



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO



**Implementación del mantenimiento autónomo en el área de
envasado y fin de línea, para incrementar la eficiencia
operativa en una empresa de la industria alimentaria de
bebidas asépticas**

T E S I S

Que para obtener el grado de:

Maestría en Planeación Estratégica e Innovación

Presenta:

Ing. Víctor Manuel Mireles Murguía

Asesor:

Dr. Orlando Guarneros García

San Luis Potosí, S. L. P.

Febrero de 2024



20 de julio de 2023

**ING. VÍCTOR MANUEL MIRELES MURGUÍA
P R E S E N T E**

En atención a su solicitud de Temario, presentada por el **Dr. Orlando Guarneros García**, Asesor de la Tesis que desarrollará Usted, con el objeto de obtener el Grado de **Maestro en Planeación Estratégica e Innovación**, me es grato comunicarle que en la sesión del H. Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 20 de julio del presente año, fue aprobado el Temario propuesto:

TEMARIO:

“Implementación del mantenimiento autónomo en el área de envasado y fin de línea, como estrategia para incrementar la eficiencia operativa en una empresa de la industria alimentaria de bebidas asépticas”

Introducción.

1. Historia y definición del mantenimiento productivo total.
2. Mantenimiento autónomo.
3. Eficiencia operativa en el proceso productivo de bebidas asépticas.
4. Metodología para la implementación de la estrategia.
5. Discusión de resultados.

Conclusiones.

Anexos.

Referencias bibliográficas.

“MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO”

A T E N T A M E N T E

DR. EMILIO JORGE GONZÁLEZ GALVÁN
DIRECTOR
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCION

Copia. Archivo
*etn.

“UASLP, más de un siglo educando con autonomía”



www.uaslp.mx

Av. Manuel Nava 8
Zona Universitaria - CP 78290
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (444) 826 2330 al39
fax (444) 826 2336

Resumen

El trabajo se centra en incrementar la eficiencia operativa en los equipos de envasado y fin de línea, en una empresa de la industria alimentaria de bebidas asépticas.

Se diseñó un estudio de enfoque cuantitativo, en el cual se definió la eficiencia operativa como variable dependiente, mientras que el plan de mantenimiento autónomo se consideró cómo la variable independiente. Para ello se realizó un estudio de la situación inicial de la organización, revisando la eficiencia operativa de cada una de sus líneas.

Como técnica e instrumento de recolección se realizaron: bitácoras de operación de las líneas de producción, listas de verificación de limpieza inicial de equipos, rutinas de limpieza e inspección de equipos, así como de registro de limpieza e inspección de equipos, mapas de áreas de difícil acceso.

Después de la implementación del paso 0 y 1 del mantenimiento autónomo, que es realizar la limpieza inicial de los equipos detección de fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso, realizar estándares de limpieza e inspección general, se logró incrementar la eficiencia operativa en los equipos de envasado y fin de línea con un 72.5%, así mismo se mejoró un 3.5% de la misma en el periodo de estudio.

Agradecimientos

A mi esposa y mi hijo por su paciencia, comprensión y apoyo en todos los momentos de este proyecto profesional, sin su apoyo este trabajo de investigación nunca lo hubiera terminado.

Gracias a mis padres y hermanos que siempre me estuvieron impulsando a seguir adelante con este trabajo de investigación.

Gracias al Dr. Orlando Guarneros Garcia, por la dedicación, apoyo que me ha brindado para realizar este trabajo de investigación, por el respeto a mis sugerencias, ideas y dirección de este trabajo.

Al comité directo de la organización que me abrió las puertas para implementar dicho trabajo.

A todos muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	6
PROBLEMÁTICA.....	9
DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	12
JUSTIFICACIÓN.....	13
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	14
OBJETIVOS	15
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
I. HISTORIA Y DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	15
1.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO	15
1.2 INICIO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	19
1.3 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO.....	20
1.4 PILARES DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	23
II. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	24
2.1 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	28
III. EFICIENCIA OPERATIVA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE BEBIDAS ASÉPTICAS	42
IV. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA	50
4.1 PROPUESTA METODOLÓGICA.....	50
4.2 METODOLOGÍA	52
4.3 HIPÓTESIS	52
4.4 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	53
4.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	53
4.6 POBLACIÓN Y MUESTRA	54
4.7 TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	54
4.7.1 DIAGRAMA DE FLUJO.....	56
4.7.2 INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN.....	57
4.7.3 DESARROLLO Y APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	59
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
CONCLUSIONES.....	78
ANEXOS.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	85

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - MODELO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.	24
FIGURA 2- PASOS PARA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	26
FIGURA 4-. GENERACIONES EN LA EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	17
FIGURA 5-. ÁREAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.	22
FIGURA 6 - . LECCIÓN DE UN PUNTO	38
FIGURA 7 - IINSTRUCCIÓN DE TRABAJO	40
FIGURA 8- TIPOS DE TARJETAS	41
FIGURA 9 - TIPOS DE TIEMPOS PARA CÁLCULOS DE EFICIENCIA OPERATIVA	43
FIGURA 10 - DIAGRAMA DE FLUJO	57
FIGURA 11 -. GANTT DE ACTIVIDADES PARA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	60
FIGURA 12 -. CAPACITACIÓN AL PERSONAL INVOLUCRADO EN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO. 65	
FIGURA 13 -. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LIMPIEZA INICIAL A EQUIPOS DE ENVASADO Y FIN DE LÍNEA	67
FIGURA 14.- AFECTACIONES LÍNEA 1 EN EL AÑO 2022.	70
FIGURA 15.- AFECTACIONES LÍNEA 3 EN EL AÑO 2022	72
FIGURA 16.- AFECTACIONES LÍNEA 5 EN EL AÑO 2022.	73
FIGURA 17.- PRINCIPALES AFECTACIONES EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN EL AÑO 2022	75

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1-. EFICIENCIA OPERATIVA PLANTA.....	11
GRÁFICA 2.- EFICIENCIA OPERATIVA POR MES, EN LA TOTALIDAD DE LAS LÍNEAS.	64
GRÁFICA 3.- EFICIENCIA OPERATIVA LÍNEA 1 EN EL AÑO 2022.	69
GRÁFICA 4- EFICIENCIA OPERATIVA LÍNEA 3 EN EL AÑO 2022.	71
GRÁFICA 5.- EFICIENCIA OPERATIVA LÍNEA 5 EN EL AÑO 2022.	73
GRÁFICA 6.- EFICIENCIA OPERATIVA ACUMULADA DE 2022.	74
GRÁFICA 7.- EFICIENCIA TOTAL DE PLANTA DE 2022.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1- DESCRIPCIÓN DE PASOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.	27
TABLA 2- EFICIENCIA OPERATIVA POR MES, TIEMPO Y TIPOS DE PARO DE LA LÍNEA 1.....	61
TABLA 3.- EFICIENCIA OPERATIVA POR MES, TIEMPO Y TIPOS DE PARO DE LA LÍNEA 3.....	62
TABLA 4.- EFICIENCIA OPERATIVA POR MES, TIEMPO Y TIPOS DE PARO DE LA LÍNEA 5.....	63
TABLA 5.- EFICIENCIA OPERATIVA POR MES, TIEMPO Y TIPOS DE PARO DE LA LÍNEA 6.....	63

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación se busca incrementar la eficiencia operativa de una empresa de la industria alimentaria que realiza bebidas asépticas, basándose en la implementación del mantenimiento autónomo.

Para lograr este objetivo de la investigación se basará en un pilar del mantenimiento total productivo que es el mantenimiento autónomo, con esta metodología se atacarán las principales afectaciones organizacionales y técnicas de los equipos de envasado, los equipos de fin de línea.

La organización que es objeto de estudio está dedicada a realizar bebidas asépticas, las cuales son alimentos o bebidas que pueden tener una vida de anaquel de hasta 8 meses sin perder sus características de sabor, textura, color y valor nutricional sin agregar conservadores. Esta empresa cuenta con 4 líneas de producción y elabora productos para diferentes clientes, satisfaciendo las necesidades de cada uno de ellos y así como cumpliendo sus requerimientos de calidad e inocuidad. La organización se encarga desde el almacenamiento de materias primas, preparación de productos, proceso térmico, almacenamiento aséptico, envasado aséptico y almacenamiento de producto terminando.

En este estudio se busca incrementar la eficiencia operativa de las máquinas, para así asegurar el cumplimiento del plan de producción. Se busca implementar el

sistema de mantenimiento autónomo que es un pilar de la metodología japonesa de mantenimiento total productivo. Se pretende que los operadores conozcan los equipos, se hagan responsable de los mismos y que conozcan el correcto funcionamiento, para lograr esto se debe de contar con un programa de capacitación del mantenimiento autónomo, en donde se genera un compromiso de todo el personal involucrado que va desde la alta dirección hasta los operadores, con esto se puede incrementar la eficiencia operativa para asegurar el cumplimiento del plan de producción.

La empresa está ubicada estratégicamente en la zona industrial de San Luis Potosi, debido a la proximidad a las 3 ciudades principales; México, Guadalajara y Monterrey, así como la inmediación a los principales puntos de distribución que tiene el grupo Irapuato y México. También por su cercanía a los principales puertos marítimos como ciudades fronterizas.



Actualmente la empresa se divide en 8 áreas productivas:

1. Servicios
2. Almacén de materia prima
3. Estandarizado
4. Proceso
5. Almacenamiento Aséptico
6. Envasado Aséptico
7. Fin de línea
8. Y almacén de producto terminado.

Problemática

La empresa se fundó en el año 2007 siendo una empresa familiar, la cual su objetivo era producir bebidas asépticas. La empresa no tenía sistemas establecidos y con el paso del tiempo los fue adquiriendo, siendo primordial el sistema de calidad, de aquí se empezaron a implementar los principales indicadores, siendo el último de ellos la eficiencia operativa.

La empresa comenzó a fabricar para diversos clientes, los cuales sus requerimientos de calidad y producción cada vez eran más altos. En el año 2016 la empresa familiar fue comprada por un corporativo estadounidense, y para ello se comenzaron a implementar sistemas de seguridad, calidad y costo. En el año 2017 el corporativo estadounidense fue adquirido por un corporativo francés, dentro de esta adquisición se encuentra la empresa actualmente.

Cabe resaltar que se comenzó a implementar los principales estándares de este corporativo francés, los cuales fueron los siguientes:

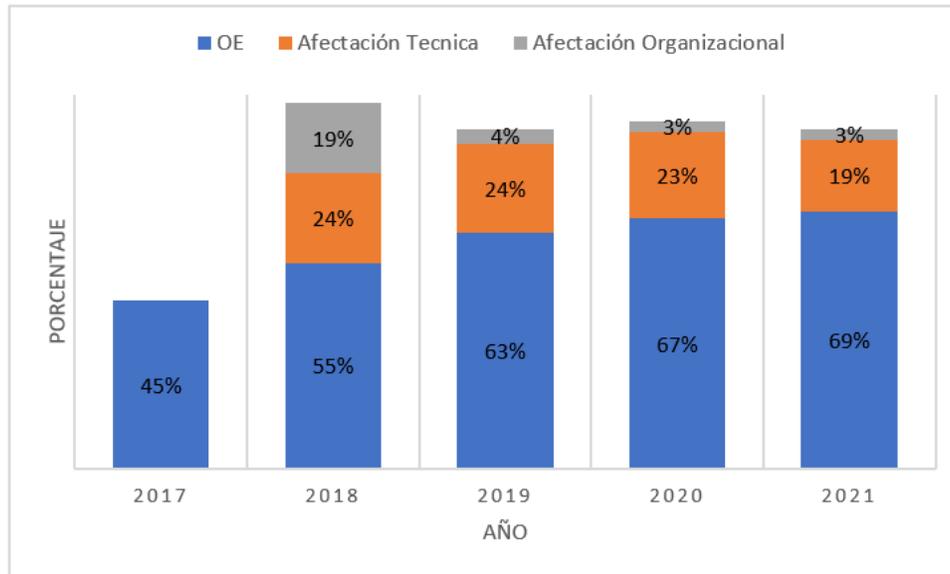
- S – Seguridad
- Q - Calidad
- C - Costo
- D - Entrega
- M – Medio ambiente
- E – Moral

La empresa comenzó a medir todos estos indicadores para colocar objetivos en cada uno de ellos, con la primicia de mejorarlos; uno de ellos es la eficiencia operativa, considerado uno de los indicadores más relevantes debido a su impacto en la calidad, costo y entrega.

La eficiencia operativa se define como un indicador para medir todas las actividades de una planta, se utiliza mayormente en el área de producción ya que se mide el tiempo operado de la maquina en base al tiempo que se planifico su funcionamiento (Danone, 2018).

La empresa actualmente tiene un problema de baja eficiencia operativa en la mayoría de sus líneas de producción, esto está generando sobre costos operativos, penalizaciones por no cumplir la entrega de pedidos de los clientes, pérdida de venta, quejas de calidad, entre otros.

Gráfica 1-. Eficiencia operativa planta. Fuente: Elaboración propia.



En la gráfica No. 1 se muestra el comportamiento de la eficiencia operativa de la planta del 2017 al 2021, así como sus afectaciones técnicas y organizaciones. La afectación técnica se refiere a cualquier paro inesperado de la línea causado por alguna sistema mecánico, neumático, eléctrico. La afectación organizacional se refiere a cualquier paro inesperado generado por el personal operativo como puede ser falta de capacitación, falta de habilidad operativa, falta de personal, entre otros. Se puede observar que del año 2017 al año 2021, hay una mejora significativa en la eficiencia operativa incrementando un 24% de esta, así como la reducción de la afectación técnica de 5.4% del año 2018 al año 2021.

A partir de lo resumido anteriormente, la problemática es la siguiente:

- Maquinaria envasado y fin de línea, fuera de las condiciones básicas de operación.
- La afectación Técnica de las máquinas de envasado y fin de línea son la principal causa de paro.
- Falta de capacitación al personal operativo y de mantenimiento.

Delimitación del problema

Para este problema caso de estudio se planea realizar la implementación del sistema de mantenimiento autónomo, que es un pilar primordial del mantenimiento productivo total, en una empresa ubicada en San Luis Potosi, dedicada a realizar bebidas asépticas. Esto es para atacar las principales afectaciones técnicas y organizacionales que se tienen en las diferentes líneas de producción, con el fin de incrementar la eficiencia operativa de cada una de ellas, para este problema caso de estudio se realizará en el área de envasado aséptico y equipos de fin de línea. Se realiza un análisis de la eficiencia operativa de los últimos años para ver el comportamiento en cada una de las líneas, para enfocarnos en los equipos que se tenga una mayor afectación a la eficiencia operativa. Una vez teniendo el comportamiento de los últimos meses de la eficiencia operativa, así como sus principales afectaciones técnicas y organizaciones, se realizarán los principales planes de trabajo basados en un pilar de mantenimiento total productivo, que es el mantenimiento autónomo.

Es importante señalar que, debido a las limitaciones del tiempo, se implementarán solo los 2 primeros pasos del mantenimiento autónomo en los equipos de envasado y fin de línea, dejando a la organización un gran avance para terminar de implementar los otros 5 pasos faltantes.

Justificación

El trabajo de investigación se realizará en una empresa dedicada a la elaboración de alimentos y bebidas asépticas, enfocándonos en el área de envasado aséptico y fin de línea, en la cual la falta de implementación de sistemas de mantenimiento ocasiona problemas de calidad, costo y entrega de los productos e ineficiencia.

Actualmente la empresa tiene diferentes áreas de oportunidad, siendo una principal la baja eficiencia operativa, ya que se tienen fallas recurrentes en las diferentes partes de la línea de producción; es algo que no se tiene específicamente controlado, así mismo la falta de capacitación operativa, técnica para el análisis y solución de problemas.

La relevancia de este trabajo de tesis es incrementar la eficiencia operativa de la empresa, esto puede ser el inicio de trabajos de investigación de este tipo para reducir el costo, impacto en la calidad y en la entrega de producto, esto podría tener un cambio positivo en el mantenimiento de la maquinaria en condiciones básicas de operación.

Actualmente la empresa tiene una eficiencia operativa de 69.04% total planta, esto quiere decir que el 30.96% del tiempo de disponible de producción de la planta los equipos están en paro, los cuales pueden ser por diferentes causas tales como averías de la maquinaria, falta de capacitación por los operadores, maquinaria fuera de condiciones básicas, etc...

Al implementar el sistema de mantenimiento autónomo se podría tener una mejora significativa en los equipos, ya que estos se llevarían a condiciones básicas de operación y el personal operativo se encargaría de mantenerlos en estas condiciones.

Preguntas de investigación

¿Cuál es el impacto en la eficiencia operativa de implementar de un sistema de mantenimiento autónomo en una empresa de elaboración de bebidas asépticas?

¿El mantenimiento autónomo es una herramienta útil para incrementar la eficiencia operativa?

Objetivos

Objetivo general

Incrementar la eficiencia operativa de los equipos de envasado y fin de línea, mediante la implementación del mantenimiento autónomo teniendo como meta mayor al 72%.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico, en una empresa de producción de bebidas asépticas, para conocer su estado actual de eficiencia operativa.
- Implementar los 2 principales pasos del mantenimiento autónomo, en una empresa que elabora bebidas asépticas, basándonos en la metodología de mantenimiento total productivo
- Obtener retroalimentación por parte comité directivo de la organización, con el objetivo de validar que la implementación del mantenimiento autónomo contribuye al incremento de eficiencia operativa en la organización.

I. HISTORIA Y DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

1.1 Historia del mantenimiento

Alrededor de 1950, la palabra "mantenimiento" comenzó a usarse industrialmente en los Estados Unidos, mientras que en Francia la palabra "entrenamiento" fue tomando fuerza gradualmente.

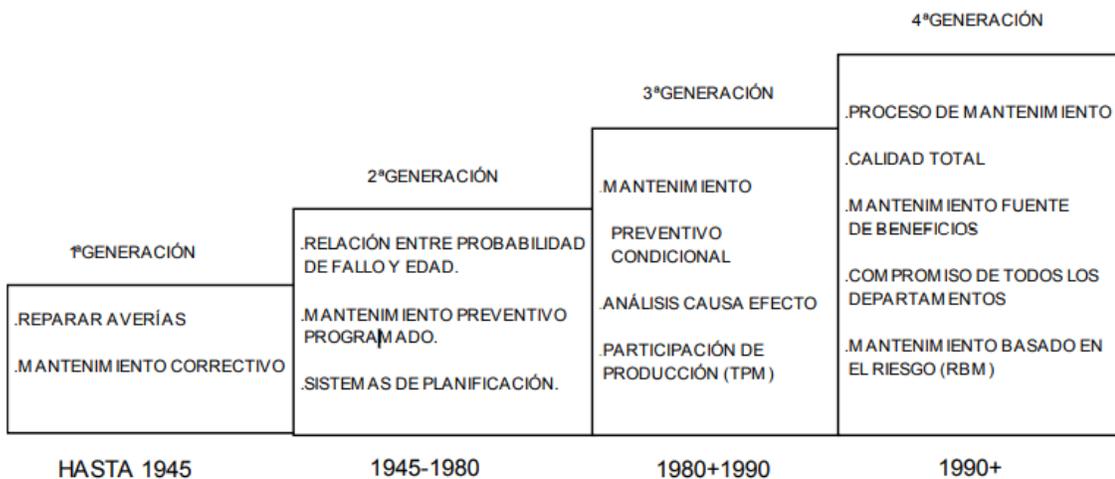
Este concepto ha evolucionado desde la simple reparación de equipos para asegurar la producción, hasta el actual concepto de mantenimiento con funciones preventivas, de reparación e inspección para optimizar el costo total.

En la figura No. 1 se puede distinguir cuatro generaciones en la evolución del concepto de mantenimiento:

- Generación Uno: La más larga, desde la Revolución Industrial hasta el final de la Segunda Guerra Mundial, aunque sigue dominando muchas industrias. El mantenimiento cubre únicamente la reparación de averías. Esto es mantenimiento correctivo.
- Segunda generación: entre la Segunda Guerra Mundial y fines de la década de 1970, se encontró un vínculo entre la edad del equipo y la probabilidad de falla. Comienza un reemplazo preventivo. Esto es mantenimiento preventivo.
- La tercera generación: Apareció a principios de la década de 1980 y comenzó a estudiar causa y efecto para encontrar la raíz del problema. Es el mantenimiento predictivo o detención temprana de los síntomas para actuar antes de las consecuencias. El departamento de producción comenzó a participar en la detección de fallas.
- Cuarta generación: nacida a principios de la década de 1990. El mantenimiento se considera parte del concepto de calidad total: “Gestionando adecuadamente el mantenimiento, es posible aumentar la disponibilidad y reducir los costos”.

Este es el mantenimiento basado en riesgos: el mantenimiento se considera un proceso de la empresa que involucra a diferentes departamentos. La posibilidad de falla de la máquina y las consecuencias relacionadas para el negocio es un riesgo que debe gestionarse para garantizar que siempre esté lista para usar al menor costo.

Figura 1-. Generaciones en la evolución del mantenimiento Fuente: Y., Gonzales, 2011.



Durante la Primera Guerra Mundial, las máquinas de guerra las trabajaban a pleno rendimiento sin parar porque su funcionamiento era una cuestión de vida o muerte, haciendo que las máquinas fueran cada vez más importantes y crecieran en número e interés. Así nació el mantenimiento preventivo, detección y corrección de anomalías en los equipos, antes de que causaran fallas o pérdidas que era una práctica tediosa, pero necesaria adoptada en la década de 1920.

Recién en 1950 se tomaron en cuenta las máquinas y se apreciaron los servicios que brindaban.

En la actualidad existen diferentes tipos de mantenimiento:

Mantenimiento preventivo: Es aquel que se realiza de manera anticipada con el fin de prevenir el surgimiento de averías, mediante la programación de tiempos planeados. La finalidad de este mantenimiento es aumentar la vida útil de la maquinaria o equipos, así como reducir los tiempos de averías.

Mantenimiento correctivo: Es aquel que tiene como objetivo, reparar una falla que se presenta durante las actividades productivas con impacto a la eficiencia operativa. No es recomendable aplicarlo y se hace solo en equipos no críticos o secundarios.

Mantenimiento predictivo: Se basa en el conocimiento del estado o condición operativa de una máquina o instalación. Algunos de los parámetros para identificar una condición negativa en la maquina son: la vibración, el ruido, la temperatura y la velocidad.

Mantenimiento productivo total: Es aquel en donde la responsabilidad del mantenimiento no es solo del departamento de mantenimiento sino de toda la organización. Está orientado a cero accidentes cero defectos y cero fallas (Danone, 2018).

El mantenimiento generalmente se considera inadecuado, localmente se considera un gasto, más sin embargo, el mantenimiento debe ser considerado como una parte que incrementa la productividad de la empresa, no un gasto a eliminar.

Otro punto que aumenta la producción es el mantenimiento autónomo, ya que, con este tipo de mantenimiento, además de reducir los costos de mantenimiento de los equipos, el operador se involucra directamente en el estado de la máquina.

1.2 Inicio del mantenimiento productivo total

En 1960 Nippondenso, empresa japonesa proveedora del sector automotriz, fue la pionera en introducir en la planta el mantenimiento preventivo y autónomo, ya que al automatizar sus procesos el mantenimiento de la maquinaria necesitaba mayor personal, es por esto que la empresa tomó la decisión de que el mantenimiento debía ser realizado por los mismos operarios. Después de implementar los mantenimientos preventivo y autónomo, organizó grupos o equipos haciendo participe a todo el personal de la compañía, creando así el mantenimiento productivo, el cual consiste en aprovechar al máximo las instalaciones y el equipo para lograr la eficiencia optima del costo de ciclo de vida del equipo de producción. (venkatesh,2010).

1.3 Definición del mantenimiento total productivo

El Mantenimiento Productivo Total (TPM), es un sistema industrial desarrollado en Japón en la década de 1970. El mantenimiento productivo total tiene como objetivo involucrar a todo el personal de la empresa para mejorar los procesos de producción mediante la eliminación de desperdicios, esforzándose por mejorar la eficiencia de las personas, los equipos y toda la planta (Álvarez, 2017).

El mantenimiento productivo total es un sistema que tiene como principal objetivo evitar pérdidas e incrementar la eficiencia durante el proceso de producción, involucrando a todas las áreas y el personal de la organización, que va desde el operador hasta la alta dirección.

A diferencia de los métodos tradicionales de mantenimiento, hay personas que se encargan de producción y otras personas que se encargan de reparar, en caso de haber fallas. El mantenimiento productivo total fomenta el compromiso permanente de todo el personal del cuidado, limpieza y mantenimiento preventivo para evitar que no se tengan accidentes, defectos o averías (Fernández Álvarez, 2018) (Galvan, 2012).

Los objetivos principales de mantenimiento productivo total son:

- Reducir las fallas en los equipos.
- Reducir el tiempo de espera y preparar el equipo.

- Uso eficiente de los equipos existentes.
- Control de precisión de herramientas y equipos.
- Promover y proteger los recursos naturales y gestionar la energía.
- Y educación y formación del personal.

Las cuatro metas principales del mantenimiento productivo total son:

1. Cero accidentes
2. Cero defectos
3. Cero averías
4. Y cero desperdicios.

El mantenimiento productivo total es una nueva dirección de producción ya que organiza a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores directos, y es un sistema de mantenimiento de equipos para toda la empresa que puede apoyar las instalaciones de producción más sofisticadas.



Figura 2-. Áreas del mantenimiento productivo total. Fuente: Elaboración propia.

En la figura No. 2 se puede observar todas las áreas involucradas en que engloba el mantenimiento productivo total

Al final de la implementación del mantenimiento productivo total se convierte en una estrategia global para la empresa, no solo en un sistema de mantenimiento enfocado principalmente en la eficiencia operativa global. El mantenimiento productivo total requiere un cambio de mentalidad y una nueva visión corporativa, lo que se traduce en la creación de nuevos grupos de trabajo que cumplan con los requisitos de autonomía, transversalidad, participación y delegación.

1.4 Pilares de mantenimiento productivo total

Los pilares sobre los que se sustenta el mantenimiento productivo total, son un conjunto de procesos fundamentales mediante los cuales se construye un sistema productivo ordenado (Álvarez, 2018). En la figura 3 se pueden observar los 8 pilares en los que se basa el mantenimiento productivo total y que son las 5´S. Esta metodología japonesa es básica porque los sistemas no podrán trabajar en un ambiente desorganizado, indisciplinado e ineficiente. Los problemas no se pueden identificar sin un área de trabajo estructurada y reconocer los problemas es el primer paso para mejorar (Vargas Quevedo, 2020).

Los pilares que TPM considera esenciales son:

Las 5S son las siguientes:

1. Seiri - Clasificación
2. Seiton - Orden
3. Seiso - Limpieza-
4. Seiketsu - Estandarización
5. Shitsuk – Disciplina

Figura 3 - Modelo del mantenimiento productivo total. Fuente: (Álvarez, 2018).



II. **MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

No existe una definición única de mantenimiento autónomo, según Miranda y da Silva, el propósito de los programas de mantenimiento autónomo es desarrollar las habilidades de los operadores para que puedan dominar fácilmente los equipos, ser capaces de detectar rápidamente anomalías, y recomendar mejoras para eliminar estas pérdidas (S. Miranda y I. da S, 2015). Por otro lado, Wanderlande y Ferrerira descubrieron que el mantenimiento autónomo es un proceso de capacitación por el que los operadores deben pasar para empoderarlos, y permitirles impulsar cambios en el lugar de trabajo para garantizar una alta eficiencia (Ferreira & Leite, 2016).

El mantenimiento autónomo sirve para garantizar que los operadores sean responsables de su equipo de trabajo de realizar limpieza, inspección y lubricación regulares a su maquinaria (Nakajima,1993).

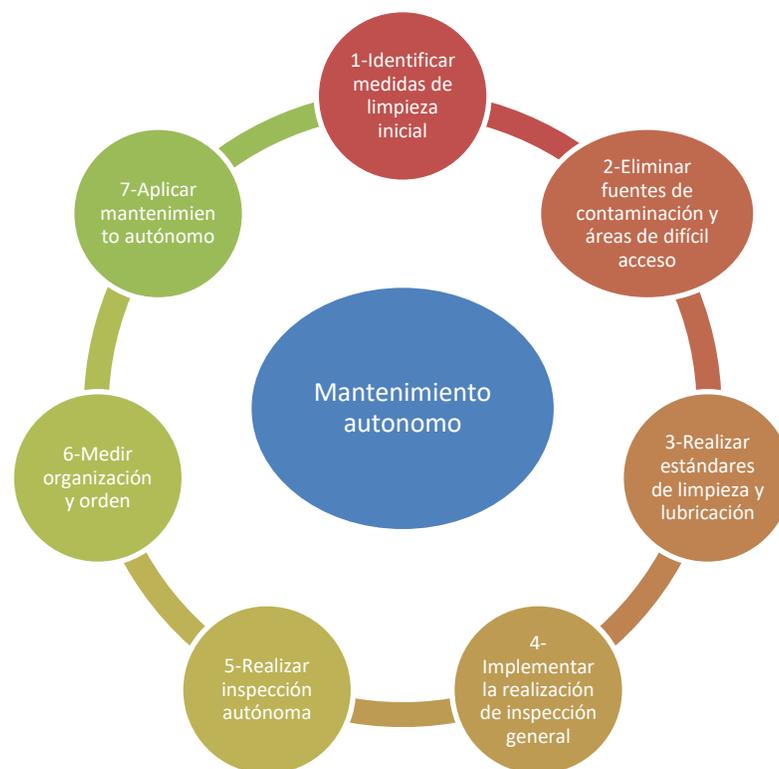
El mantenimiento autónomo es un elemento único y diferencial dentro del mantenimiento total productivo (Nakajima, 1989). Al realizar las actividades de Mantenimiento por los operadores genera una gran ventaja competitiva al aumentar la eficiencia de los procesos.

Mantener una producción eficiente depende de 2 áreas, producción y mantenimiento. A lo largo de los años, la empresa ha trabajado por separado con ambos departamentos. Por un lado, los equipos de mantenimiento están acostumbrados a una actitud pasiva de “solo vamos cuando es necesario”, por otro lado, el área de producción requiere mucho mantenimiento y en muchos casos el área de mantenimiento no tiene la capacidad de responder. Ambos extremos están mal, no es posible lograr las mejores condiciones posibles del equipo y la eficiencia de la línea de producción si se tienen mentalidades diferentes (Nakajima, 1989). Para que una operación sea más eficiente y exitosa se necesita un trabajo en equipo de estos 2 departamentos y el mantenimiento autónomo trata de eso.

Una metodología de trabajo en donde la responsabilidad de inspeccionar, limpiar y lubricar los equipos es del operador de producción; esto busca prevenir el pronto deterioro de los equipos y mantenerlos en la condición básica operable. Esto permite a los operadores ganar experiencia y conocimiento en cuanto a la operación y diagnóstico de sus equipos, siendo así la primera línea de defensa contra las paradas no planificadas de los equipos de producción (Molenda, 2016).

El programa de Mantenimiento Autónomo consta de siete pasos que deben implementarse de forma gradual y completa con el apoyo continuo del equipo de liderazgo. Estos pasos a menudo se agrupan y luego se dividen en fases para que el proceso de implementación sea más fácil y organizado.

Figura 4- Pasos para implementación del mantenimiento autónomo. Fuente: Molenda, 2016.



En la figura No. 4 se muestran los siete pasos que se deben seguir en un plan de desarrollo de mantenimiento autónomo(Molenda, 2016).

La Tabla No. 1 enumera siete pasos a seguir en un plan de desarrollo de mantenimiento autónomo, así como una breve descripción de lo que incluye cada paso (Molenda, 2016).

Tabla 1- Descripción de pasos del mantenimiento autónomo. Fuente: Molenda, 2016.

Paso	Nombre	Descripción
1	Identificar medidas de limpieza inicial	Limpieza de los equipos, con la mentalidad de limpio para inspeccionar.
2	Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso	Consiste en detectar las fuentes de contaminación y los lugares inaccesibles, que dificultan la limpieza y el acceso a áreas críticas
3	Realizar estándares de limpieza y lubricación	Elaboración estándares provisionales de limpieza, lubricación e inspección en los equipos para sostener su ejecución con tiempos y esfuerzos mínimos.
4	Implementar la realización de inspección general	Entrenamiento de los operadores en conocimiento de las funciones básicas de sus equipos y procedimientos de inspección.
5	Realizar inspección autónoma	Consiste en unificar los estándares de limpieza, inspección y lubricación, y el conocimiento adquirido en los pasos anteriores para la formulación de estándares generales y definitivos que permitan un mantenimiento efectivo y eficiente.
6	Medir organización y orden	Desarrollar un sistema comprensivo de limpieza y mejora continua en donde el rol del operador ya no es solo cubrir y atacar los problemas de los equipos, sino de toda el área de trabajo, para alcanzar los cero defectos y la excelencia operativa
7	Aplicar mantenimiento autónomo	El objetivo primordial es mantener y seguir mejorando el sistema desarrollado a lo largo de todo el programa

2.1 Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo es una de las actividades más características del mantenimiento total productivo, ya que después de que se implementó el mantenimiento preventivo, el operador dejó de realizar funciones en sus equipos ya que fueron perdiendo esta responsabilidad con lo que gradualmente perdieron su sensibilidad con respecto al mantenimiento.

El mantenimiento autónomo implementado en mantenimiento productivo total invierte esta tendencia. Los operadores participan en actividades periódicas de mantenimiento y mejoras para evitar el deterioro rápido, controlar la contaminación y ayudar a mejorar las condiciones del equipo (Galvan, 2012).

El trabajo principal del departamento de producción; es producir un buen producto lo más rápido posible al menor costo posible. El mantenimiento autónomo incluye cualquier actividad realizada por el departamento de producción, relacionada con la función de mantenimiento, con el fin de mantener la planta funcionando de manera eficiente y según lo programado. Los objetivos principales de implementar el mantenimiento autónomo son los siguientes:

- Evitar el deterioro de los equipos a través de una operación correcta y chequeo de los equipos.
- Llevar el equipo a su estado ideal a través de una restauración y gestión apropiada.

- Establecer condiciones básicas necesarias para tener el equipo bien mantenido permanentemente.

En el pasado, era una práctica común en la industria que el operador de planta mantuviera los equipos mediante la realización de inspecciones periódicas y algunos servicios, a su vez era común que hicieran reparaciones generales menores.

Sin embargo, en las décadas de 1950 y 1960, con el avance de la tecnología y el desarrollo de las fábricas, los equipos se volvieron cada vez más sofisticados y complejos. Con la llegada del mantenimiento preventivo, el mantenimiento de equipos se ha vuelto altamente especializado y la automatización ha progresado.

Desde entonces, el departamento de producción ha asumido un papel de supervisión, centrándose únicamente en la producción y el mantenimiento de los especialistas en equipos (esto genero el yo produzco, tu reparas).

La relación actual entre los departamentos de producción y mantenimiento es conflictiva. Cuando la producción se detuvo debido a una falla en el equipo, el departamento de producción se queja del departamento de mantenimiento; Mantenimiento no hace bien su trabajo, tarda demasiado en reparar los equipos.

De igual forma el equipo de mantenimiento critica al de producción; No realizan estándares y no realizan los chequeos, no saben operar los equipos, no lubrican las máquinas, así como el equipo de mantenimiento critica al equipo de producción, hay demasiadas fallas que se tienen que atender y la falta personal (Galvan, 2012).

El mantenimiento autónomo significa un cambio cultural en la empresa, especialmente en la persona de producción cambiando el yo produzco y tú lo conservas, en lugar de yo cuido mi equipo. Para ello, es necesario mejorar los conocimientos del operador para poder controlar todo el equipo. Esto significa desarrollar las siguientes capacidades del operador:

- a. Capacidades para descubrir anomalías.

Se debe de crear una vista precisa para detectar anomalías. Los operadores no solo detectan el tiempo de inactividad del equipo o los problemas de calidad del producto. Es necesario desarrollar habilidades reales para detectar las posibles causas de los problemas en las primeras etapas del proceso. Se trata de crear la capacidad de prevenir futuras anomalías.

- b. Capacidad para la corrección inmediata en relación con las causas identificadas

Con estas correcciones el equipo puede llevarse a las condiciones básicas de operación, por lo tanto, el operador debe ser consciente y capaz de tomar la decisión correcta, avisar al superior u otros departamentos pertinentes para prevención del problema.

c. Capacidad para establecer condiciones

La capacidad de cuantificar criterios para juzgar lo que es normal y lo que es anormal. A medida que se desarrolla la capacidad de detectar anomalías, depende de las condiciones y circunstancias específicas, por lo que el operador debe tener la capacidad o el criterio para juzgar el equipo como anormal o normal. No se puede esperar que el trabajo preciso, medido en cantidades precisas, determine la condición del equipo. Es fundamental desarrollar la capacidad de evaluar el daño potencial de los equipos.

d. Capacidad para controlar el mantenimiento

La idea es que los operadores puedan cumplir a cabalidad con las reglas establecidas. No se trata solo de detectar, corregir o prevenir errores. El punto es seguir estrictamente las reglas para que el dispositivo sea perfecto (Gómez, 2022). Al igual que los demás pilares, estos se llevan a cabo de manera secuencial y ordenada. El pilar de mantenimiento autónomo se lleva a cabo en siete pasos:

- Paso 1. Realizar la limpieza inicial.

El objetivo del Paso 1 de mantenimiento autónomo es elevar la fiabilidad del equipo a través de tres actividades:

- a. Elimine el polvo, la suciedad y los desechos: mediante una limpieza profunda, cualquier parte del contacto del operador del equipo aumenta su interés en el equipo y decide no volver a ensuciar el dispositivo nunca más. Esta operación requiere la asistencia de un técnico de mantenimiento, porque el operador necesita saber qué

partes de la máquina se pueden limpiar y cuáles se pueden usar para la limpieza.

- b. Detección de anomalías: detectar anomalías, grietas, en definitiva, cualquier cosa que pueda derivar en otros problemas, pero para ello también necesitan la ayuda del equipo de mantenimiento y producción para entender qué es raro y qué no.
- c. Corregir pequeñas deficiencias y establecer las condiciones básicas del equipo: Los defectos como el juego, el desgaste, la deformación y la corrosión excesiva deben repararse tan pronto como se descubran; algunos defectos pueden ser reparados por operadores y otro personal de mantenimiento especializado.

- Paso 2. Eliminar las fuentes de contaminación y puntos inaccesibles.

Los operadores ahora tienen la capacidad de realizar mejoras de eficiencia. El objetivo del paso 2 es reducir los tiempos de limpieza, inspección y lubricación mediante la introducción de dos tipos de mejora:

- a. Identifique y elimine las fuentes de fugas y derrames: La falta de control de fugas, derrames y propagación de polvo, vapores y líquidos corrosivos es inexplicable desde el punto de vista del mantenimiento, la calidad y la protección del medio ambiente.
- b. Mejore la accesibilidad para reducir el tiempo de actividad: es importante eliminar o mejorar las áreas de difícil acceso del equipo, tanto para el mantenimiento como para la operación diaria del equipo.

Esto reduce los tiempos de la limpieza, el servicio y el mantenimiento, así como los tiempos de lubricación.

- Paso 3. Establecer estándares de limpieza e inspección.

El propósito de este paso es asegurar que se mantengan los resultados obtenidos en el paso 1 y 2, es decir, asegurar que se mantengan las condiciones básicas y que el equipo esté en óptimas condiciones. Para ello, los equipos de operaciones deben contar con sus propios procedimientos de limpieza e inspección, y son responsables del mantenimiento de sus propios equipos.

Al preparar estos estándares y puntos de control, se debe tener en cuenta la motivación y la participación del operador; Mientras la gerencia adopte un estilo imperativo, los empleados nunca estarán a la altura de los estándares: "Nosotros establecemos los estándares, usted sigue los estándares". Estos estándares deben incluir controles, prioridades, métodos, herramientas, cronogramas, frecuencias y partes responsables (Pérez, 2007).

- Paso 4. Implementar la realización de inspección general

Los pasos 1, 2 y 3 son actividades de mantenimiento autónomo diseñadas para prevenir, detectar y controlar la condición básica de operación de los equipos, manteniéndolos limpios, lubricados y reajustados. En este cuarto paso se ensaya la detección de los modos de falla con una inspección general del equipo, también es importante que todo el entrenamiento de habilidades para los empleados comience

para que puedan realizar una inspección completa. La capacitación general para las pruebas debe realizarse elemento por elemento, comenzando con el desarrollo de habilidades. Durante este tiempo, es necesario fortalecer la capacitación técnica del personal.

- Paso 5. Realizar inspección autónoma

En el paso 5, los estándares de limpieza y lubricación establecidos en las etapas 1, 2 y 3, se comparan y evalúan con los estándares de las pruebas operativas para eliminar cualquier inconsistencia y garantizar un mantenimiento autónomo. El buen tiempo y la técnica asegurarán que pueda lograr sus objetivos.

Se debe de realizar el manual de inspección autónoma; aquí se complementa las inspecciones de grupo de trabajo de operadores y técnicos, en esta parte se menciona si estas inspecciones se harán con equipo en paro, equipo en marcha y condiciones de operación(Álvarez, 2018).

- Paso 6. Medir organización y orden

En las etapas anteriores se realizan actividades para cuidar las condiciones básicas de operación de los equipos a través de inspecciones periódicas. Esta fase concluye la tarea de implementar el proceso Kaizen en términos de métodos de trabajo, que ya no están directamente relacionados con el equipo, sino con el modo de operación del operador.

Con las mejoras a los métodos de inspección de equipos propuestas en la fase 5, será necesario establecer un estándar de mantenimiento en el tiempo. La estandarización tiene como objetivo asignar con precisión estas operaciones rutinarias al operador y realizarlas en el mejor tiempo posible. Los estándares deben incluir los sistemas de información necesarios para garantizar que los resultados de las pruebas autónomas se utilicen para mejorar los equipos y prevenir posibles problemas.

- Paso 7. Aplicar mantenimiento autónomo

En las fases 1 a 6 se han realizado mejoras tanto en el control de equipos como en los estándares de mejora de métodos de trabajo. En la fase 7, el proceso de mantenimiento autónomo se integra completamente en el proceso de gestión general de la empresa o se gestiona de acuerdo con la política. Su objetivo es reconocer la capacidad del operador para administrar su trabajo de forma independiente, creando un sentimiento de participación efectiva en el logro de los objetivos de la planta y la empresa.

Los moderadores podrán tomar decisiones en sus áreas de trabajo, colaborar para lograr objetivos comunes, iniciar nuevas acciones de mejora y abrir nuevas áreas de mejora y sostenibilidad en su forma de trabaja (Villaceballos, 2011).

El objetivo principal del mantenimiento autónomo es conseguir que los operadores mantengan una producción continua en todas sus líneas de producción, y que sea totalmente eficientes.

Las herramientas principales para la implementación del mantenimiento autónomo son las siguientes:

- Lecciones de un punto (LUP)

Es una herramienta para transmitir conocimientos y habilidades dentro de un grupo de trabajo, por lo que se puede documentar casos de problemas o mejoras que se derivan del potencial de mejora o incluso falla en la práctica. Nos permiten compartir y ampliar conocimientos. Una lección de un solo punto (LUP), también conocida como OPL por el término One Point Lesson, es una herramienta de comunicación que se utiliza para transmitir conocimientos y habilidades de manera simple o breve (Sosa, 2020).

La lección de un debe de realizarse por un integrante del equipo de trabajo, de un área en específico en donde está ocurriendo el problema.

La lección de un punto debe de contener lo siguiente:

- Tema
- Razón de la selección u Objetivo
- Clasificación
 - Conocimiento básico
 - Mejora
 - Problema

- Dibujos o fotografías
- Breve descripción de problema o mejora
- Validación
- Y firmas para la capacitación

La lección de un punto se realiza de la siguiente manera:

- Identificación del problema
- Identificar el punto clave para tener en cuenta para enseñar
- Utilizar el formato de lección de un punto y colocar en el conocimiento que se quiere dar a conocer
- Y la capacitación del equipo de trabajo

Figura 5 -. Lección de un punto. Fuente. Elaboración propia

		SISTEMA DE GESTIÓN		
		LUP	Código: F-AC.132	Revisión: 01
			Fecha de Aprobación:20-10-18	Página: 1 de 2
TEMA	Cierre de tapas Norson		NÚMERO:	FECHA DE PREPARACIÓN: 20/10/2019
CLASIFICACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> Conocimiento Básico <input type="checkbox"/> Caso de Mejora <input type="checkbox"/> Problema	PREPARADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Incorrecto</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Correcto</p>  </div> </div> <p style="text-align: center;">Se debe de asegurar el correcto cierre de las tapas de norson debido a: Tu seguridad Evitar problemas de taponamiento de boquillas por contaminación de hotmel (polvo,basura, astillas, etc...)</p> <div style="text-align: center;">  </div>				

En la figura No. 5 se puede observar un ejemplo de una lección de un punto

La lección de un punto tiene 4 propósitos principales, los cuales son:

- Capacitar de una manera rápida
 - Forma segura del traspaso de conocimientos
 - Disponer de la información y conocimiento en el momento oportuno
 - Y documentar procesos.
- Instrucciones de trabajo (IT)

Son una herramienta que ayuda a estandarizar procesos, ya que es la serie de pasos para realizar alguna actividad.

Son documentos que describen de manera clara y precisa la forma correcta de realizar tareas específicas, no hacerlo de cierta manera puede causar inconvenientes o daños. Es decir, describen, dictan o especifican los pasos que se deben seguir para realizar adecuadamente una determinada actividad o trabajo (*Albatian, 2017*).

Las instrucciones de trabajo se centran en explicar cómo se realizará la actividad y tienen carácter obligatorio. Las instrucciones de trabajo se utilizan para describir una actividad específica, generalmente relacionada a un puesto de trabajo (*Albatian, 2017*).

Las instrucciones de trabajo deben de ser fáciles de entender, deben de ser creadas de manera clara y precisa y servir de referencia para todos los colaboradores.

Figura 6 - Instrucción de trabajo. Fuente. Elaboración propia

		Limpieza CBP 30					
		Área / Línea:	Línea 6	Equipo:	CBP30		
Danone de México Planta San Luis Potosí		Tiempo x Actividad 60 minutos		Código:	ITE-CBP30-03		
				Emisión:	22-mar-19		
Riesgos de Seguridad:  Gravedad  Neumático  Mecánico  Químico  Eléctrico  Quemaduras			Claves: EPP: Equipo de Protección Personal; Véase reverso para lista HT: Herramientas de Trabajo; Véase reverso para lista				
EPP: 			HT: Paño , Aspiradora, Esponja blanca				
1		2		3		4	
	Retirar envases caídos dentro y parte baja de la maquina.		Retirar las rebabas de cartón , con la ayuda de una aspiradora retirar el polvo de cartón de las superficies y fondo de la unidad de almacén.		Retirar el polvo de cartón de las guías de transferencia y sopletaer las ruedas		Limpiar las ventosas de la unidad de almacén de cartón con un paño húmedo
5		6		7		7	
	Eliminar el polvo y residuos con aire comprimido, así como Limpiar con un paño húmedo las bandas, tapete y guías del distribuidor		Limpiar las guardas y acrílicos con un paño húmedo		Eliminar el polvo de las fotocélulas en Divisor, Acumulador, Unidad de almacén , Agrupador, Unidad de alimentación, Unidad de base y Transportador de salida, con ayuda de un paño suave		Limpieza de estaciones referencia OM Pág.. 209 a 233

En la figura No. 6 se observa un ejemplo de una instrucción de trabajo

- Tarjeteo

Es una manera muy eficiente en la que el operador o los electromecánicos al momento de realizar sus rutinas de limpieza e inspección, detectan posibles fallas, esto derivado a maquinaria fuera de condiciones básicas, daño de maquinaria, desgaste de piezas, etc...

Las tarjetas deben de contener lo siguiente (Bustamante, 2019):

- Fecha
- Equipo
- Nombre de la persona abre la tarjeta
- Descripción de la anomalía
- Y nombre de la persona del cierre de la tarjeta

Existen 3 tipos de tarjetas, las cuales son las siguientes (Escudero, 2007):

- Tarjeta azul: Esta tarjeta identifica las anomalías, las cuales deben de ser solucionadas por los operadores y/o el equipo de mantenimiento.
- Tarjeta amarilla: Esta tarjeta identifica las anomalías que afectan la seguridad de las personas o al medio ambiente.
- Tarjeta Roja: Esta tarjeta identifica las anomalías o fallos encontrados en la máquina que deberán ser solucionas por el área de mantenimiento o personal especialista (contratistas).

Figura 7- Tipos de tarjetas. Fuente. Elaboración propia

The image displays three TPM (Total Productive Maintenance) cards, each with a different color and purpose. All cards are from 'Colombiana S.A. Región de Guantánamo' and include a 'Número' field and a 'PASO' indicator (1-7). Each card has a 'PRIORIDAD' section with options A, B, and C. The cards are:

- Red Card (Mantenimiento):** Labeled 'MANTENIMIENTO' and 'PRIORIDAD A B C'. It includes fields for 'MÁQUINA', 'PARTE DE LA MÁQUINA', 'DETECTADO POR', 'FECHA' (with sub-fields for day, month, and year), and 'DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA'. At the bottom, it says 'USE ESTA HOJA COMO COPIA'.
- Yellow Card (Seguridad y Medio Ambiente):** Labeled 'SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE' and 'PRIORIDAD A B C'. It includes fields for 'MÁQUINA', 'PARTE DE LA MÁQUINA', 'DETECTADO POR', 'FECHA', and 'DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA'. At the bottom, it says 'USE ESTA HOJA COMO COPIA'.
- Blue Card (Operador):** Labeled 'OPERADOR' and 'PRIORIDAD A B C'. It includes fields for 'MÁQUINA', 'PARTE DE LA MÁQUINA', 'DETECTADO POR', 'FECHA', and 'DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA'. At the bottom, it says 'USE ESTA HOJA COMO COPIA'.

En figura No. 7 se puede observar los tipos de tarjetas

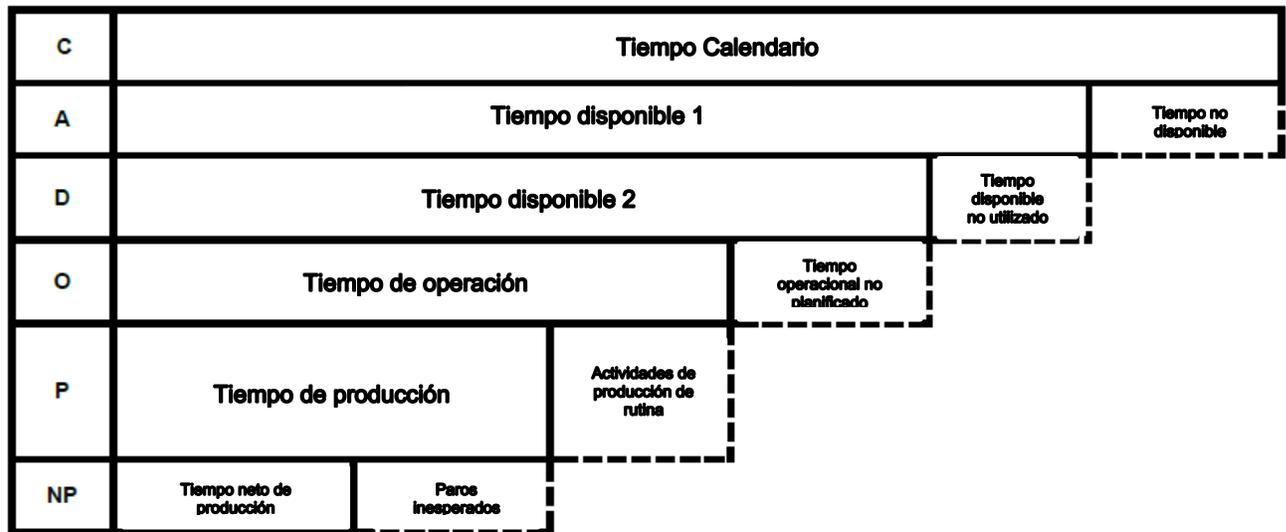
III. EFICIENCIA OPERATIVA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE BEBIDAS ASÉPTICAS

Este es un indicador clave de eficiencia, ya que mide todas las actividades bajo el control de una planta. Es una medida de la eficiencia con la que la planta, línea y/o equipo ha sido operada por los departamentos de producción e ingeniería de la planta durante el tiempo que se planeó ejecutar (Danone, 2018).

La mejora en la eficiencia operativa normalmente se aborda a nivel departamental en una organización. Reduciendo la frecuencia y la duración de la puesta en marcha, el apagado y la limpieza, al no detener las máquinas y/o líneas para comidas u otras pausas del personal, simplificando las máquinas, los diseños y las operaciones para reducir el tiempo de cambio, el tiempo de carga y descarga de materiales o reduciendo las causas de paradas inesperadas (Danone, 2018).

Para realizar el cálculo de la eficiencia operativa es necesario tener claro varios conceptos del manejo del tiempo dentro de la organización, los cuales se pueden observar en la figura No. 8.

Figura 8 - Tipos de tiempos para cálculos de eficiencia operativa. Fuente. Danone 2018



- **El tiempo de calendario** define el tiempo máximo dentro de un período de informe, como:
 - 52 semanas en un año
 - 168 horas en una semana
 - 24 horas en un día
 - 8760 horas en un año
- **El tiempo disponible 1** es el tiempo durante el cual la máquina y/o línea podría operar dentro de los límites de las convenciones de trabajo locales o de la industria.
- **El tiempo no disponible** es el tiempo durante el cual la máquina no puede funcionar normalmente debido a cierres tradicionales o forzados (Danone, 2018):

- Días festivos o festivos locales, específicos del país de la región y cierres tradicionales para el sitio, por ejemplo: turno de tarde y noche en navidad, días como festivos religiosos y paros de fábrica planificados por colectivos planificados.
- Los fines de semana no funcionan, si las regulaciones locales hacen imposible trabajar los fines de semana. Si no existe una regulación de impedimento, los fines de semana son parte del tiempo de "Orden de no producción".
- Cierres impuestos por el Sindicato de Trabajadores o Autoridades Locales.
- Restricciones de trabajo por turnos.
- Paradas forzosas de planta: por falta de suministro de energía o agua, procedentes de la empresa proveedora según los límites de responsabilidad establecidos, o del ayuntamiento. Causas de fuerza mayor externas al control de fábrica como huelgas, manifestaciones, condiciones climáticas extremas, cortes de carreteras, etc. que obliguen a la parada total o parcial de la planta.

El tiempo no disponible es efectivamente el tiempo que está fuera del control de la administración de la planta(Danone, 2018).

- **El tiempo disponible 2** es el tiempo durante el cual la máquina es realmente utilizada por la producción y la ingeniería, ya sea que la máquina esté produciendo o no.

- **Tiempo disponible no utilizado** es el tiempo en el que se podría utilizar la máquina y/o línea, pero la producción no está programada porque no hay órdenes de producción planificadas.

En aquellas fábricas que no trabajan a 7 días, los turnos sin personal deben considerarse como tiempo disponible no utilizado.

En caso de utilizar horas extras o turnos extraordinarios de personal, estas horas adicionales deben considerarse como tiempo desechable.

El cálculo del tiempo disponible no utilizado se realiza como la diferencia entre el tiempo disponible y el tiempo desechable (Danone, 2018).

Tiempo disponible no utilizado = Tiempo disponible 1 – Tiempo disponible 2

- **El tiempo de operación** es el tiempo durante el cual se planea que la máquina sea operada para fines de producción.
- **El tiempo no operacional planificado** es el momento en que la máquina no se puede operar de manera productiva debido a actividades planificadas por razones organizativas o de ingeniería:
 - Ensayos sin producción (pruebas industriales) realizados para desarrollar nuevos productos o mejorar la tecnología de producción existente. Estos ensayos deben incluirse en la planificación de la producción de acuerdo con los requisitos del departamento de investigación y desarrollo y/o producción, y no se produce ningún producto vendible durante estos ensayos. Si se necesita un lavado

adicional para realizar el ensayo, esto debe considerarse como parte del ensayo.

- Revisiones planificadas: Mantenimiento planificado anual o, mantenimiento preventivo programado, modificación programada con el objetivo de mejorar el rendimiento de la máquina o permitir la producción de nuevos productos(Danone, 2018).
- Las reuniones de operadores es el tiempo utilizado para las reuniones programadas por la planta: resultados trimestrales o mensuales, comunicaciones.
- Fumigación general de plantas: fumigación periódica de la planta contra los insectos.
- **El tiempo de producción** es el tiempo máximo durante el cual se espera que la máquina funcione, y entregue productos terminados de manera efectiva.
- **Las actividades de producción de rutina** son el tiempo que tardan las actividades operativas que se requieren, para permitir que la máquina produzca:
 - Los cambios de equipo o cambios de formato, es el tiempo transcurrido entre el último producto bueno anterior y el primer producto bueno nuevo. Tiempo durante el cual la línea se detuvo, debido al cambio de producción de una receta o forma de producto a otra. También es el tiempo durante el cual se detuvo la línea para

cambio de empaque sin cambio de receta o forma del producto(Danone, 2018).

- Start-ups y Shutdowns es el tiempo perdido para iniciar o cerrar la producción. Las puestas en marcha y las paradas van precedidas o seguidas por el período de actividades no productivas, por ejemplo; Cierre de planta, mantenimiento planificado, lavados planeados, etc.
- Dentro de esta actividad se informará el tiempo desde que se desactiva el llenado hasta que comienza la limpieza química, y el tiempo desde el final de la limpieza, hasta que el producto correcto llega al fin de línea.
- Saneamiento y limpieza de rutina es el momento de preservar la higiene adecuada de la línea. Se realiza de forma regular, siendo la frecuencia definida por la planta. Se debe considerar una operación de limpieza entre dos series de producción. Cuando la línea se detiene durante el fin de semana u otra parada larga, se debe considerar un lavado completo con desinfección entre el final de la producción y el inicio.
- Actividades rutina que no se pueden realizar cuando la máquina está funcionando durante el CIP (clean in place) o el tiempo de mantenimiento planificado.
- Las pausas para el almuerzo o el descanso, son el momento durante el cual la máquina y/o línea se detiene debido al almuerzo del personal o la pausa de descanso.

- **El tiempo neto de producción** es el tiempo teórico que una máquina y/o línea debe tomar para producir si funciona a su velocidad nominal.
- **Las paradas inesperadas** son el momento en que la máquina se detiene inesperadamente durante su tiempo de producción. Las causas de las paradas inesperadas se clasifican en cinco categorías:

- **Tiempos perdido técnico:** Las fallas en todos los equipos de la línea, desde la preparación del producto hasta el estibado del mismo, se consideran tiempos de inactividad técnica. Aquí no hay diferencia entre una parada corta y una larga parada inesperada. Por lo tanto, esta regla no se ve alterada por la reasignación de mano de obra de la línea que se detiene a otra línea.

Cuando un lavado es causado por una avería inesperada prolongada, el tiempo lavado se incluye en los tiempos de inactividad técnicos.

También se incluye el tiempo perdido al ejecutar la línea a menor velocidad debido a problemas técnicos en la línea.

- **Tiempo perdido tecnológico:** Tiempo perdido durante la producción, que está relacionado con el proceso, paletizado después del apilador de pilotes o problemas de energías internas. Necesidad inesperada de limpieza o ajustes debido a fallas en el proceso.

Materia prima o material de embalaje defectuoso: el tiempo perdido está claramente relacionado con material de extracción o embalaje fuera de especificaciones.

- **Tiempo perdido de la organización:** Higiene y Seguridad Alimentaria: Línea detenida por razones higiénicas u otras razones de Seguridad Alimentaria donde se requiere saneamiento necesario para continuar la producción, pero no planificado previamente, línea detenida debido a la contaminación de la producción (incluido el lavado).

No contar con el personal necesario para la operación diaria.

Bajas habilidades y/o error del operador: pérdida de personal debido a la insuficiencia de las habilidades del operador y/o por no seguir el procedimiento de trabajo.

Accidente: tiempo perdido debido a un accidente del operador.

Al saber ya el cómo identificar todos los tiempos, se calcula la eficiencia operativa, que es la siguiente fórmula (DANONE, 2018):

$$OE (\%) = \left(\frac{\text{Tiempo neto de producción}}{\text{Tiempo de producción}} \right) \times 100$$

El mantenimiento autónomo es un impulsor clave para mantenimiento productivo total, ya que tiene como objetivo crear una relación sólida y de empoderamiento entre los operadores y su entorno inmediato, que es el equipo de producción que administra.

Al desarrollar un sistema o herramienta de mejora continua, es necesario proporcionar dos entornos concurrentes e interdependientes, un entorno administrativo y un entorno operativo, para cada uno de ellos se deben definir con claridad y precisión sus roles y responsabilidades, las cuales se deben comunicar oportunamente a todos y al resto del equipo. Esta designación debe ir acompañada de un poder notarial del titular y un compromiso firme de ejercer el poder de la persona electa para desempeñar la función”.

Una herramienta de mejora continua, como el mantenimiento autónomo, no puede completarse a menos que la capacitación y la formación se consideren fundamentales. La formación y capacitación de quienes van a liderar en los distintos campos, debe ser adecuada e intensiva ya que ellos son los encargados de difundir la herramienta y asegurar que sea lo suficientemente robusta para perdurar en el tiempo. Por esta razón, el diseño de este sistema de mantenimiento autónomo determina qué tipo de conocimientos deben adquirir los participantes y qué materiales de capacitación especializados se preparan.

IV. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA

4.1 Propuesta metodológica

Se realizará una recolección de todos los paros inesperados, así como su eficiencia operativa de las cuatro líneas de envasado con sus equipos de fin de línea de los últimos 12 meses.

Después de tener la recolección de paros inesperados y eficiencia operativa, se realizarán gráficos para analizar el comportamiento de la eficiencia operativa en cada una de las líneas.

Así mismo se realizarán diagramas de Pareto para analizar las principales afectaciones técnicas y operativas.

Después de obtener el 20% de las mayores afectaciones técnicas y organizaciones que forman parte del 80% de las principales causas de paros en los equipos, se comenzarán a realizar los estándares de limpieza e inspección priorizando en las que se tenga mayor afectación en cada uno de los equipos, así como se realizará el diagrama Ishikawa para determinar planes de acción para cada una de las líneas.

También se medirán las tarjetas azules del mantenimiento autónomo abiertas y cerradas, y se colocarán objetivos para cada operador y electromecánico. Así como también se medirán las lecciones de un punto realizadas y capacitadas al personal operativo y electromecánicos, las cuales tendrán objetivos para el personal.

Después de realizar los planes de acción e implementar las principales rutinas de limpieza e inspección de los equipos, se realizará un análisis de estadística descriptiva por 3 meses para verificar que el cambio en la

eficiencia operativa fue significativo, para lo cual se aplicará estadística inferencial.

4.2 Metodología

En lo que respecta al diseño de investigación considerado por diversos autores como el plan o estrategia concebida para la obtención de información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema y al cumplimiento de los objetivos de investigación (Hernandez-Sampieri, 2013 y Kalaian,2008).

Congruente a lo anterior esta investigación es de enfoque cuantitativo de acuerdo a Sampieri, se refiere al tipo de investigación en la cual el investigador utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación (Hernandez- Sampieri et al, 2014).

4.3 Hipótesis

Las empresas que implementan el mantenimiento autónomo (que es un pilar de la metodología del mantenimiento productivo total) incrementan sus eficiencias operativas de forma significativa.

4.4 Nivel de investigación

El nivel de alcance será explicativa según Hernández et al. (2010), el autor define como estudios explicativos, como aquellos cuyo objetivo busca más allá de la descripción de conceptos o fenómenos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, así como por qué se relacionan dos o más variables.

Congruente a lo anterior se busca analizar las principales causas técnicas y operaciones las cuales afectan a la eficiencia operativa. Y buscar un cambio después de la implementación del sistema de mantenimiento autónomo (que se visualizará más adelante en el diagrama de flujo).

4.5 Diseño de Investigación

Se trata de un diseño cuasiexperimental, para lo cual se consideró que los diseños cuasiexperimentales manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes (Hernandez -Sampieri et al, 2014), en este sentido para esta tesis se definió la eficiencia operativa como la variable dependiente, mientras que el plan de mantenimiento autónomo en el área de envasado y fin de línea la variable independiente.

4.6 Población y muestra

En cuanto a la población se considera finita según Ramírez (1999), *“una población finita es aquella cuyos elementos en su totalidad son identificables por el investigador, por lo menos desde el punto de vista del conocimiento que se tiene sobre su cantidad total”*. En esta misma línea se considera que la población se encuentra conformada por el área de producción de una empresa de alimentos de San Luis Potosi, que consta de 107 personas, de acuerdo a las características de la población es homogénea donde el personal cumple con el perfil de operación de equipos (envasadora, colocadora de tapa, encartonadora y popotera).

El estudio se realiza en tiempo de enero a diciembre de 2022. El espacio corresponde a una planta de alimentos asépticos específicamente en el área de producción, en 2 áreas específicas envasado y fin de línea, la muestra estuvo conformada por 58 personas entre electromecánicos, operadores y ayudantes generales.

4.7 Técnica e Instrumento de recolección de datos

Como técnica e instrumento de recolección se realizarán, bitácoras de operación de las líneas de producción, check list de limpieza inicial de equipos, rutinas de

limpieza e inspección de equipos, check list de registro de limpieza e inspección de equipos, mapas de áreas de difícil acceso.

Las bitácoras de operación de las líneas de producción las que se registran las siguientes variables: Fecha, turno, tiempo de producción, tiempo de paro y motivo del paro.

Cabe señalar la técnica de procesamiento y análisis de datos, se realizará el cálculo de porcentaje de eficiencia operativa, análisis de datos mediante diafragmas de Pareto, medidas de tendencia central con el fin de identificar las principales causas que afecten a la eficiencia operativa, análisis por medio de estadística inferencial, por medio de pruebas como T de Student, para establecer si existe asociación entre las dos primeras causas de paro y tiempo de paro.

Los check list de registro de limpieza inicial de los equipos se realizan solamente al inicio del proyecto de implementación del sistema del mantenimiento autónomo.

Las rutinas de limpieza e inspección de los equipos se utilizan como una instrucción de trabajo, en donde se dice que se debe de limpiar y/o inspeccionar, como se debe limpiar, así como las herramientas, detergentes y equipo de protección a utilizar.

Los check list de limpieza e inspección de los equipos, los debe de llenar el operador y es para asegurar el cumplimiento de las actividades.

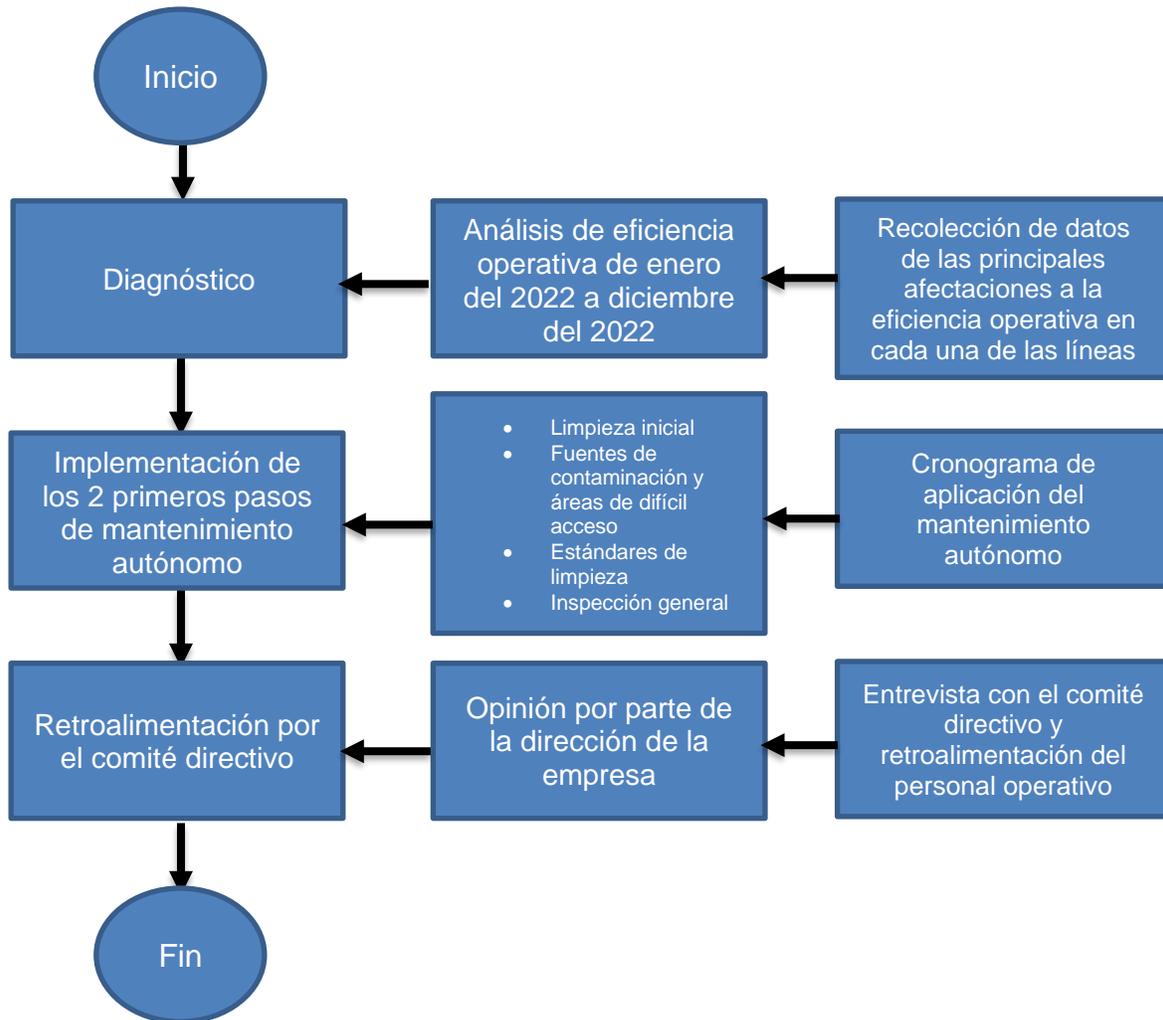
Los mapas de áreas de difícil acceso se realizan para la evaluación de los puntos encontrados y la indagación sobre nuevos puntos, el objetivo de este paso es disminuir el tiempo de limpieza durante el paro del equipo.

También se aplicará una encuesta para los operadores, en donde se pretende conocer la satisfacción del personal operativo, con lo cual una vez comenzado se aplicarán dichas encuestas en el sistema de mantenimiento autónomo misma que se agrega en el apartado de anexos.

4.7.1 Diagrama de flujo

En la Figura No.9 se muestra el diagrama de flujo general propuesto del presente trabajo de investigación. En dicho diagrama se puede observar tres etapas principales, mismas que se encuentran descritas por los objetivos particulares de la investigación.

Figura 9 - Diagrama de flujo. Fuente. Elaboración propia



4.7.2 Instrumento de investigación

Se ha seleccionado una bitácora como instrumento de la investigación, para realizar el diagnóstico inicial de la eficiencia operativa de la organización, que es objeto de estudio. Esto debido a que en la bitácora se registran las siguientes variables:

- Fecha
- Turno
- Tiempo de producción
- Tiempo de paro
- Motivo de paro
- Tiempo sin programa de producción
- Tiempo de CIP (clean in place)
- Y eficiencia operativa del día.

Esta bitácora se encuentra en formato electrónico en Microsoft Excel, la cual permite el manejo y análisis de la información (anexo 1).

Dicha bitácora es llenada por los operadores de envasado de cada una de las líneas, así se puede obtener la descripción de lo que sucede minuto a minuto en la línea de producción, así como se verifica la credibilidad de los datos registrados por los operadores mediante un PLC el cual nos marca los tiempos de paro de los equipos.

A través de esta bitácora se busca observar los cambios de la eficiencia inicial y posterior a la aplicación del mantenimiento autónomo.

El siguiente instrumento de investigación son los estándares de limpieza e inspección, estos son estandarizar las actividades a realizar en las líneas de producción, ya que estos contienen la siguiente información:

- Que se va a limpiar e inspeccionar
- Con que se va a limpiar e inspeccionar
- Como se va a limpiar e inspeccionar
- Cada cuanto se va a limpiar e inspeccionar
- Y quien lo va a limpiar e inspeccionar.

El cumplimiento de estas actividades de limpieza e inspección (anexo 2), se deben de registrar en un check list para poder revisar el cumplimiento del mismo (anexo 3).

En el caso de la encuesta, se trata de medir la satisfacción de la aplicación de la primera etapa, se diseñaron 10 items, con respuesta tipo Likert desde muy de acuerdo hasta muy en desacuerdo (Anexo 4).

4.7.3 Desarrollo y aplicación del mantenimiento autónomo

Se implementará el mantenimiento autónomo en las 4 líneas de producción las cuales constan de los siguientes equipos:

- 4 líneas de envasado
- 3 colocadoras de tapa
- 1 colocadora de popote

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Diagnóstico del sistema de trabajo actual

Se realizó un diagnóstico para la evaluación de la eficiencia operativa para comparar los resultados de esta, que es preliminar a la implementación del mantenimiento autónomo. En la tabla No. 2 se puede visualizar que la mínima eficiencia operativa en la línea 1, fue en el mes de marzo y la máxima en el mes de diciembre, con un total de tiempo de paro de 76,144 minutos, el principal tipo de paro debido al tiempo de afectación a la línea fue técnico.

Tabla 2- Eficiencia operativa por mes, tiempo y tipos de paro de la línea 1. Fuente. Elaboración propia

Month	Tecnológico	Organizacional	Técnico	CIP	Operational Time	Production Time	Tecnológico	Organizacional	Técnico	CIP	OE	Total
Jan	582	739	6,030	2,222	27,414	17,841	2.12%	2.70%	22.00%	8.11%	65.08%	100.00%
Feb	114	867	3,899	1,755	23,512	16,877	0.48%	3.69%	16.58%	7.46%	71.78%	100.00%
Mar	253	837	6,426	1,440	24,096	15,140	1.05%	3.47%	26.67%	5.98%	62.83%	100.00%
Apr	88	446	5,114	1,249	19,109	12,212	0.46%	2.33%	26.76%	6.54%	63.91%	100.00%
May	219	439	5,873	1,219	24,610	16,860	0.89%	1.78%	23.86%	4.95%	68.51%	100.00%
Jun	51	604	5,899	1,412	26,708	18,742	0.19%	2.26%	22.09%	5.29%	70.17%	100.00%
Jul	163	844	8,128	1,174	28,200	17,891	0.58%	2.99%	28.82%	4.16%	63.44%	100.00%
Aug	160	1,019	8,689	1,857	31,803	20,078	0.50%	3.20%	27.32%	5.84%	63.13%	100.00%
Sep	126	606	4,360	1,582	23,372	16,698	0.54%	2.59%	18.65%	6.77%	71.44%	100.00%
Oct	69	486	3,439	2,100	21,854	15,760	0.32%	2.22%	15.74%	9.61%	72.11%	100.00%
Nov	142	991	4,413	1,980	26,131	18,605	0.54%	3.79%	16.89%	7.58%	71.20%	100.00%
Dec	0	676	3,353	1,980	24,434	18,425	0.00%	2.77%	13.72%	8.10%	75.41%	100.00%
2021	1,967	8,554	65,623	19,970	301,243	205,129	0.65%	2.84%	21.78%	6.63%	68.09%	100.00%

En la tabla No. 3 se puede visualizar que la mínima eficiencia operativa en la línea 3, fue en el mes de marzo y la máxima en el mes de diciembre, con un total de

tiempo de paro de 76,144 minutos, el principal tipo de paro debido al tiempo de afectación a la línea fue técnico.

En lo que respecta a la línea 3, destaca la mayor eficiencia operativa en el mes de abril, y la menor eficiencia operativa en el mes de octubre, con 60,279 minutos total de tiempo de paro, respecto al tipo de paro más frecuente fue por causas técnicas.

Tabla 3.- Eficiencia operativa por mes, tiempo y tipos de paro de la línea 3. Fuente. Elaboración propia

Month	Tecnologico	Organizacional	Técnico	CIP	Operational Time	Production Time	Tecnologico	Organizacional	Técnico	CIP	OE	Total
Jan	204	1,243	3,016	4,649	37,795	28,683	0.54%	3.29%	7.98%	12.30%	75.89%	100.00%
Feb	140	589	1,981	2,855	25,326	19,761	0.55%	2.33%	7.82%	11.27%	78.03%	100.00%
Mar	149	689	3,524	2,159	26,400	19,879	0.56%	2.61%	13.35%	8.18%	75.30%	100.00%
Apr	246	1,340	2,602	3,454	37,418	29,776	0.66%	3.58%	6.95%	9.23%	79.58%	100.00%
May	521	599	4,451	3,937	37,927	28,419	1.37%	1.58%	11.74%	10.38%	74.93%	100.00%
Jun	45	632	2,728	2,721	26,052	19,926	0.17%	2.43%	10.47%	10.44%	76.49%	100.00%
Jul	959	907	5,080	3,689	37,381	26,746	2.57%	2.43%	13.59%	9.87%	71.55%	100.00%
Aug	234	738	5,327	3,000	32,611	23,312	0.72%	2.26%	16.33%	9.20%	71.49%	100.00%
Sep	593	511	3,008	4,143	32,419	24,164	1.83%	1.58%	9.28%	12.78%	74.54%	100.00%
Oct	13	1,184	4,477	3,498	31,174	22,002	0.04%	3.80%	14.36%	11.22%	70.58%	100.00%
Nov	226	580	6,352	3,300	36,753	26,295	0.61%	1.58%	17.28%	8.98%	71.55%	100.00%
Dec	30	594	4,767	3,600	31,484	22,493	0.10%	1.89%	15.14%	11.43%	71.44%	100.00%
2021	3,360	9,606	47,313	41,005	392,740	291,456	0.86%	2.45%	12.05%	10.44%	74.21%	100.00%

A continuación, se presenta la tabla No. 4, donde la eficiencia total de la línea 5 es donde el paro técnico fue el principal motivo, el mes de mayor eficiencia fue agosto.

Tabla 4.- Eficiencia operativa por mes, tiempo y tipos de paro de la línea 5. Fuente. Elaboración

propia

Month	Tecnologico	Organizacional	Técnico	CIP	Operational Time	Production Time	Tecnologico	Organizacional	Técnico	CIP	OE	Total
Jan	60	99	3,686		8,646	4,801	0.69%	1.15%	42.63%	0.00%	55.53%	100.00%
Feb	49	2,442	601		10,581	7,489	0.46%	23.08%	5.68%	0.00%	70.78%	100.00%
Mar	21	510	1,872		6,096	3,693	0.34%	8.37%	30.71%	0.00%	60.58%	100.00%
Apr	70	141	2,627		10,060	7,222	0.70%	1.40%	26.11%	0.00%	71.79%	100.00%
May	31	2	1,560		5,715	4,122	0.54%	0.03%	27.30%	0.00%	72.13%	100.00%
Jun	131	124	3,350	1,080	16,863	12,178	0.78%	0.74%	19.87%	6.40%	72.22%	100.00%
Jul	173	561	4,953		13,777	8,090	1.26%	4.07%	35.95%	0.00%	58.72%	100.00%
Aug	75	506	3,377	300	18,912	14,654	0.40%	2.68%	17.86%	1.59%	77.49%	100.00%
Sep	55	449	2,803	1,200	16,722	12,215	0.33%	2.69%	16.76%	7.18%	73.05%	100.00%
Oct	95	794	3,857	2,604	22,639	15,289	0.42%	3.51%	17.04%	11.50%	67.53%	100.00%
Nov	535	1,319	4,994	1,329	32,044	23,867	1.67%	4.12%	15.58%	4.15%	74.48%	100.00%
Dec	0	45	5,332	1,731	25,250	18,142	0.00%	0.18%	21.12%	6.86%	71.85%	100.00%
2021	1,295	6,992	39,012	8,244	187,305	131,762	0.69%	3.73%	20.83%	4.40%	70.35%	100.00%

La última línea de diagnóstico fue la línea 6 tabla No. 5, en el 2021 tuvo una eficiencia operativa de 63.89%, con un límite máximo de y un mínimo de 70.46% y 48.58%, cuya causa de paro mayoritariamente fue técnico.

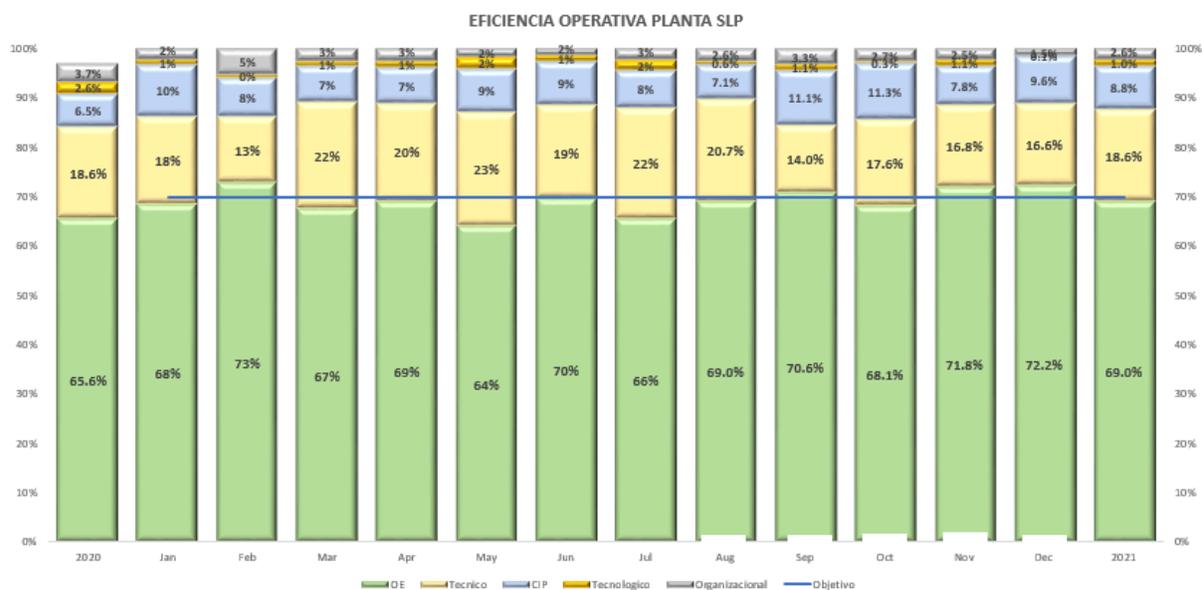
Tabla 5.- Eficiencia operativa por mes, tiempo y tipos de paro de la línea 6. Fuente. Elaboración

propia

Month	Tecnologico	Organizacional	Técnico	CIP	Operational Time	Production Time	Tecnologico	Organizacional	Técnico	CIP	OE	Total
Jan	119	468	6,506	4,196	32,864	21,575	0.36%	1.42%	19.80%	12.77%	65.65%	100.00%
Feb	109	632	4,657	2,151	24,894	17,345	0.44%	2.54%	18.71%	8.64%	69.68%	100.00%
Mar	137	353	6,433	2,620	27,600	18,057	0.50%	1.28%	23.31%	9.49%	65.42%	100.00%
Apr	758	744	9,342	2,514	32,861	19,503	2.31%	2.26%	28.43%	7.65%	59.35%	100.00%
May	1,760	782	12,541	4,146	37,399	18,170	4.71%	2.09%	33.53%	11.09%	48.58%	100.00%
Jun	917	351	8,034	4,202	36,349	22,845	2.52%	0.97%	22.10%	11.56%	62.85%	100.00%
Jul	818	598	7,619	4,006	35,770	22,729	2.29%	1.67%	21.30%	11.20%	63.54%	100.00%
Aug	250	797	6,846	3,195	33,988	22,900	0.74%	2.34%	20.14%	9.40%	67.38%	100.00%
Sep	276	1,638	3,433	3,851	24,922	15,724	1.11%	6.57%	13.77%	15.45%	63.09%	100.00%
Oct	126	391	6,920	3,820	30,372	19,115	0.41%	1.29%	22.78%	12.58%	62.94%	100.00%
Nov	595	478	7,170	4,020	41,355	29,092	1.44%	1.16%	17.34%	9.72%	70.35%	100.00%
Dec	33	342	4,935	3,344	29,298	20,644	0.11%	1.17%	16.84%	11.41%	70.46%	100.00%
2021	5,898	7,574	84,436	42,065	387,672	247,699	1.52%	1.95%	21.78%	10.85%	63.89%	100.00%

En la gráfica No. 2, se muestra la eficiencia operativa total de las líneas, el mes de mayor afectación fue julio y el de mínimo fue diciembre, con tiempo de paro total del año 2021 de 281,630 minutos

Gráfica 2.- Eficiencia operativa por mes, en la totalidad de las líneas. Fuente. Elaboración propia



5.2 Capacitación

El primer paso para la implementación del mantenimiento autónomo es la capacitación de todo el personal operativo (ver figura No. 11).

Se capacitaron 269 personas en el segundo semestre del 2022, esta capacitación incluyo al siguiente personal:

- Líderes de turno
- Electromecánicos
- Operadores de envasado, fin de línea
- Y ayudantes generales.

De igual manera se incluyeron los temas: 5'S, Paso 1 y 2 de mantenimiento autónomo.

El contenido se basa en que se realiza la limpieza inicial de los equipos de envasado y fin de línea, en base al cronograma de actividades, para realizar esto se debe de tener los equipos completamente en paro, para eso se revisa con el área de planeación, se dividen los equipos de trabajo para realizar la limpieza de los 3 equipos que tiene una línea producción.

Figura 11 -. Capacitación al personal involucrado en mantenimiento autónomo. Fuente.

Elaboración propia

Sesiones informativas



Sesiones practicas



5.3 Limpieza inicial

Para lograr la limpieza inicial fue necesario programar el paro de las líneas por 24 horas, para realizar la actividad dentro de esta área involucrada todo el personal de la línea, líderes de turno, electromecánicos, jefes de área y gerentes.

Para realizar esta actividad se priorizo la línea con mayor demanda de producción, a la de menor demanda de producción en el siguiente orden (ver figura No.12):

- Línea 5
- Línea 1
- Línea 3
- Y línea 6.

Para lograr la limpieza inicial se realizaron los siguientes pasos:

A. Organización de equipos de trabajo

- Dueños de área
- Especialistas LOTO
- Capturistas de tarjetas azules, amarillas y rojas

B. Mano de obra

- Loto
- Limpieza exterior
- Limpieza interior
- Condiciones básicas de operación
- Limpieza profunda

- Identificación de herramientas para realizar el trabajo

C. Realizarlo sistemáticamente

- Captura de tarjetas
- Formato de áreas de difícil acceso
- Formato de fuentes de contaminación
- Plan de corrección de anomalías
- Seguimiento a condiciones de limpieza

Figura 12 -. Proceso de implementación de limpieza inicial a equipos de envasado y fin de línea.

Fuente. Elaboración propia



5.4 Estándares de limpieza, inspección y lubricación

Durante el segundo semestre del 2022 se inició la aplicación de los estándares de limpieza, inspección y lubricación de las líneas de producción, junto con sus equipos de fin de línea.

Para lograr esto, se basó en el manual de operación de los equipos, así como en la experiencia del personal operativo.

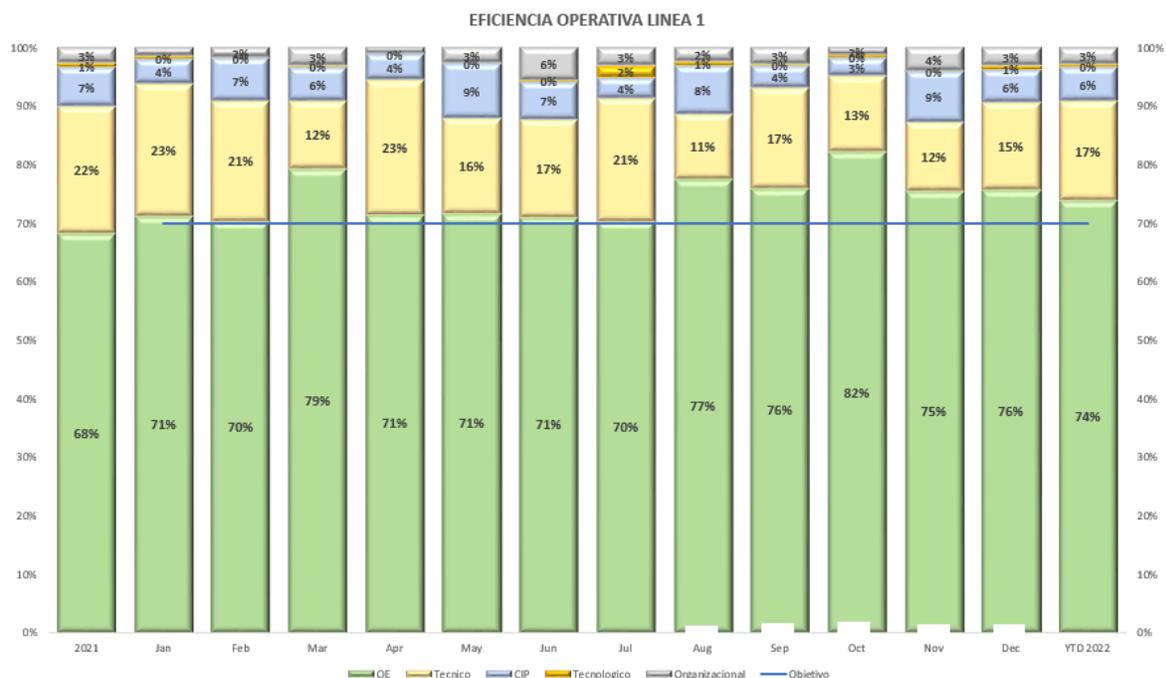
Se monitorización, evaluaron los estándares de limpieza y lubricación (anexo 4) por medio del check list correspondiente, mismo que se aplicó y sigue evaluándose por turno, con diferentes actividades a los operadores. Estos estándares se implementaron en las 4 líneas con las que cuenta la planta.

Así mismo, se mide el cumplimiento de dicha actividad, el cual se encuentra en un 95% de cumplimiento, considerando los diferentes equipos que conforman las líneas de producción.

5.5 Eficiencia operativa

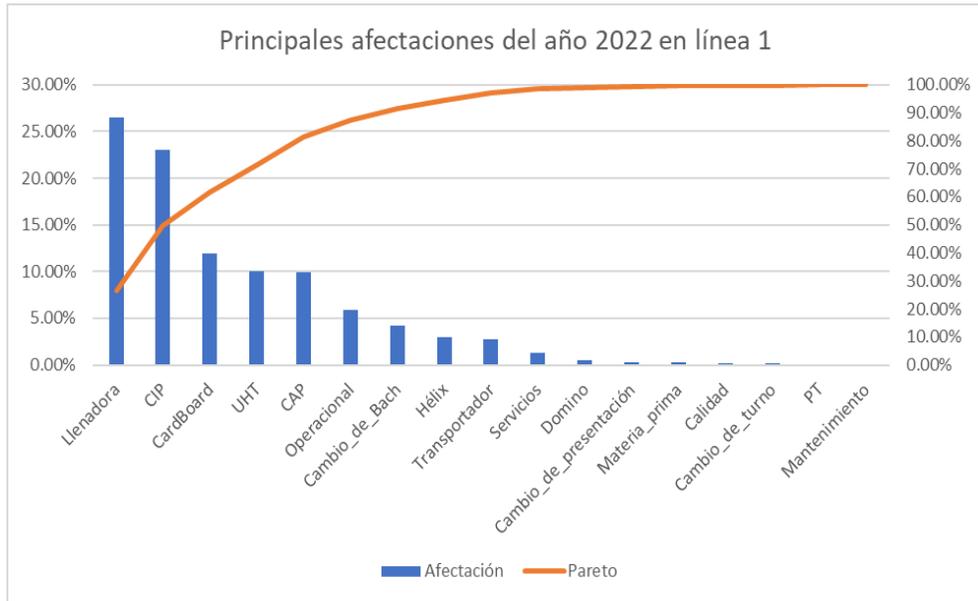
En la gráfica No. 3 se puede observar la eficiencia operativa de la línea 1 del año 2022, para ello vale la pena resaltar que respecto al diagnóstico inicial, para el cual se tomó en cuenta la información de 2021, la eficiencia fue del 68%, mientras que tras la implementación del paso 1 al 4 de TPM, en el año 2022, fue mayor a este porcentaje, logrando la mayor eficiencia operativa en el mes de octubre, en esta misma lógica, fue el mes con menos afectaciones y paros en línea.

Gráfica 3.- Eficiencia operativa línea 1 comparando el año 2021 y 2022. Fuente. Elaboración propia



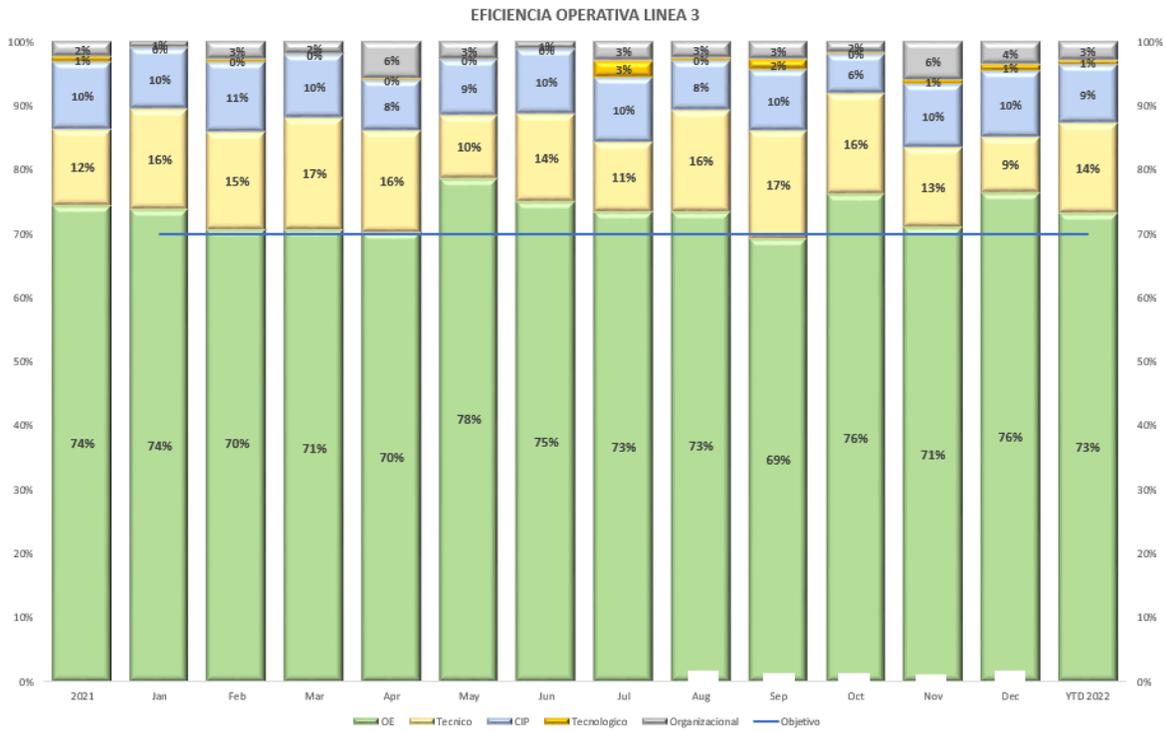
En la figura No. 13 se observan las principales afectaciones de la línea 1 del año 2022, las cuales fueron menores a las del año 2021, logrando que la línea parara menos por afectaciones técnicas, por consiguiente se tuviera un mayor tiempo productivo.

Figura 13.- Afectaciones línea 1 en el año 2022. Fuente: Elaboración propia



En la gráfica No. 4 se identifica la eficiencia operativa de la línea 3 del año 2022, la cual no se obtuvo una mejora, ya que el resultado de la eficiencia operativa del 2021 fue de 74% vs 73% del año 2022, esto derivado de la reducción significativa del tiempo de producción de la línea.

Gráfica 4- Eficiencia operativa línea 3 comparando el año 2021 y 2022. Fuente: Elaboración propia



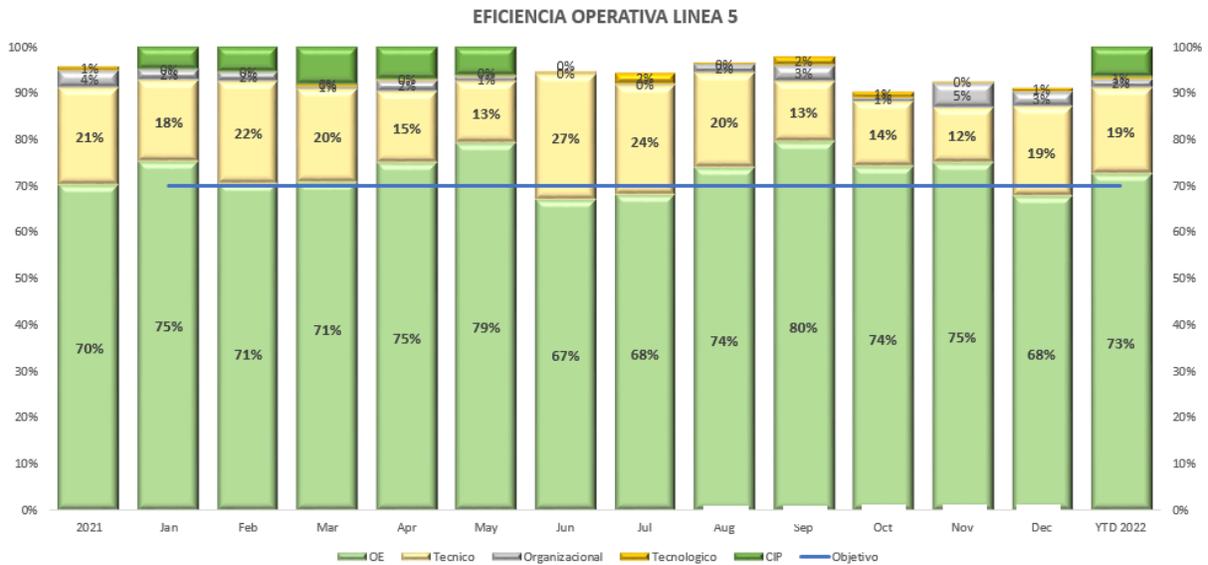
En la figura No. 14 se observa las principales afectaciones a lo largo del año 2022, obteniendo una mayor afectación en los tiempos de lavado de la línea, esto derivado a que la línea necesitará cambios en el plan de producción, realizando corridas cortas por cambios de sabor y alergenicos.

Figura 14.- Afectaciones línea 3 en el año 2022. Fuente: Elaboración propia



En la gráfica No. 5 se advierte la eficiencia operativa de la línea 5 del año 2022, la cual no es mayor a la del año 2021, obteniendo un resultado del 73% de eficiencia operativa, reduciendo los tiempos de paro y teniendo un mejor aprovechamiento del tiempo disponible de producción.

Gráfica 5.- Eficiencia operativa línea 5 comparando el año 2021 y 2022. Fuente: Elaboración propia.



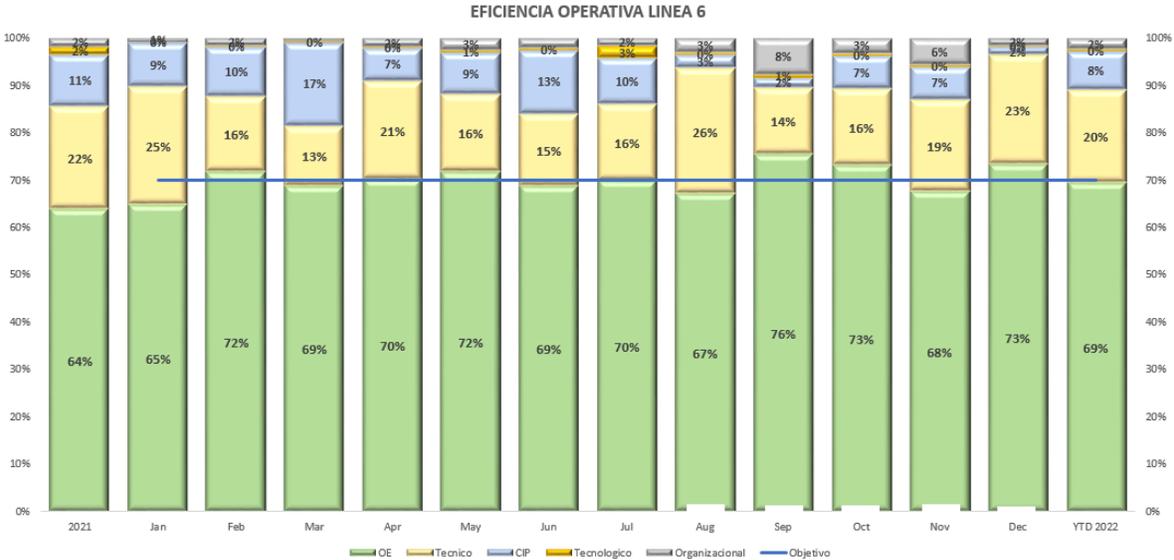
En la figura No. 15 se muestran las principales afectaciones a lo largo del año 2022, reduciendo los tiempos de paro significativamente con respecto al año 2021.



Figura 15.- Afectaciones línea 5 en el año 2022. Fuente: Elaboración propia

En la gráfica No. 6, se visualiza que la eficiencia operativa de acumulada del 2022 es 5% mayor que la del 2021, reduciendo en 2 rubros principalmente, la afectación técnica y el CIP.

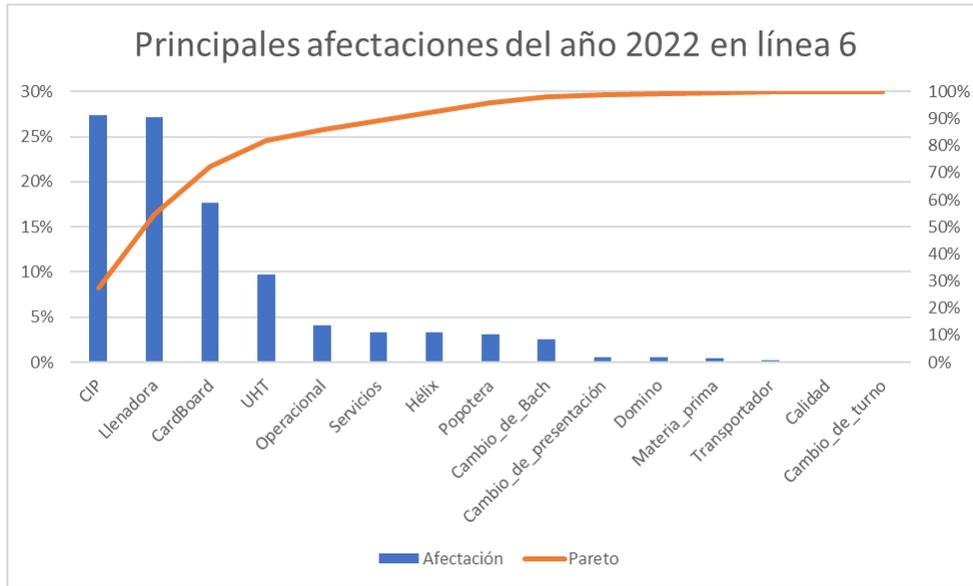
Gráfica 6.- Eficiencia operativa línea 6 comparando el año 2021 y 2022. Fuente: Elaboración propia.



En la figura No. 16, se observan las principales afectaciones a la línea 6, siendo la mayor el CIP, el cual se considera como tiempo estándar de limpieza de la línea, enfocando las principales acciones sobre las afectaciones de la llenadora y encartonadora.

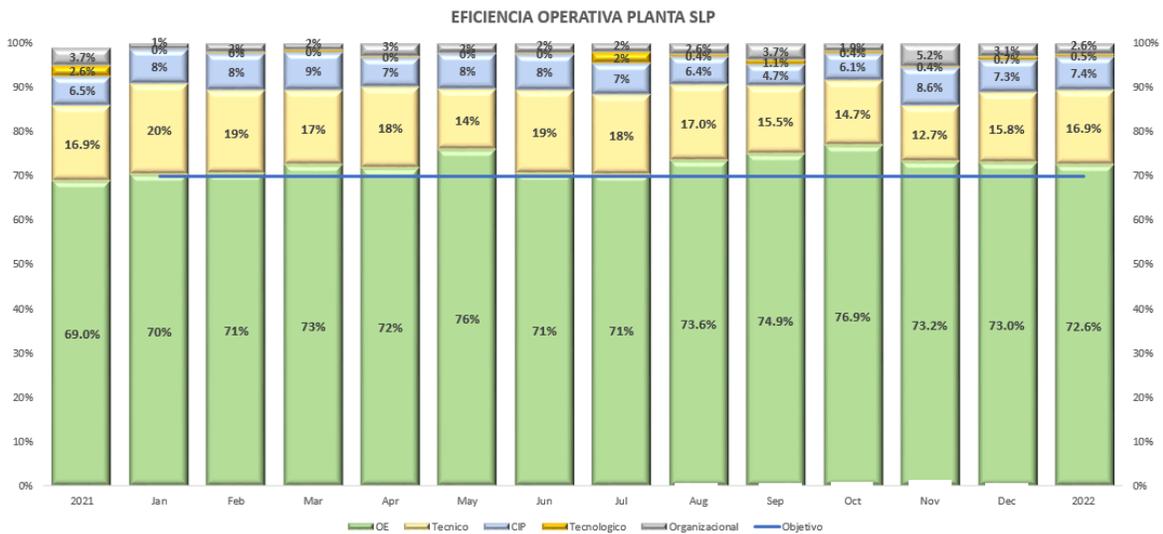
Figura 16.- Principales afectaciones en las líneas de producción en el año 2022. Fuente:

Elaboración propia



En la gráfica No. 7, se observa que la eficiencia total de planta subió 3.6% del año 2022 al 2021, la afectación técnica se mantuvo con el mismo porcentaje esto ocasionado por tener un menor tiempo disponible de producción.

Gráfica 7.- Eficiencia total de planta comparando el año 2021 y 2022. Fuente: Elaboración propia.



De acuerdo con el objetivo general el cual consistía en incrementar la eficiencia operativa de los equipos de envasado y fin de línea, mediante la implementación del paso cero y uno del mantenimiento autónomo para cumplir los principales indicadores industriales tales como costo, calidad y entrega, se puede destacar que la eficiencia operativa total de planta aumento del 69.04 % al 72.56%, para lo cual se resalta que la eficiencia que se planteó como meta era 72%.

Este resultado es congruente con otras investigaciones como la Espejo Castro (2019) en la cual demostró que la aplicación del mantenimiento autónomo como metodología para obtener mejores resultados, entre ellos incrementar la eficiencia de la maquinaria en un 66.67% y de la mano de obra en un 1.70%, para lo cual la autora concluye que al proponer una gestión de mantenimiento se logra incrementar la eficiencia y la productividad, así mismo Torres y Alcántara (2019) plantearon un proyecto cuyo objetivo era implementar el mantenimiento autónomo para disminuir las paradas de máquina no programadas de una empresa del sector metalmeccánico, con lo cual lograron aumentar la eficiencia global de los equipos, desde luego que el sector de la industria es diferente al cual se aplicó en esta tesis, sin embargo la metodología y resultados concluyentes guardan similitud.

Otro de los principales hallazgos de esta tesis, fue la relevancia de las rutinas de limpieza que forman parte del paso uno del mantenimiento autónomo, que es similar a proyectos que se han implementado en los que se destaca la rutina de limpieza y su asociación con la disminución de paros no planeados y por tanto un papel relevante en la eficiencia (Tibanta, 2021).

En la misma línea de hallazgos relevantes se destaca la disminución de tiempo de paro en el año 2021 fueron 281,630 minutos con respecto al año 2022, los cuales fueron contabilizados en 181,870 minutos, por lo cual se destaca la disminución de minutos de paros no programados, resultados similares a los encontrados por Rojas y Suasaca (2019), que tras la implementación de este tipo de mantenimiento

podieron tener una disminución de tiempo de paro no programado, ellos destacan que el rendimiento de las máquinas empezó a mejorar, también que respecto al aprendizaje del mantenimiento autónomo el personal se sintió más preparado con las capacitaciones, resultados similares a los mostrados en la tesis de Avila y Molina (2021), los cuales midieron los tiempos de paro, los cuales tras la implementación del programa de mantenimiento autónomo disminuyeron considerablemente.

También se destaca que la metodología empleada fue similar a otros estudios como el de Tuñoque (2018), en el cual realizó la aplicación de mantenimiento autónomo para incrementar la Eficiencia Global de Equipos(OEE) en una línea de producción de alimentos, para ello se utilizó la técnica de la observación y la recolección de datos instrumentos como registros, indicadores, chek-list para explicar la fuente del problema y la obtención de resultados, cabe señalar que como resultado obtuvo el incremento de la eficiencia global de equipos y la reducción de los tiempos perdidos en línea.

6.6 Retroalimentación por el comité directivo

Se realizó una encuesta de evaluación de la mejora de la eficiencia operativa dentro del área de envasado y fin de línea con el personal operativo y el comité gerencial de planta.

Los principales comentarios del personal operativo fueron los siguientes:

- Mayor trabajo, pero mejora significativa
- Faltan herramientas para realizar todo el trabajo
- Menor retrabajo de productos

- Capacitaciones más frecuentes
- Implementación en toda el área de producción.

Los principales comentarios del comité gerencial fueron los siguientes:

- Incremento en la eficiencia operativa
- Reducción de tiempos de paro técnicos y operativos
- Seguir trabajando en sistemas de mejora
- Realizar cronograma de actividades para 2023 y 2024 para seguir con implementación del sistema de mantenimiento autónomo
- Implementación del sistema de mantenimiento autónomo en el área de estandarizado y proceso
- Realizar auditorías al sistema del mantenimiento autónomo
- Y capacitación a la línea de mando.

CONCLUSIONES

La situación de la empresa al comienzo de la tesis, se tenía una eficiencia operativa al término del año 2021 de 69% de OE, el sistema de mantenimiento autónomo se comienza a implementar en 2023 enfocándonos principalmente en las afectaciones de la organización, las técnicas y organizaciones.

Al cierre de esta tesis y de acuerdo al objetivo general planteado, que consistía en incrementar la eficiencia operativa en los equipos de envasado y fin de línea, se logró un aumento de la eficiencia operativa de un 72.5%, así mismo se mejoró un

3.5% de la misma, con la implementación de los pasos 0 y 1 del mantenimiento autónomo.

Cabe señalar que los objetivos específicos que incluían realizar un diagnóstico a la empresa para conocer su estado inicial de eficiencia operativa, se logró satisfactoriamente, mismo que se muestra en el área de resultados más detalladamente. Lo que respecta al segundo objetivo específico de los 2 principales pasos del mantenimiento autónomo, estos han sido descritos en el apartado de resultados y fueron fundamentales para el logro del objetivo general. En el caso del último objetivo específico, se obtuvo la retroalimentación con el comité gerencial y personal operativo para seguir la implementación del mantenimiento autónomo en sus siguientes pasos.

El mantenimiento autónomo es de vital importancia para la mejora de la eficiencia operativa. Los pasos 2,3,4, y 5 se implementarán en planta en el transcurso del año 2023 y 2024, se espera se continúe con la mejora de la eficiencia operativa, teniendo como objetivo 80%.

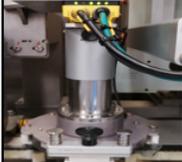
El impacto de la implementación de este sistema es completamente alto y desde la perspectiva gerencial del mantenimiento ofrece grandes ventajas, debido a que se realiza la producción planeada en menor tiempo, cumpliendo con los estándares de calidad y entrega. Con esto se pudo realizar unas optimizaciones de roles de producción y por consecuencia una reducción de costos debido a que se optimizaron recursos como energías, personal, transporte.

Cabe señalar que la realización de este protocolo de investigación obedece a las ventajas del método científico en las que destacan que intervenciones de este tipo sean reproducibles, replicables y medibles.

Se considera que, al ser una tesis de posgrado de planeación estratégica e innovación, este proyecto de investigación contribuye al desarrollo de conocimiento y evidencia de la relevancia de la planeación con metodologías como el mantenimiento autónomo.

Para finalizar, se destaca que se seguirá implementando el sistema de mantenimiento autónomo hasta lograr el cumplimiento al 100% de todos sus pasos, ya que esta es una metodología y una forma de trabajo que se estipula dentro del corporativo, este sistema es auditable mediante un comité del corporativo a nivel nacional, es por ello que cada mes se revisan los puntos críticos de la eficiencia operativa y los diferentes factores que influyen en la misma, como un proceso de mejora continua.

Anexo 2. Rutina de limpieza e inspección

CAP 30		 Estándar Provisional de Limpieza, Inspección y Lubricación PUNTOS DE LIMPIEZA, INSPECCION, LUBRICACIÓN Y REAPRIETE POR TURNO/DÍA																			
Máquina	LÍNEA 1	Equipo	Limpieza 			Lubricación 			Área	DISTRIBUCION	Reapriete o Ajuste	Línea	Frecuencia / Tiempo								
Esquema de la Máquina / Equipo	N.º	Descripción del punto	Materiales	Método de Limpieza	Norma de limpieza	Tipo de Lubricante	Método de Lubricación	Cantidad de Lubricante	Herramientas	Método de Reapriete o Ajuste	Que vamos a inspeccionar	Método de Inspección	Turno	Día	CIP	De Sabor	Seman	Merisua	Responsabi	Referencia en CAP 30	Trabajando
	1	FRENO DE ENTRADA	  	Con un trapo con desengrasante limpie las poleas, bandas y flechas del freno de entrada y al final remover el exceso de desengrasante con trapo limpio y secar con aire.	Prepare 20 ml de desengrasante degrass en 1L de agua.	N/A	N/A	N/A	N/A	revisar Holgura de la banda	Verificar que no se tenga ningún ruido anormal o algún tipo de azúcar, grasa o proteína (hongos) en poleas, bandas, flechas o ejes.	  	●		▲		●		Operador	no	No
	2	CRISTAL DEL SISTEMA DE VISION	  	Con un trapo semihúmedo limpiar el cristal del sistema de visión y con un paño desechable retirar cualquier polvo dentro de la cámara.	Prepare 20 ml de desengrasante degrass en 1L de agua.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Inspeccionar que no se tenga presencia de azúcar, grasa o proteína en la superficie del cristal del sistema de visión, evita mojar la cámara de visión. En caso de alguna anomalía avisar a un mecánico.	 	●	▲					Operador	no	no
	3	SECUENCIADOR DE TAPA	  	Con un paño suave con desengrasante eliminar cualquier residuo de cola de los dedos del secuenciador y limpiar dentro las correas.	Prepare 20 ml de desengrasante degrass en 1L de agua.	N/A	N/A	N/A	N/A	revisar Holgura de la banda	Verificar que cada uno de los dedos del secuenciador no contenga residuo de Cola, de igual manera que las correas tengan la tensión adecuada para su correcto funcionamiento. En caso de mala tensión de correa avisar a mecánico inmediatamente para su ajuste.	 	●		●		▲		Operador	no	No

Anexo 2. Encuesta de satisfacción

Encuesta de satisfacción Mantenimiento Autonomo

Nombre: _____ Turno: _____ Línea: _____ Area: _____

1.-La capacitación me dio los conocimientos necesarios para aplicar el mantenimiento autonomo en mi area de trabajo:

Muy de acuerdo Parcialmente de acuerdo Neutro

Muy en desacuerdo De acuerdo

2.-Creo que el tiempo fue el necesario para poder comprender la aplicación del mantenimiento autonomo en mi area de trabajo:

Muy de acuerdo Parcialmente de acuerdo Neutro

Muy en desacuerdo De acuerdo

3.- La capacitación fue útil para realizar un cambio en la mejora de mi trabajo diario:

Muy de acuerdo Parcialmente de acuerdo Neutro

Muy en desacuerdo De acuerdo

4.- Creo que es necesario continuar capacitaciones para aplicar el manteniemento autonomo

Muy de acuerdo Parcialmente de acuerdo Neutro

Muy en desacuerdo De acuerdo

5.- Notó un cambio en mi area de trabajo despues de la capacitación

Muy de acuerdo Parcialmente de acuerdo Neutro

Muy en desacuerdo De acuerdo

6.- Del 1 al 10 evaluaria en cuanto a contenido de la capacitación siendo 1 la califiación mas baja y 10 mas alta:

7.- ¿Qué aspectos crees que se podrian mejorar en la capacitación?

8.-¿Qué aspectos crees los más importantes qué pudiste aprender en la capacitación?

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, E. F. (s. f.). Gestión de Mantenimiento. Lean Maintenance y TPM. 63.
- Ávila Narváez, J y Molina Caicedo, J. (2021). Diseño y estandarización piloto de la rutina de mantenimiento autónomo en línea de soplado Krones. Institución Universitaria Antonio José Camacho.
- Bustamante, A. (2019). Implementación del pilar de mantenimiento planeado en la planta GAMMA-ITAGUI. Universidad de Antioquia.
- Danone. (2018). CUTE: Handbook.
- Diferencias entre Procesos, Procedimientos e Instrucciones de Trabajo—Albatian. (s. f.). Recuperado 29 de mayo de 2022, de <https://albatian.com/es/blog/diferencias-entre-procesos-procedimientos-e-instrucciones-de-trabajo/>.
- Escudero, A. (2007). Implementación de la filosofía TPM en una planta de producción y envasado. Universidad Pontificia Comillas.
- Espejo Castro, A. M. del M. (2019). Gestión del mantenimiento para incrementar la productividad en el área de destilación de la empresa dcobre-2017.
- Fernández Álvarez, E. (2018). Gestión de Mantenimiento. Lean Maintenance y TPM.
- Ferreira, C. W. T., & Leite, J. C. (2016). Applied autonomous maintenance in the improvement of production quality: A case study. ITEGAM- Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (ITEGAM-JETIA), 2. <https://doi.org/10.5935/2447-0228.20160026>

Galvan, J. L. (2012). Analisis de la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) mediante el modelo de opciones reales. Universidad Nacional Autónoma de México.

Gómez, C. (s. f.). MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM. Recuperado 4 de mayo de 2022, de https://www.academia.edu/37939143/MANTENIMIENTO_PRODUCTIVO_TOTAL_TPM.

Luis Javier Sosa G. (2020, agosto 10). Metodología TPM (Mantenimiento Productivo Total): ¿en qué consiste? Eurofins Envira. <https://envira.es/es/metodologia-tpm-mantenimiento-productivo-total/>.

Molenda, M. (2016). The autonomous maintenance implementation directory as a step toward the intelligent quality management system. *Management Systems in Production Engineering*.

Nakajima, S. (1989). *Tpm Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*.

Pérez, R. (2007). Diseño para la implementación del paso 2 del pilar de Mantenimiento Planeado, para darle desarrollo a los pasos 1, 2 y 3 del pilar de Mantenimiento Autónomo de la metodología TPM en Colorquímica S. A. 72.

Rojas Enciso, W. R. R. & Suasaca Pelinco. (2019). Mantenimiento autónomo para mejorar la calidad de servicio en el area de operaciones de la empresa J&S ingenieros consultores E.I.R.L.-2018 [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21642/Rojas%20Enci>

so%2c%20William%20Ra%c3%bal%20-
%20Suasaca%20Pelinco%2c%20%20Johnny%20William.pdf?sequence=3
&isAllowed=y

Tibanta Benavides, J. C. (2021). Implementación de TPM en el área de inyectoras, paso 0 del pilar de mantenimiento autónomo y paso 1 del pilar de mantenimiento planeado, así como también implementación del plan de lubricación de la planta de Ensamblajes y la planta de Plásticos. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/20843>

Torres Martínez, J., & Tucno Alcantara, J. R. (2019). Propuesta de implementación del mantenimiento autónomo para reducir las paradas de máquina no programadas en una empresa metal mecánica. Universidad Tecnológica del Perú. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2913>

Tuñoque Yco, D. O. (2018). Aplicación de mantenimiento autónomo para incrementar eficiencia global de equipos (OEE) en una línea de producción de chocolates nestlé 2018. Universidad César Vallejo.

Vargas Quevedo, F. J. (2020). Impacto del mantenimiento autónomo en la eficiencia general de una línea de producción de lavavajillas.

Villaceballos, F. (2011). PROCESO DE DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA TPM EN GRES DE ARAGÓN.