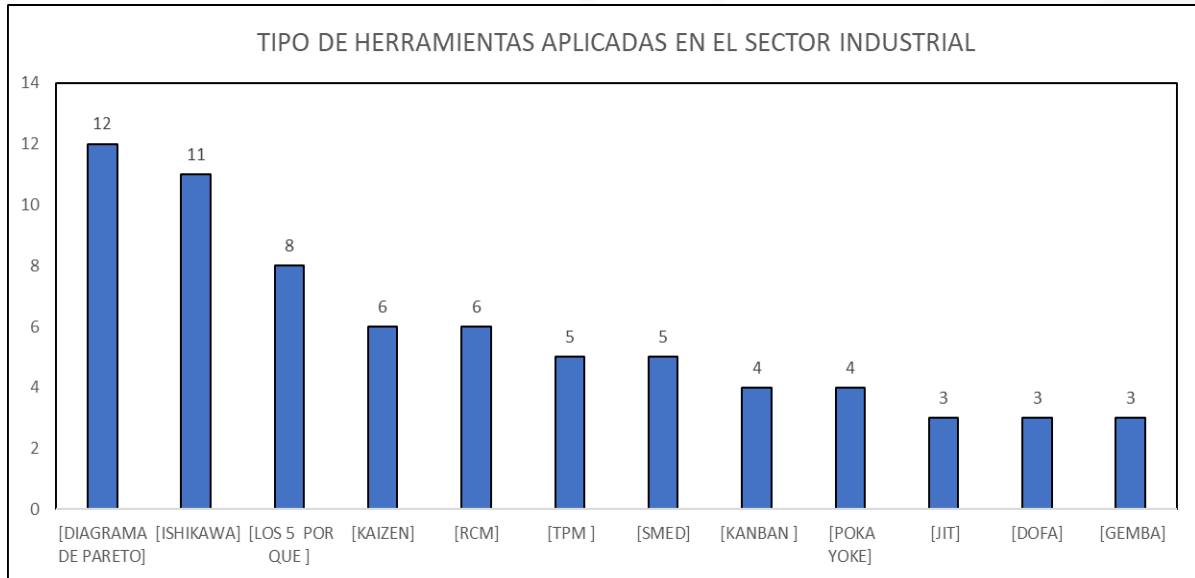
[https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/download/598/pdf/#:~:text=Urieta%20\(et%20al\)%3A%20Sostenibilidad,la%20Manufactura%20de%20Clase%20Mundial.&text=La%20Manufactura%20de%20Clase%20Mundial%20es%20un%20concepto%20que%20aprovecha,global%20y%20obt](https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/download/598/pdf/#:~:text=Urieta%20(et%20al)%3A%20Sostenibilidad,la%20Manufactura%20de%20Clase%20Mundial.&text=La%20Manufactura%20de%20Clase%20Mundial%20es%20un%20concepto%20que%20aprovecha,global%20y%20obt)

Vargas, Estupiñán y Díaz. (2017). Actualidad mundial de los sistemas de gestión del mantenimiento. Revista ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 51(2), 10-16. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251002.pdf>

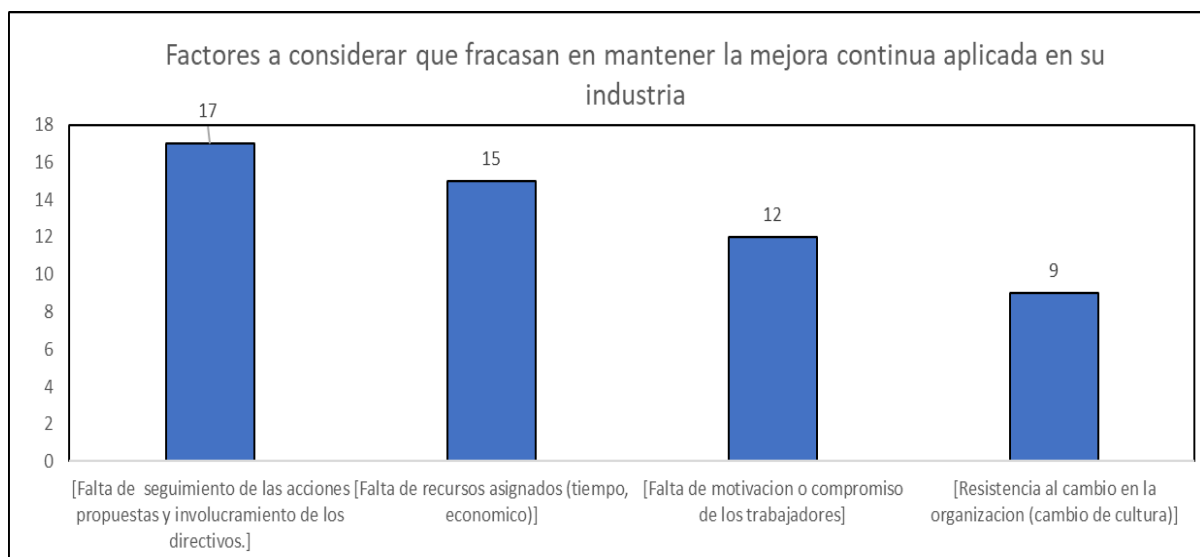
ANEXOS

Preguntas aplicadas a de la industria de la construcción

1.- Se realizo encuesta a nivel de tipos de herramientas que son aplicadas en la industria y su impacto.



2.- Se realizo encuesta de nivel de factores que fracasan en sostener la mejora continua.



La encuesta se aplica a empresas de la industria de la construcción (cementerías, canteras), el 45% - tienen problemas con el mantenimiento de los equipos de producción, pero el 16% señala que están luchando con problemas de calidad que pueden ser considerados como interrupciones de la producción por equipos que afectan la calidad del producto. Según las encuestas las empresas aportan con un valor el uso de las metodologías WCM Y Kaizen en sus puestos de trabajos:

TIPO	Cuales son los impactos relevantes de mejora continua que ha evidenciado en su trabajo.
1	Aumento de disponibilidad de tiempo de trabajos, ahorros economicos significativos y cambio de cultura
2	En la parte productiva los procesos evidencian una mejora considerable
3	Mejora en productividad
4	Mejora en productividad
5	Subir el oee
6	La reduccion de las paradas no programadas
7	Eliminar los re-trabajos, disminuir los tiempos operativos y los costos directos
8	Aumento de productividad del personal tecnico. Disminuye paradas imprevista
9	Mejoramiento de los procesos
10	Mejores tiempos de produccion
11	Productividad
12	Reduccion de desperdicios
13	Bajos costos de produccion
14	Reduccion de tiempos en procesos
15	Calidad y cantidad de productos
16	Reduccion de tiempo muerto
17	Alcance de objetivos organizacionales

