

Artículo:

Desarrollo del paso dos del mantenimiento autónomo en una empresa procesadora de alimentos embutidos

Development of step two of autonomous maintenance in a sausage food processing company

Juan-Patricio Trejo-Mendoza¹, Jonathan-Daniel Estrada-Barrera¹, Alejandro Gálvez-Mendoza¹

Revista Interdisciplinaria de
Ingeniería Sustentable y Desarrollo
Social (RIISDS)

¹ Tecnológico Nacional de México – ITS del Oriente del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.

* Autor correspondiente: jtrejo@itsoeh.edu.mx

Recibido: 12 de agosto de 2024
Aceptado: 22 de noviembre de 2024
Publicado: 20 de diciembre de 2024

Publicación anual editada por el
Instituto Tecnológico Superior de
Tantoyuca

Desv. Lindero Tametate, S/N
Col. La Morita
C.P. 92100
Tantoyuca, Veracruz, México.
Teléfono: 789 8931680, Ext.196.

Correo electrónico:
revistadigital@itsta.edu.mx

Sitio WEB
<https://itsta.edu.mx/revistadigital>

ISSN 2448-8003

Editor responsable:
Dr. Horacio Bautista Santos

Copyright: Este artículo es de acceso
abierto distribuido bajo los términos y
condiciones de la licencia Creative
Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Resumen: Se expone el caso de una empresa fabricación de alimentos embutidos establecida en México, la empresa para mantener sus ventajas competitivas a establecido el indicador de Efectividad General de los Equipos (OEE) en toda la planta, este indicador se encontraba en un índice del 71% siendo la meta establecida mantenerlo arriba del 80%. El objetivo fue aumentar el indicador OEE en el área de empaque de embutidos, área en donde era necesario elevar el indicador afectado por perdidas de los equipos. La metodología implementada fue el Paso Dos del Mantenimiento Autónomo (M.A), primer pilar de la casa del Mantenimiento Productivo Total (TPM), conjuntamente con las cuatro etapas del ciclo CAP-DOS (Proceso Sistemático para la Resolución de Problemas). La implementación involucró a los operarios en actividades básicas de mantenimiento, considerando sus aportaciones de mejora. El resultado obtenido fue el aumento del indicador OEE al 82%, lo que se traduce en mayor en la disponibilidad de los equipos, este resultado permitirá extender la metodología a otras áreas como una alternativa de mejora continua.

Palabras clave: CAP-DOS, Efectividad General de Equipo OEE, Mantenimiento Autónomo.

Resumen

Se expone el caso de una empresa fabricación de alimentos embutidos establecida en México, la empresa para mantener sus ventajas competitivas a establecido el indicador de Efectividad General de los Equipos (OEE) en toda la planta, este indicador se encontraba en un índice del 71% siendo la meta establecida mantenerlo arriba del 80%. El objetivo fue aumentar el indicador OEE en el área de empaque de embutidos, área en donde era necesario elevar el indicador afectado por perdidas de los equipos. La metodología implementada fue el Paso Dos del Mantenimiento Autónomo (M.A), primer pilar de la casa del Mantenimiento Productivo Total (TPM), conjuntamente con las cuatro etapas del ciclo CAP-DOS (Proceso Sistemático para la Resolución de Problemas). La implementación involucró a los operarios en actividades básicas de mantenimiento, considerando sus aportaciones de mejora. El resultado obtenido fue el aumento del indicador OEE al 82%, lo que se traduce en mayor en la disponibilidad de los equipos, este resultado permitirá extender la metodología a otras áreas como una alternativa de mejora continua.

Palabras clave: CAP-DOS, Efectividad General de Equipo OEE, Mantenimiento Autónomo.

Abstract

The case of a sausage food manufacturing company established in Mexico is presented. The company, in order to maintain its competitive advantages, has established the General Equipment Effectiveness indicator (OEE) throughout the plant. This indicator was at an index of 71%, with the established goal being to keep it above 80%. The objective was to increase the OEE indicator in the sausage packaging area, an area where it was necessary to raise the indicator affected by equipment failures. The methodology implemented was Step Two of Autonomous Maintenance (AM), the first pillar of the Total Productive Maintenance (TPM) methodology, together with the four stages of the CAP-DOS cycle (Systematic Process for Problem Resolution) were developed. The implementation involved the operators in basic maintenance activities, considering their contributions for improvement. The result obtained was the increase of the OEE indicator to 82%, which translates into an increase in the availability of the equipment. This result will allow the methodology to be extended to other areas as an alternative for continuous improvement.

Keywords: CAP-DOS, General Equipment Effectiveness OEE, Autonomous Maintenance.

Introducción

El Mantenimiento Autónomo y su relación con el TPM

El Mantenimiento Autónomo es considerado uno de los ocho pilares de la casa del TPM, “Considera en las actividades del mantenimiento rutinario a todo el personal que labora en la empresa, directivos, administrativos y operativos.” (Peng, Farhana, & Elyna, 2022). En términos generales el TPM, “tiene como objetivo mejorar la disponibilidad de los equipos, reducir costos y prolongar la vida de la maquinaria durante su funcionamiento.” (Reis, Godina, Pimentel, Silva, & Matias, 2019)

Pilares del TPM

Para organizar e implementar un TPM es necesario recurrir a los pilares que lo conforman, aunque particularmente en la literatura los investigadores difieren en el número y nombre exacto de cada uno de los pilares, a continuación, presentamos los pilares generalmente encontrados en la literatura:

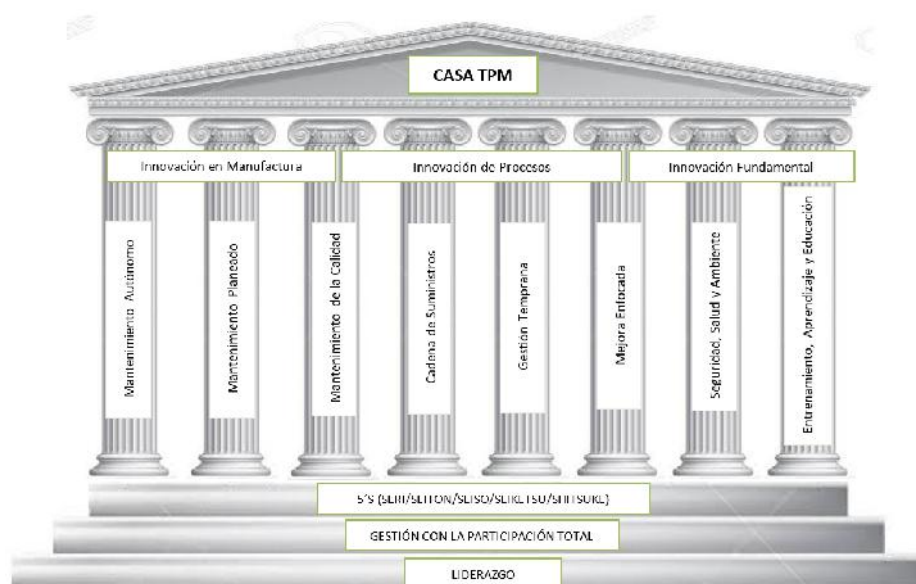


Figura 1. Estructura TPM – 8 Pilares

Fuente: Tomado de (Corporation, 2017)

Los pilares son también llamados procesos, cada uno de ellos permiten el desarrollo del TPM de manera ordenada y eficaz conducen a una producción optima.

El Mantenimiento Autónomo

El MA significa prevenir que se deteriore el equipamiento de producción, conduce a los trabajadores a realizar actividades básicas de limpieza, inspección y lubricación de su área (Moyano, Piza, Zaruma, & Guadalupe, 2019). El MA es la habilitación de actividades de índole autónomo para la mejora del rendimiento del equipo mezclando el conocimiento administrativo y el técnico. (Hernandez, Escobar, Larios, & Noriega, 2014). Para (Gallego & Arboleda, 2017), en el MA los operadores cuidan y alertan de las fallas en las maquinas así mismo aplican 5s para que trabajen mejor. Según (Cárcel, 2016), en el MA los operadores asumen la responsabilidad del cuidado de los activos de producción”. De acuerdo a (Lopez & Quispe, 2021), el MA busca por medio de los operarios reducir las fallas y los tiempos no productivos de las máquinas. En la visión de (Kury, 2018), en el MA los operarios frecuentemente inspeccionan los equipos con el fin de determinar posibles fallas aplicando acciones de limpieza, ajustes y engrase. Para el éxito del MA los operarios deben desarrollar habilidades específicas. (Soto, 2021). Para (Mejía, 2018), el MA desarrolla en los operarios habilidades de manutención de los equipos. En el enfoque de (Vélez, 2015), el MA es la aplicación de las 5s en máquinas. Mientras tanto (Vargas, 2020), refiere que el MA es una ventaja para las empresas al incluir a los operarios en la preservación de los equipos. Así mismo para (Vásquez, 2018), el MA busca elevar la OEE, identificando y eliminando las 11 pérdidas clave de la productividad. Para (Arroyo & Cruces, 2020), el MA de una o de otra manera forma a los operarios en habilidades de cuidado de los equipos. El MA está incluido en el TPM, compromete al personal a mantener el interés por el cuidado de la maquinaria. (Jiménez, 2018)

Pasos o etapas del Mantenimiento Autónomo

Para implementar el Mantenimiento Autónomo es necesario recurrir a la ejecución de los pasos o etapas que lo conforman (Gallego & Arboleda, 2017; Moyano, Mejía, 2018; Vélez, 2015; Piza, Zaruma, & Guadalupe, 2019; Soto, 2021; Vargas, 2020; Vásquez, 2018; Jiménez, 2018)

- Primer paso. Garantizar las condiciones de uso:** efectuar una limpieza a detalle de los equipos para garantizar y establecer las condiciones de su funcionamiento adecuado.
- Segundo paso. Eliminar los obstáculos y las causas de contaminación:** Escuchar a los operarios con sus propuestas para solucionar la acumulación de contaminación en secciones de la maquinaria poco accesibles.

-) **Tercer paso. Los operarios definen la frecuencia de las acciones:** Se ejecutan actividades programadas y secuenciales de servicio a los equipos.
-) **Cuarto paso. Identificación temprana:** Con la ayuda de los operarios de mayor experiencia se pueden identificar tendencias y deterioros en los equipos, ellos formaran a los operarios más jóvenes.
-) **Quinto paso. Formalización:** Se genera la documentación para consolidar la ejecución de los pasos anteriores.
-) **Sexto paso. Planeación:** Establecer un cronograma de acciones para los operarios.
-) **Séptimo paso. Seguimiento:** Se verifica el cumplimiento de los pasos anteriores.

Casos de aplicación y éxito del Mantenimiento Autónomo

Tabla 1. Casos de aplicación del Mantenimiento Autónomo

Entorno	Aplicación	Resultados	Fuente
Implementación del MA en un taller mecánico industrial.	- Énfasis en la limpieza y el orden en el lugar de trabajo (5s). - Aplicación de estándares de limpieza y lubricación para cada máquina. - Disciplinar al personal y orientarlo.	- Prolongación de la vida útil de las máquinas y herramientas. - Elaboración de un Check-List por cada maquina y llenado por cada operador e inspección de rutina.	(Moyano, Piza, Zaruma, & Guadalupe, 2019)
Implementar el MA en la línea de ensamble de motocicletas de la empresa Auteco Mobility SAS	Elaboración y aplicación de un plan de mantenimiento autónomo de todas las herramientas neumáticas de la línea de ensamble.	- Mejorar la disponibilidad de las herramientas neumáticas. - Reducción de las intervenciones correctivas un 60%.	(Gallego & Arboleda, 2017)
Implementación de SMED y MA en una fabrica de zunchos de plástico.	Ejecución de mejora continua que combina SMED y TPM.	Reducción de reprocesos de 20.4% a 2.1%.	(Lopez & Quispe, 2021)
TPM en para contrarrestar las perdidas.	- Análisis para determinar las maquinas con alto índice de fallas y paros. - Estrategia de mejora basada en acciones y resultados.	Incremento del 18% en resultados operativos posteriores a la implementación.	(Reis, Godina, Pimentel, Silva, & Matias, 2019)
TPM caso aplicado.	- Mantto. a equipos de torneado. - Aplicación de MA basado en el análisis de manuales de mantenimiento y Know-How.	- Menos fallos de 23% a 38% - OEE aumentó 5%.	(Pinto, y otros, 2020)
Promover la participación de los empleados en la operación y mantenimiento de edificios de oficinas ecológicos mediante la adopción del concepto de Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Investigar los habilitadores del TPM para el mantenimiento de edificios ecológicos.	- Se identificaron siete facilitadores del TPM. - Se determinaron tres habilitadores de la participación de los empleados: Conocimiento, conciencia y comunicación	(Peng, Farhana, & Elyna, 2022)

Fuente: Elaboración propia

La disponibilidad del equipo

La disponibilidad de los equipos de producción permite a las empresas mantener sus ventajas competitivas ante la globalización, así mismo una problemática de las organizaciones es mantener los equipos de producción en un alto grado de disponibilidad y eficiencia siendo así mismo parte

de una estrategia fundamental para el cumplimiento de los objetivos y metas organizacionales, para ello las empresas recurren constantemente a diversas herramientas y metodologías. Para mejorar la disponibilidad de la maquinaria actualmente no basta solamente con declarar la existencia de un departamento de mantenimiento en las organizaciones, también es necesario establecer un plan estratégico de mantenimiento con un enfoque a eliminar las pérdidas de eficiencia en la maquinaria (Pinto, y otros, 2020). En 2018, estudios efectuados reportaron que las pequeñas y también medianas compañías sufrían al descomponerse sus equipos. (Ramírez & Torres, 2021).

Las pérdidas principales del equipo

Descubrir los obstáculos del ¿Por qué? no se logran nuestras metas y buscar la mejor manera de eliminarlos. El asesor de productividad (Shinotsuka, 2003), “define ocho pérdidas principales del equipo:”

1. Fallas mayores
2. Calibraciones y puestas a punto
3. Calibración y cambio de herramental
4. Interrupciones pequeñas
5. Aumento del ciclo producto
6. Productos fuera de especificación
7. Inicio del ciclo con pérdidas
8. Exceso de tareas preventivas

La Eficiencia General del Equipo (OEE)

El indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness - Eficiencia General del Equipo), permite medir la efectividad de la maquinaria en toda la planta. Para (Shinotsuka, 2003), es una herramienta de diagnóstico-mejora. La medición del indicador en las diferentes áreas de la empresa permite identificar los procesos con deficiencias en la disponibilidad de los equipos, es por ello que el indicador OEE es considerado una potente herramienta para la mejora continua (Richa, 2019). El indicador OEE es un cálculo que involucra la disponibilidad de la máquina, la eficiencia de máquina y la calidad de producción de la máquina (Nakajima, 1988). La Ec. (1) refiere a la forma de calcular el OEE.

$$OEE = (D \text{ (Disponibilidad)}) \times (E \text{ (Eficiencia)}) \times (C \text{ (Calidad)}) \quad \text{Ec. (1)}$$

La **disponibilidad** de máquina, Ec. (2), está relacionada directamente el tiempo total disponible y el tiempo real de producción, considerando que existen dos tipos de tiempo no productivos: los paros programados (mantenimiento, ajustes, calibraciones, cambios de moldes o cambio de lote) y los paros no programados (cuellos de botella, averías y mantenimiento correctivo). Se calcula dividiendo las horas en que el equipo estuvo en producción entre las horas asignadas en el turno.

$$D = \frac{T - T_p}{T} \times 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

La **eficiencia** de la maquinaria está directamente relacionada con lo que produce la maquina y su respectivo tiempo de uso. La eficiencia se ve afectada al operar la maquinaria a valores nominales menores, reducción de velocidad, o pequeños paros. Se calcula primeramente considerando la **capacidad nominal** de la máquina, este dato es directo del fabricante está expresado en: *unidades producidas/unidad de tiempo*. Véase Ec. (3).

$$E_i = \frac{T_{di}}{T} \times \frac{P}{U_i} \times 100 \quad \text{Ec. (3)}$$

La **calidad** de producción de la maquinaria, Ec. (4), está relacionada directamente con el porcentaje de unidades conformes producidas (una relación de involucra el total de unidades producidas con el total de unidades no conformes o defectuosas).

$$C = \frac{U_c}{U} \times 100 \quad \text{Ec. (4)}$$

Así el indicador OEE es obtenido al multiplicar cada característica de maquina calculada anteriormente con las fórmulas anteriores, un ejemplo se muestra a continuación:

$$O = (0.8) \times (0.6) \times (0.9) = 43.2\%$$

El resultado del cálculo del indicador OEE puede referenciar desde una máquina, una línea de producción y hasta una planta de producción completa. Una meta empresarial universal respecto al indicador OEE es estar dentro del 85%, para lograr dicho objetivo se debe lograr que los

indicadores estén en: Disponibilidad: 90%, Eficiencia: 95% y Calidad: 99%, La implementación paulatina de los pilares del TPM, van aumentando significativamente el valor del indicador OEE.

$$O = (0.9) \times (0.9) \times (0.9) = 0.729 \approx 73\%$$

Interpretación del valor del indicador OEE, (Shinotsuka, 2003), :

Menor a 65%	Muy bajo y en riesgo de ineficiencia.
Entre 65% hasta 75%	Bajo se necesita mejorar rápidamente.
Entre 75% hasta 85%	Medio es aceptable, pero puede mejorarse.
Entre 85% hasta 95%	Alto desempeño de los equipos.
Entre 95% hasta 100%	Muy alto (deseado mundialmente)

El objetivo de este trabajo fue aumentar el indicador OEE del 71% y conducirlo paulatinamente hasta el 80% (una interpretación aceptable) como meta institucional, para ello en las mediciones OEE se detectó que el área de empaque de embutidos no estaba contribuyendo con el indicador.

Materiales y métodos

Paso 2 del MA y CAP-Do

Para el desarrollo del segundo paso: eliminar los obstáculos y las causas de contaminación, perteneciente al MA primer pilar del TPM, se desarrollaron las cuatro fases del ciclo CAP-Do (Proceso Sistemático para la Resolución de Problemas). La implementación implicó a los operarios en actividades básicas de mantenimiento, y sus valiosas propuestas. (Mineros, 2020). La implementación viene precedida del desarrollo del **Primer paso. Garantizar las condiciones de uso**, definición de las tareas esenciales para limpieza, inspección de las máquinas, equipos, herramientas y del área de trabajo.

Fases de la metodología CAP-Do

Se estableció a partir de la metodología CAP – Do, las siguientes etapas de desarrollo en el área de empaque de embutidos, estableciéndose como referencia para el logro del objetivo.

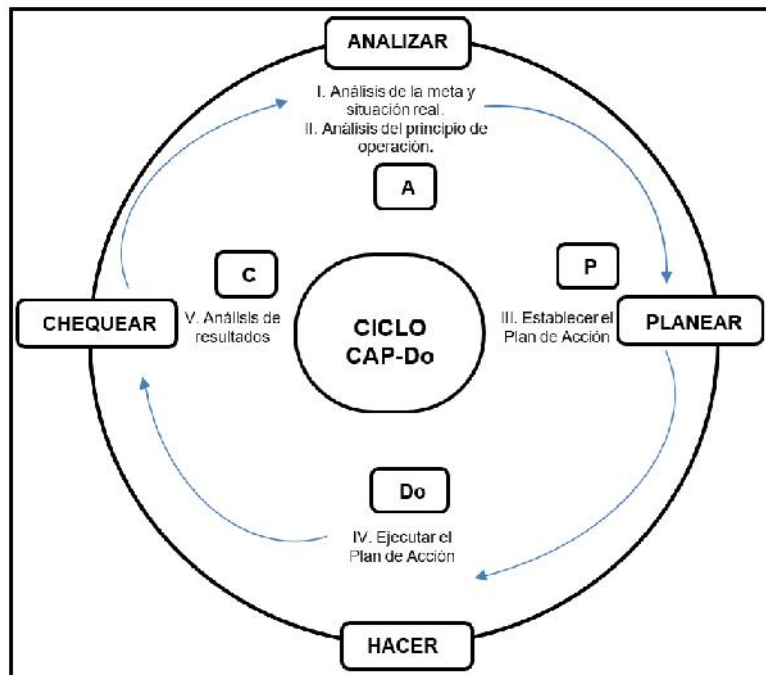


Figura 2. Ciclo CAP-Do

Fuente: Tomado y adaptado de (Mineros, 2020).

Etapas 1: Analizar

I. Análisis de la meta y situación real

En el área de empaque de embutidos, se tienen en la línea de empaque cuatro máquinas: Peladora, Alineadora, Acondicionadora y Empacadora, al inicio del periodo de estudio se analizaron los registros iniciales actuales del indicador de la Eficiencia General del Equipo (OEE) en los factores: disponibilidad, eficiencia y calidad de la producción.

El análisis de los tres componentes OEE de la línea de empaque, se realizó durante los primeros tres meses del desarrollo de este proyecto llegando a los valores asentados en Tabla 2.

Tabla 2. Componentes OEE área empaque

No.	Maquina	Mes 1	Mes 2	Mes 3	% Promedio
Disponibilidad					
1	Peladora	94	95	93	94
2	Alineadora	75	73	77	75
3	Acondicionadora	94	93	93	93
4	Empacadora	80	81	80	80
					86
Eficiencia					
1	Peladora	96	94	97	96
2	Alineadora	74	75	73	74
3	Acondicionadora	96	96	97	96
4	Empacadora	83	85	84	84
					88
Calidad					
1	Peladora	94	93	94	94
2	Alineadora	92	92	91	92
3	Acondicionadora	95	96	95	95
4	Empacadora	93	94	93	93
					94

Fuente: Elaboración propia

El OEE inicial resultante calculado fue de:

$$O = (0.86) \times (0.88) \times (0.94) = 0.71$$

El resultado del cálculo del indicador OEE refiere a una interpretación de situación real: **“bajo”** en la línea de producción de acuerdo con (Shinotsuka, 2003). La interpretación grafica del estado inicial del OEE y de sus elementos calidad, eficiencia y disponibilidad, la Figura 3 ilustra.

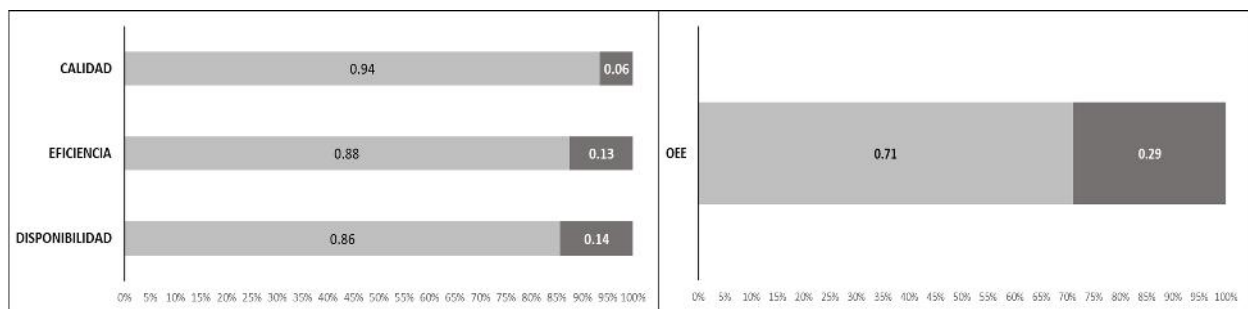


Figura 3. Estado inicial componentes e indicador OEE.

Fuente: Elaboración propia

El análisis de la situación real de la línea de empaque, permite identificar que los equipos con menor contribución a la mejora del indicador OEE, son las maquinas: alineadora y empacadora.

No obstante, existen oportunidades de mejora para con el indicador OEE en el empaque. En el análisis de la meta se concluye que es necesario incrementar el índice del OEE del 71% y conducirlo paulatinamente hasta el 80% (una interpretación aceptable) como meta institucional.

II. Análisis del principio de operación

El siguiente paso fue conocer el principio de operación de cada uno de los cuatro equipos que forman la línea de empaque, esta fase permitió conocer las condiciones previas antes de implementar el segundo paso. Como mencionamos anteriormente esta fase viene precedida del desarrollo del primer paso, donde se establecieron las acciones principales para limpieza, inspección de las máquinas, equipos, herramientas y del área de trabajo. Al conocer el principio de operación permitió al equipo de trabajo determinar los factores cruciales que condicionan el indicador OEE, analizar las causas de las pérdidas de equipo para después implementar las acciones correctivas. Las tareas para conocer el principio de operación de los quipos de la línea de empaque la Tabla 3 describe.

Tabla 3. Tareas conduciendo al principio operativo

No.	Tarea	Descripción de la tarea
1	Lectura de los manuales de operación y técnicos de las máquinas.	Conocer los procedimientos recomendados por el fabricante del manejo, operación, servicio y frecuencia del mantenimiento de los equipos.
2	Retroalimentación por los trabajadores, operarios y encargados de mantenimiento.	Determinar procedimientos prácticos y recabar sugerencias, fallas frecuentes de los equipos con base a la experiencia de los trabajadores.
3	Revisión de los datos históricos de fallas frecuentes.	Determinar el índice de pérdidas del equipo, los tipos de fallas, paros no programados que afectan la disponibilidad, eficiencia y calidad de los equipos.

Fuente: Elaboración propia

Los factores cruciales debido a eliminar los obstáculos y las causas de contaminación que están generando paros menores, mayores, decomiso y reproceso que condicionan el indicador OEE, encontrados en la línea de empaque se enlistan en la Tabla 4.

Tabla 4. Análisis de fuentes de contaminación y fallas

Nombre	Tipo de falla			
	Componente	Proceso	Descripción	Efecto
Peladora	Pelador	El embutido entra al pelador pasando por el acrílico y tobogán cayendo pelado a la banda transportadora.	El embutido cuando pasa por el pelador se atora en el acrílico y cae al suelo.	Fuente de contaminación
Alineadora	Paleta revolvedora	El embutido sube por la banda transportadora y cae al colador la paleta revolvedora lo alinea.	Se observa caída de embutido roto en las guardas inferiores del colador.	Fuente de contaminación / Decomiso del producto.
Acondicionadora	Cabezal	El embutido es acondicionado en las buchacas	El embutido se desacomoda y se rompe con caída a las guardas y al piso	Fuente de contaminación / Decomiso/ Reproceso / Paros menores.
Empacadora	Cortador	La tira de paquetes de embutidos pasa por el cortador para separarlos en paquetes únicos.	Los paquetes salen con cortes desfasados provocando envasados defectuosos, la empacadora se trava.	Fuente de contaminación / Reproceso / Paros menores.

Fuente: Elaboración propia

Etapas 2: Planear

III. Establecer el plan de acción

Para el detallado del **análisis de causa raíz** (RCA) de las pérdidas del equipo, se utilizó la herramienta “5 Whys” (Card, 2017), con el apoyo de los operadores de las máquinas y de personal de producción, jefes de turno y trabajadores de mantenimiento se identificaron las causas raíz, las posibles soluciones y acciones para reducir o eliminarlas. El análisis se realizó para cada una de las cuatro máquinas, en la Figura 4, se muestra el análisis causa raíz con la herramienta “5 Whys” para la problemática del cortador de la empacadora de paquetes de embutido.

Problema: Paros menores en la empacadora - (Cortador) - Los paquetes salen con cortes defasados.



Figura 4: Herramienta “5 Whys” para la falla del cortador de la máquina empacadora

Fuente: Elaboración propia

El concentrado del RCA utilizando la herramienta “5 Whys” que permitió la definición y establecimiento de acciones preventivas y correctivas, así como también establecer un plan de acción en la Tabla 5 se presenta resumido.

Tabla 5. Concentrado RCA y Plan de Acción.

Nombre	Componente	RCA	Plan de Acción	
			Corto Plazo	Mediano Plazo
Peladora	Pelador	Acrílico desalineado	Capacitación de operarios para efectuar el ajuste	
		Residuos	Establecer rutinas de limpieza	
Alineadora	Paleta revolvedora	Paleta desalineada	Capacitación de operarios para efectuar el ajuste	
		Residuos		Establecer rutinas de limpieza
		Difícil acceso	Eliminar área de difícil acceso	
Acondicionadora	Cabezal	Cabezal desajustado	Capacitación a operarios para efectuar el ajuste	
		Cabezal incorrecto	Crear y normalizar procedimiento de cambio de cabezal	
		Falta de mantenimiento	Establecer rutinas de inspección y servicio.	
Empacadora	Cortador	Residuos		Establecer rutinas de limpieza
		Difícil acceso	Eliminar área de difícil acceso	
		Filo de navajas	Capacitación de operarios para efectuar inspección Establecer rutinas de inspección y servicio.	

Fuente: Elaboración propia

Etapas 3: Hacer

IV. Ejecutar el plan de acción

En la línea de empaque se encontraron cuatro fallas de alto impacto que desencadenaban once causas raíz que condicionaban el indicador OEE, la siguiente etapa fue implementar las acciones preventivas y correctivas mediante la ejecución del plan de acción correspondiente al segundo paso: eliminar los obstáculos y las causas de contaminación del MA, los pasos fueron los siguientes:

) Capacitación de operarios

El primer paso fue establecer un programa de capacitación de operarios en el contexto del segundo paso del MA, con el objetivo de que fueran capaces de cuidar y alertar de las averías de los equipos que interactúan, así mismo lograr su participación en las mejoras de los equipos, hacerlos inmersos en las rutinas elementales básicas del mantenimiento, establecer actividades de limpieza, eliminación de fuentes de contaminación y realización de pequeños ajustes de máquina. El plan de capacitación fue contemplado a corto y a mediano plazo dependiendo de la máquina o elemento de máquina con la que interactúan los trabajadores y las acciones predecesoras de mejora

de máquina como fueron las adecuaciones para eliminación eliminar los obstáculos y secuenciación para cambiar cabezales.

) **Eliminar fuentes de contaminación**

La participación, ideas y aportaciones de los operarios, así como de los trabajadores que interactúan directamente con las máquinas del área, resultó muy valiosa para establecer mejoras en la maquinaria y procedimientos para eliminar las fuentes de contaminación. El departamento de mejora continua tomó nota de las aportaciones y sugerencias, de esta manera mediante la implementación de las mejoras se eliminaron paulatinamente la mayoría de las fuentes de contaminación, algunas de las observaciones fueron la atención individualizada a elementos de máquina que requerían mejor servicio de mantenimiento, ajustes y calibraciones mismos que las propiciaban, también se encontró que ciertos operarios no seguían un procedimiento adecuado de trabajo. Esta etapa fue contemplada a corto y a mediano plazo dependiendo de la máquina, elemento de maquina o procedimiento efectuado.

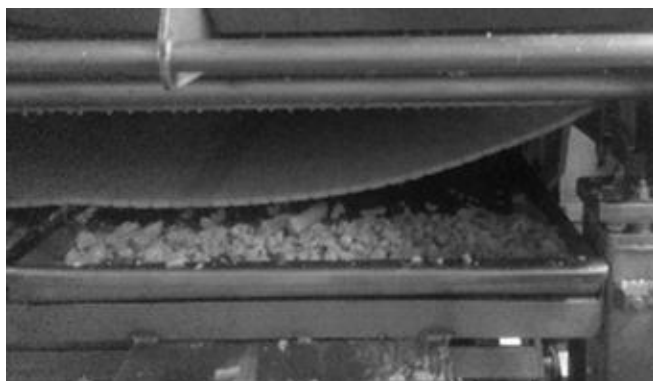


Figura 5. Fuente de contaminación antes de la mejora
Fuente: Fabrica de alimentos embutidos

) **Eliminación de áreas de difícil acceso**

Particularmente se encontraron pérdidas de equipo relacionadas con la falta de inspección y servicio, de bandas, chumaceras, cejas de acondicionamiento, rodillos, cabezales y navajas, en estos componentes no se podía efectuar la inspección por falta de acceso rápido, así mismo el servicio de lubricación, ajuste y limpieza se dificultaba. La participación, ideas y aportaciones de los operarios y trabajadores que interactúan directamente con las maquinas, fue muy valiosa en las mejoras para eliminar los obstáculos, el departamento de mejora implementó modificaciones para ofrecer accesos rápidos, estas mejoras fueron contempladas a mediano plazo.

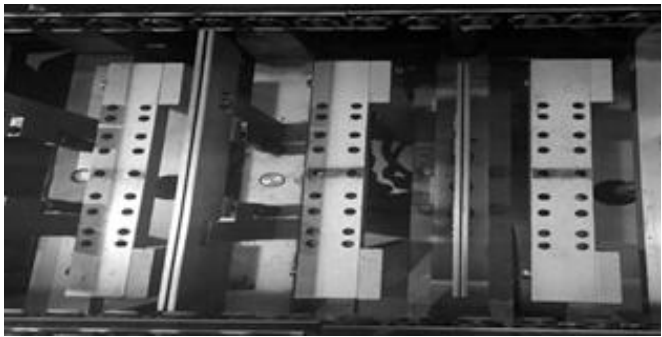


Figura 6. Eliminación del área de difícil acceso del cortador de la empacadora
Fuente: Fabrica de alimentos embutidos

) Rutinas de inspección, servicio y limpieza

Una vez eliminadas las áreas de difícil acceso, las actividades de inspección, servicio y reparación fueron más accesibles, sin embargo, era necesario normalizar estas actividades.

Título		LECCIÓN DE UN PUNTO OPL (One Point Lesson)		No. OPL:	
				Fecha:	
Tema:		LUBRICACIÓN UTILIZANDO ENGRASADORA MANUAL		LOGO	
1 Utiliza guantes de seguridad 2 Limpia el elemento a lubricar 3 Verifica el funcionamiento de la grasa 4 Inserta el inyector en el engrasador 5 Lubrica según sea de la palanca 5 veces en cada engrasador 6 Retira el inyector y limpia el excedente de grasa usando un trapo					
Área:		Máquina:		Sección de máquina:	
Empaque		Acondicionadora		Chumaceras del Cabezal	
Actividad:		Inspección ☐ Limpieza ☐ Ayuda ☐ Lubricación ☒		Elaboró:	
				Autorizó:	

Figura 7. Ayuda visual del método de lubricación con engrasadora manual
Fuente: Fabrica de alimentos embutidos

Se efectuaron procedimientos estandarizados con base al tiempo de operación de máquina, así mismo se utilizaron ayudas visuales OPLs - *One Point Lesson* (Gopal, Maity, & Oraon, 2023),

establecidos y asentados con base a las indicaciones de los manuales de las máquinas, de las aportaciones de los trabajadores del área de mantenimiento y de los operarios. Véase Figura 7.

V. Resultados y discusión

Etapas 4: Chequear (Revisar)

Luego de implementar las mejoras correspondientes al segundo paso: eliminar los obstáculos y las causas de contaminación del MA, analizando los registros resultantes del indicador de la Eficiencia General del Equipo (OEE) en los factores: disponibilidad, eficiencia y calidad de la producción siendo presentados a continuación:

En la Tabla 6 se puede observar el análisis de los tres componentes OEE se realizó después de las mejoras e implementaciones durante el transcurso del octavo, noveno y décimo mes, obteniendo así los valores.

Tabla 6. Componentes OEE área empaque después de mejoras

No.	Maquina	Mes 8	Mes 9	Mes 10	% Promedio
Disponibilidad					
1	Peladora	96	97	96	96
2	Alineadora	88	85	86	86
3	Acondicionadora	95	95	94	95
4	Empacadora	85	87	85	86
					91
Eficiencia					
1	Peladora	97	97	98	97
2	Alineadora	92	91	90	91
3	Acondicionadora	97	98	98	98
4	Empacadora	91	90	92	91
					94
Calidad					
1	Peladora	95	97	97	96
2	Alineadora	94	93	94	94
3	Acondicionadora	97	98	97	97
4	Empacadora	95	95	96	95
					96

Fuente: Elaboración propia

El OEE inicial resultante fue:

$$O = (0.9) \times (0.9) \times (0.9) = 8.1 \%$$

El resultado del cálculo del indicador OEE refiere a una interpretación de situación real: **“medio”**, aceptable en la línea de producción. (Shinotsuka, 2003). En la Figura 8 se efectuó una interpretación gráfica de los elementos del OEE resultante.

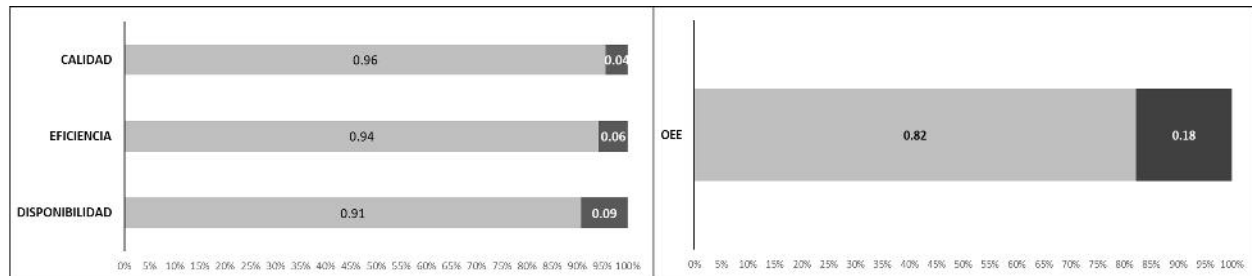


Figura 8. Estado del OEE y de los elementos del OEE después de la implementación

Fuente: Elaboración propia

El indicador OEE se pudo elevar 11% pasando de 71% a 82%. La gráfica del comportamiento OEE y sus componentes por separado se presenta en la Figura 9, el componente “disponibilidad” fue mejorado 5%, el de “eficiencia” mejoró 6%, y el de “calidad” tuvo una mejoría del 2%.

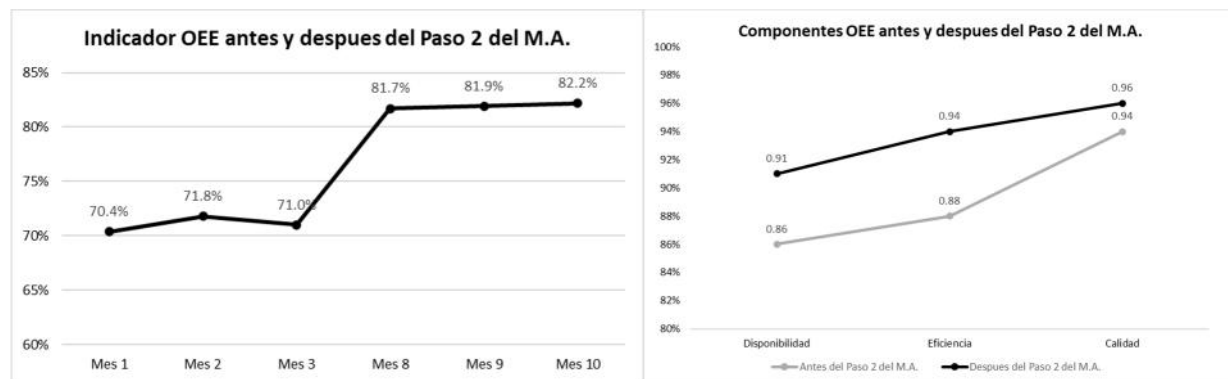


Figura 9. Comportamiento del indicador OEE y sus componentes

Fuente: Elaboración propia

Un análisis con ayuda de un gráfico de tipo radial nos muestra las oportunidades de mejora, se puede apreciar que la eficiencia y la disponibilidad pueden mejorarse aún más, véase la Figura 10.



Figura 10: Alcance de los componentes OEE después del Paso 2 del M.A.

Fuente: Elaboración propia

Discusión: Para calcular el OEE, como se ha demostrado, fue el resultado promedio basado en la recolección de datos mensuales de los componentes: calidad, eficiencia y disponibilidad, sin embargo, un enfoque de cálculo de OEE mensual, podría condicionar la valoración de otros expertos en el tema, aun así, dichas consideraciones estarían aproximadas de acuerdo a nuestro equipo de trabajo, a una similitud en los resultados del $\pm 1\%$. Así mismo involucrar a personal operativo y lograr su participación en rutinas elementales básicas del mantenimiento verdaderamente resulta todo un reto para la organización en sí y muchas veces no es fácil, para lograrlo se necesita mucho liderazgo, compromiso organizacional, capacitación constante (Gil Nuño, Aragón Paulín, Martínez Corona, & Leines Medina, 2019) y retribuciones al personal (Banmairuoy, Kritjaroen, & Homsombat, 2022). En este contexto ante la experiencia del desarrollo del paso 2 de Mantenimiento Autónomo, se presenta el siguiente cuestionamiento: ¿Se tendrán resultados similares al aplicarlo en las demás áreas de la empresa?

Conclusiones

Al aplicar el segundo paso del MA de TPM, se logró incorporar a los operarios de máquina, involucrándolos en actividades de mejora, formación, diagnóstico, servicio, inspección y prevención de fallas, así como la participación en rutinas elementales de mantenimiento básico y pequeños ajustes de máquina, esto permitió eliminar los obstáculos y las causas de contaminación del MA y pequeños ajustes de elementos mecánicos, además de incrementar el indicador OEE en un 11%. Fue necesario el compromiso y liderazgo de la alta dirección, el apoyo del departamento de mejora continua y del equipo del área de mantenimiento, así mismo de la concientización de

todo el personal hacia las pérdidas de producción para lograr los resultados obtenidos. Se puede concluir que el Paso 2 del Mantenimiento Autónomo de TPM puede ser implementado con bases sólidas en otras áreas de la empresa en donde también se requiera mejorar el indicador OEE.

Agradecimientos

Se expresan los más sinceros agradecimientos y reconocimientos a la empresa de alimentos embutidos en cuestión por haber brindado la oportunidad del desarrollo del valioso proyecto dentro de sus instalaciones, al TecNM por su solvencia y al ITSOEH por el soporte brindado.

Referencias bibliográficas

- Arroyo, C., & Cruces, R. (2020). Modelo para mejorar la eficiencia en el área de extrusión de una pyme manufacturera del sector plástico basado en SMED, mantenimiento autónomo y 5s. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Banmairuroy, W., Kritjaroen, T., & Homsombat, W. (2022). The effect of knowledge-oriented leadership and human resource development on sustainable competitive advantage through organizational innovation's component factors: Evidence from Thailand 's new S- curve industries. *Asia Pacific Management Review*(27), 200-209.
- Cárcel, F. J. (2016). Características de los sistemas del mantenimiento TPM y RCM en la ingeniería del mantenimiento. *3C tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 5(3), 68-75.
- Card, A. (2017). The problem with "5 whys". *BMJ Qual Saf*(26), 671-677. doi: doi:10.1136/bmjqs-2016-005849
- Corporation, S. (2017). *Manual TPM Nivel 1*. Japon.
- Gallego, S., & Arboleda, Y. (2017). Implementación del mantenimiento autonomo a las herramientas neumáticas de la linea de ensamble de la empresa AUTEKO MOBILITY SAS. 47. Medellin, Colombia: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Garcia, J. (2016). Exito del Mantenimiento Productivo Total. *Contaduria y Administración*, 24.
- Gil Nuño, B., Aragón Paulín, R., Martínez Corona, J., & Leines Medina, D. (2019). Técnicas estratégicas en la sociedad del conocimiento. *Revista Teczapic*, 5(2), 38-62.
- Gopal, K., Maity, A., & Oraon, B. (january de 2023). TPM - A Holistic methodology towards Improving Overall Equipment Effectiveness: A case study at XYZ Limited, Kolkata. *Sustainable Excellence A contemporary Business Perspective*, 273-296.

- Hernandez, A., Escobar, C., Larios, J. M., & Noriega, S. (2014). Factores criticos del exito para el despliegue del mantenimiento productivo total en plantas de la industria maquiladora para la exportación en Ciudad Juarez: Una solucion factorial. *Contaduria y Administración UNAM*, 60, 82-106.
- Jiménez, L. (2018). Gestión de un plan de mantenimiento autonomo, preventivo y correctivo. Cuitláhuac, Veracruz: Universidad Tecnologica del Centro de Veracruz.
- Kury, M. (2018). Implementación del pilar del mantenimiento autónomo de la metodología de IWS en el módulo piloto, TAHSA. San Pedro Sula, Honduras.
- Lopez, A., & Quispe, M. (2021). Implementación de trabajo estandarizado, smed y mantenimiento autonomo para reducir reproceso en la fabricación de zunchos en una mype del sector plástico. Lima, Peru.
- Mejía, W. (2018). Implementación de un programa de mantenimiento autónomo en la linea Tetra Pak para mejorar la productividad de la empresa Laive S.A. Lima, Peru: Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, Universidad César Vallejo.
- Mineros, F. (28 de Septiembre de 2020). CAP-DO Molienda Plantel HEMCO. Obtenido de HEMCO: <https://hemco.com.ni/cap-do-molienda-plantel-hemco/#>
- Moyano, C., Piza, R., Zaruma, J., & Guadalupe, V. (2019). Implementación de un plan de mantenimiento autónomo en un taller mecanico industrial. *ESPOL*, 1-7.
- Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM. Cambridge. USA: Productivity Press, Eleventh Priting Edición. ISBN 978-0915299232.
- Peng, C., Farhana, N., & Elyna, N. (2022). Promoting employee participation in operation and maintenance of green office building by adopting the total productive maintenance (TPM) concept. *Journal of Cleaner Production* .
- Pinto, G., Silva, F., Baptista, A., Fernandes, N., Casais, R., & Carvalho, C. (2020). TPM Implementation and Maintenance Strategic Plan - A case study. *Procedia Manufacturing*, 51, 1423-1430.
- Ramírez, J., & Torres, R. (2021). Modelo de aplicación de herramientas 5s, mantenimiento autónomo, distribución de planta y automatización para aumentar la capacidad productiva en una PYME del sector bebidas. *Universidad Pueruana de Ciencias Aplicadas*, 27.

- Reis, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F., & Matias, J. (2019). A TPM Strategy Implementation in an Automotive Production Line Through Loss Reduction. *Procedia Manufacturing*, 38, 908-915. doi:10.1016/j.promfg.2020.01.173
- Richa, S. (2019). Overall Equipment effectiveness measurement of TPM manager model machines in flexible manufacturing environment: a case study of automobile sector. *Internal Jornal of Productivity and Quality Management*, 26(2), 206-222. doi:10.1504/IJPQM.2019.097767
- Shinotsuka, S. (2003). *Curso de facilitadores Kaizen/TPM*. 1-210. Georgia, USA: PM Systems Corporation. Recuperado el 3 de Julio de 2024
- Soto, P. (2021). *Organización del plan de mantenimiento autónomo de los equipos de la empresa SERSAN S.A.S*. Ocaña, Colombia: Universidad francisco de Paula Santander.
- Vargas, F. (2020). *Impacto del mantenimiento autónomo en la eficiencia general de una linea de producción de lavavajillas*. Lima, Peru: Universidad de ingeniería y Tecnología.
- Vásquez, L. (2018). *Implementación del mantenimiento autonomo en la planta de Plihsa*. Universidad Tecnológica CentroAmericana, San Pedro Sula, Honduras.
- Vélez, L. (2015). *Implementación de los pilares de mejoras enfocadas y mantenimiento autonomo de TPM (Total Productive Maintenance)*. Antioquía,: Escuela de Ingeniería de Antioquía Ingeniería industrial.