

INCREMENTO DE LA EFICACIA GLOBAL DEL EQUIPO (OEE) POR MEDIO DE LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS Y SEGUIMIENTO DEL CONTROL DE INSUMOS PARA LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS: CASO DE UNA EMPRESA DEL SECTOR AUTOMOTRIZ

IMPROVING THE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) OF AN AUTOMOTIVE SECTOR COMPANY BY REDUCING DOWNTIME AND MONITORING THE CONTROL OF SUPPLIES NEEDED FOR PREVENTIVE MAINTENANCE

JEL Classification: JEL L60, JEL L64, JEL M11

Received: July 12, 2021 | Accepted: October 28, 2021 | Available online: December 6, 2021

Cite this article as: Chávez, J., Santiesteban, N., & Pérez, I. (2021). Incremento de la OEE por medio de la reducción de tiempos muertos y seguimiento del control de insumos para los mantenimientos preventivos: caso de una empresa del sector automotriz. *Estudios de Administración*, 27 (2), 110-130. <https://doi.org/10.5354/0719-0816.2021.65355>

Dr. Juan Chávez Medina

Universidad Politécnica de Puebla, México
juan.chavez.medina@uppuebla.edu.mx

Dra. Norma Angélica Santiesteban López

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México
norma.santiesteban@correo.buap.mx

Mtra. Isis Vianey Pérez Flores

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México
isisvianey.perez@upaep.edu.mx

Resumen

La organización estudiada es una empresa automotriz que se especializa en la fabricación y desarrollo de etiquetas, mediante procesos de impresión flexográfica, cuya visión es duplicar en forma rentable sus ventas para el año 2025. La presente investigación adopta como objetivo incrementar la disponibilidad de maquinaria del área de impresión flexográfica para la reducción de tiempos muertos, originados por averías, de tal forma que se coadyuve con la mejora y el control de los repuestos de



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

mantenimiento a través del A3Report. En el apartado metodológico, se describen las actividades a desarrollar durante la implementación de la investigación, garantizando una correcta trazabilidad y el cumplimiento de los objetivos específicos. Entre algunas de las técnicas utilizadas, se emplea el diagrama de Causa y Efecto, el diagrama de Pareto y los cinco porqués. Finalmente, se concluye que, en la empresa analizada existía una serie de desajustes debido al desperdicio de tiempo productivo, lo que afectaba los niveles de productividad y disponibilidad manejados dentro del OEE.

Palabras claves: A3 Report, impresión flexográfica, optimización de procesos, productividad, tiempos muertos.

Abstract

The subject automotive company is specialized in the manufacture and development of labels using flexographic printing processes; it looks forward to increasing its profitability in sales in 2025. This research seeks to increase the availability of machinery in the area of flexographic printing by reducing downtime caused by breakdowns and improving and controlling maintenance spares through A3 Reports. The methodological section describes all the activities involved in the implementation of the research, guaranteeing a correct integrated traceability to the specific targets. Cause and effect diagrams, the Pareto diagram and the Five Whys are among the techniques used. We concluded that there was a series of imbalances causing a waste of productive time and affecting the levels of productivity and availability calculated by the OEE.

Key words: A3 Report, flexographic printing, process optimization, productivity, downtime.

1. Introducción

Actualmente, las mejoras logradas en la impresión flexográfica de alta calidad son una de las razones por las que el mayor crecimiento de esta industria se enfoca, principalmente, en productos de envases flexibles y etiquetas retráctiles, en los cuales existe una clara tendencia hacia una alta calidad de impresión (Anguita, 2011).

De acuerdo con el Glosario General de Artes Gráficas, las artes gráficas se refieren a las empresas y profesiones industriales conectadas con la elaboración de productos impresos. Las empresas de este sector presentan un déficit de planeación y programación, falta de recursos económicos (lo que evita la modernización), defectos de calidad y el poco recurso humano calificado (Munive, 2015). Por esa razón, uno de los principales indicadores de cualquier organización es la productividad. Al respecto, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2016) define la productividad como el uso eficiente de innovación y recursos necesarios para incrementar el valor añadido de productos y servicios.

El mantenimiento, para Wolfgang (2007), constituye una serie de tareas efectuadas

a un equipo o componente, lo que garantiza el funcionamiento deseado de un sistema operativo. García (2012) considera que el objetivo fundamental del mantenimiento es, por tanto, no reparar de forma apremiante las averías producidas, sino orientar el trabajo bajo cuatro objetivos: satisfacer un cierto valor de disponibilidad, ajustarse a un nivel de fiabilidad, garantizar el ciclo de vida de la instalación, y lograr todo lo anterior dentro de un presupuesto determinado.

Cabe señalar que, para fines de confidencialidad, se señalará como “empresa automotriz” la organización analizada. En ese sentido, en la empresa estudiada existía una problemática originada debido a las diferencias en los tiempos de fabricación, dado los tiempos improductivos y las actividades que no generaban valor dentro del proceso productivo de la línea de impresión flexográfica.

Por lo anterior, con esta investigación se busca que la empresa automotriz alcance el cumplimiento de su objetivo empresarial, ya que la organización, hasta el momento, pretende duplicar en forma rentable sus activos mediante la optimización de los recursos e incrementando la eficiencia operacional, controlando que la maquinaria trabaje dentro de las condiciones ideales para la mejora de su productividad, logrando así posicionarse dentro del ramo de impresión flexográfica a nivel nacional.

En ese sentido, es importante destacar que, actualmente, el área de producción se encuentra en un estado de crecimiento potencial, en espera de aumentar su capacidad productiva, por lo que el desarrollo de la investigación busca identificar las áreas de oportunidades, mejorando los procesos operacionales e incentivando la correcta aplicación (en tiempo y forma) de los mantenimientos oportunos, según las necesidades de la maquinaria. Así, el Departamento de Producción necesita estar alineado con el buen funcionamiento y operatividad de las máquinas, a fin de evitar paradas injustificadas, conseguir la satisfacción del cliente en cuanto a las fechas de entregas programadas y sobre todo asegurar el correcto manejo del sistema de mantenimiento, de tal manera que se brinde confiabilidad para el soporte y servicio al área de producción.

Tomando como referencia el conjunto de ideas anteriores, este trabajo tiene como objetivo incrementar la disponibilidad de maquinaria del área de impresión flexográfica para la reducción de tiempos muertos originados por averías; eso coadyuvaría a la mejora y al control de los repuestos de mantenimiento, a través del uso del A3 Report en la organización.

2. Antecedentes teóricos

2.1. Presentación de la literatura

En la actualidad, la categorización del tipo de mantenimiento se orienta en función del mantenimiento conservador, que tiene como finalidad compensar el declive de equipos sometidos por el uso, ya sea en un ambiente físico o químico.

En el mantenimiento conservador se distinguen: el mantenimiento correctivo, entendido como el conjunto de tareas destinadas a subsanar las fallas que aparecen en los diversos equipos; y el mantenimiento preventivo, cuya misión es propiciar un cierto grado de servicio en los equipos, planificando las intervenciones de puntos susceptibles en el momento más apto.

Generalmente, el mantenimiento preventivo es sistemático, es decir, que interviene incluso si el equipo no ha mostrado ningún indicio de problema (Fernández, 2018). Asimismo, con este tipo de mantenimiento se eleva el tiempo de

actividad, suprimiendo las fallas, y propiciando tiempos de reparaciones reducidos y mantenimientos programados, siguiendo un monitoreo Beta muy estricto, a esto último se le conoce como el factor detrás de la falla del equipo (Mora, 2009).

Por otro lado, al examinar la influencia de un equipo en la producción, se evalúa el efecto de fallo, asumiendo una pausa total de la planta o una interrupción del área de producción, lo que se traduce en pérdidas de producción aceptables; aunque no influya en la producción, se tipifica el equipo como A, B o C (García, 2003). Por lo tanto, de acuerdo con Peña y Silva (como se cita en Burja y Burja, 2016), el manejo de inventarios se ha convertido en un interesante punto de estudio de la ingeniería industrial y en la investigación de operaciones.

El inventario persigue dos objetivos fundamentales: 1) garantizar el funcionamiento de la empresa con los *stocks* disponibles y 2) mantener niveles óptimos que permitan minimizar los costes globales (pedido y mantenimiento). Prácticamente, los inventarios se dividen en diversos tipos, los cuales se agrupan en materias primas, productos terminados y productos en proceso; desde el punto de vista funcional, se dividen en artículos de consumo y artículos para servicio, reparación y repuesto. Esta última clasificación, según Muller (2005), abarca los elementos necesarios para tener las cosas en marcha, ya sea a través de una máquina o dispositivo de cualquier tipo que continúe utilizándose (en el mercado) que requiera mantenimiento y reparación.

Los niveles cuantitativos de los elementos que se deben mantener y reparar deben basarse en consideraciones tales como los programas de mantenimiento preventivo, el nivel de fallas y la vida útil de los elementos del equipo. Por lo tanto, se entiende como *stock* a los productos almacenados en la empresa hasta que se usan o se vende (García *et al.*, 1996).

Mora (2010) manifiesta que las organizaciones tienen stocks por varias razones, las cuales se categorizan en cinco funciones:

- Atender fluctuaciones y desconciertos en la oferta y demanda de clientes.
- Distribución de los procesos internos en toda la organización.
- Anticipar asuntos inciertos como demanda estacional, huelgas, inestabilidad política, escasez de productos, problemas de transporte, etc.
- Adquisiciones (economías de escala) al comprar volúmenes por encima del promedio durante periodos de precios al alza para disminuir costos.
- Equilibrar los retrasos en el reabastecimiento (entrega) de proveedores.

Existen dos tipos de *stock*: *stock* de seguridad y *stock* de maniobra. El *stock* de maniobra es la cantidad de mercancía, es decir, el PT que la empresa generalmente usa para operar. El *stock* de seguridad es un *stock* adicional disponible en la empresa para evitar imprevistos como retrasos en la producción o en las entregas por parte de los proveedores (Mauleón, 2006).

Por otro lado, existen varias técnicas de administración de inventarios cuyo objetivo es minimizar los costos totales, maximizando así las ganancias. Estas técnicas son: el método ABC, el modelo de cantidad de pedido económico (CEP) y el punto de reorden (PR) (Durán, 2012).

Así, el sistema de clasificación ABC entra en juego cuando la gestión de repuestos es un tema complicado, donde hay que tener en cuenta criterios de priorización. Según Cortes y Morales (2012) la clasificación ABC funciona como un mecanismo de control sobre materiales a través de porcentajes para su categorización. Esa clasificación, de acuerdo con Buitrago (citado en Holguín, s.f.) necesita adoptar los *ítems* de

acuerdo con un tipo de características, en función de importancia, costo, proveedor, mantenimiento etc., los cuales se agrupan mediante un ABC, tomando como base los elementos más importantes para el manejo del inventario.

Por lo tanto, cada una de las técnicas para gestionar un inventario es fundamental en la mejora del indicador general de la eficiencia del equipo (OEE). La eficiencia general de los equipos (cuyo acrónimo es OEE) constituye un indicador en forma de porcentaje que mide la eficiencia de producción general con la que opera una máquina, planta o proceso (Rodríguez, 2019; Jonsson y Lesshammar, 1999).

Con lo mencionado anteriormente, según Tejada (2019), los tipos de paradas se clasifican en:

- Falla del equipo: es el tiempo aludido a las pérdidas por fallas del equipo a lo largo de la operación. Usualmente, estas averías se deben a aspectos mecánicos o eléctricos.
- Paradas rutinarias: el tiempo se refiere a las pérdidas debidas a actividades necesarias para configurar las máquinas por factores operativos o de terreno.
- Paradas imprevisibles: son las fallas que, generalmente, tienen mayor impacto en los indicadores de mantenimiento por las pérdidas de tiempo.

2.1.1. Hipótesis

La baja producción, así como la disponibilidad de entrega en la línea de impresión flexográfica de la empresa automotriz de estudio, se encuentra asociada al gran impacto de averías ocasionadas dentro del equipo de impresión.

3. 1. Materiales y métodos

A continuación, se muestra el desarrollo de las diferentes etapas del enfoque metodológico, que constituyeron la pauta principal en el cumplimiento de los objetivos específicos y facilitaron el seguimiento de la correcta trazabilidad de las actividades a desempeñar dentro de cada etapa.

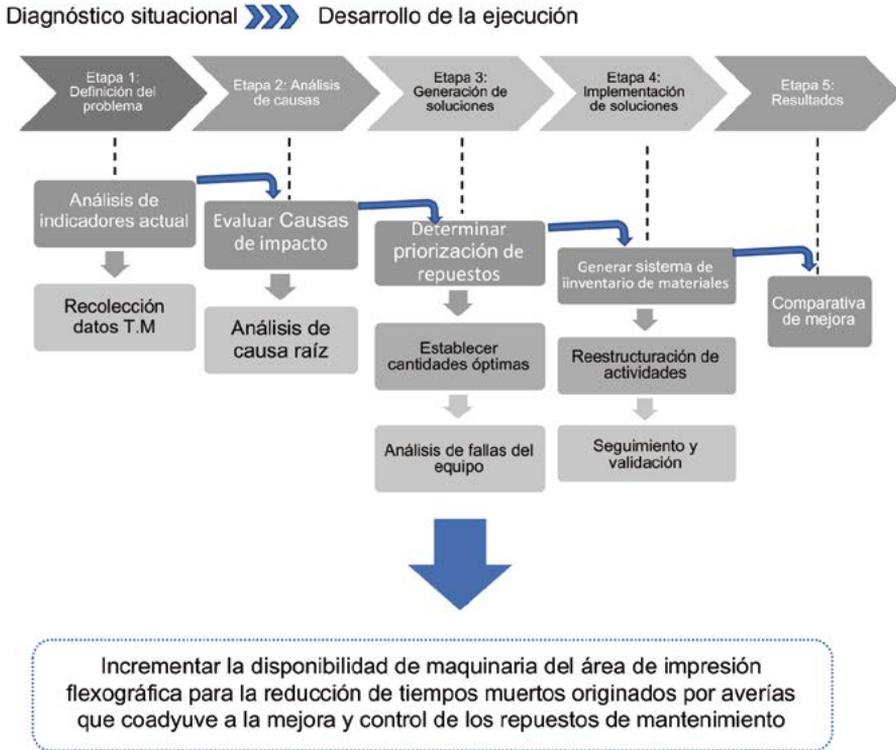
De este modo, se aplicó el A3 Report, cuyo método de gestión esencial forma parte del mecanismo de producción de Toyota TPS. El instrumento facilitó la toma de decisiones y la resolución de problemas, orientándose en el Ciclo de Deming (PDCA), en el que su uso permitió la elaboración e implementación del aprendizaje y doctrina de mejora continua dentro de la organización.

Con base a Shook (citado en Mohd *et al.*, 2018) el modelo A3 se representa al aportar los siguientes siete elementos básicos: (1) contexto, (2) estado actual, (3) objetivos/metras, (4) análisis, (5) contramedidas propuestas, (6) implementación y (7) seguimiento.

De hecho, el A3 Thinking refleja todo el ciclo PDCA. El PLAN se coloca en el lado izquierdo de la hoja y el DO-CHECK-ACT en el lado derecho. En el PLAN se organiza el panorama actual con un diagnóstico de los problemas y se recomiendan herramientas como: el Value Stream Mapping para plasmar la situación actual y el Diagrama Causa-Efecto evalúa la causa raíz de los problemas. El DO-CHECK-ACT refleja las contramedidas tomadas en base al análisis anterior, su seguimiento, así como las acciones a tomar para integrar la mejora del sistema.

La metodología constó de 5 etapas, las cuales facilitan, de manera general, una consecución de pasos que aseguran el alcance y cumplimiento del objetivo general (Ver Figura 1).

Figura 1. Esquema metodológico de actividades



Fuente: Elaboración propia (2021).

Entre las técnicas utilizadas en la metodología, se emplea el Diagrama de Causa y Efecto, cuyo método gráfico simple presenta una cadena de causa y efecto y permite dividir las causas y ordenar las relaciones entre las variables (Evans y Lindsay, 2008). El diagrama de Pareto (como recurso gráfico) se usó para agrupar las causas de un problema, desde las causas más significativas a las menos significativas. Finalmente, la aplicación de los cinco porqués permitió identificar la causa raíz del problema, escondida detrás de los síntomas para eliminarla (Madariaga, 2013).

El diseño de esta investigación fue de tipo cuantitativa, descriptiva y de carácter concluyente. El estudio se desarrolló entre el periodo de enero 2020 y marzo de 2021.

Etapa 1. Definición del problema

En la primera etapa, se llevó a cabo el análisis del comportamiento de los equipos del área de impresión flexográfica con respecto al mes de enero 2020. Se determinó un nivel de OEE de un 40.45 %, no obstante, dentro del formato actual se han encontrado deficiencias, ya que, hasta el momento, el registro de información no contemplaba los índices de merma generados; además, el impacto de los tiempos improductivos no se veía reflejado dentro de la disponibilidad al tener un indicador del 100 %, lo que resultaba inconsistente por las diferencias de tiempos no productivos. Esos valores afectaban el nivel actual de la eficiencia general (Dal y Greatbanks, 2000).

Etapa 2. Analizar las causas

Se analiza el sistema de inventariado del área de mantenimiento con el objeto de saber con exactitud las entradas y salidas de los repuestos/refacciones, además de su ubicación. Posteriormente, a través del uso y la aplicación de herramientas de diagnóstico, se priorizará el evento con mayor porcentaje de incidencias para poder llevar a cabo una clasificación de las causas con mayor impacto dentro de cada equipo, lo que permitirá analizar la causa raíz del problema para darle solución.

Etapa 3. Generación de soluciones

En esta etapa, se establecen las siguientes acciones de contención para la generación de soluciones (véase Tabla 1). La tabla contiene una pequeña descripción del plan de trabajo a desarrollar para la correcta ejecución de las tareas de mantenimiento de equipos.

Tabla 1. Acciones de contención

Acción	Descripción de la acción	Responsable	Resultado
Identificar cantidad de repuestos	Evaluar el sistema de control de inventario del área de mantenimiento y asegurar que las cantidades de cada repuesto sean las correctas que el documento F05-PR-01-MA	Departamento de Ingeniería	Se identificaron 79 refacciones las cuales fueron actualizadas en cuanto a el numero de existencias
Determinar criterios de clasificación	Establecer criterios de acuerdo a los criterios de mayor impacto para la adquisición de un repuesto entre ellos tiempo, criticidad, costo, uso. Una vez determinado establecer escala de valores de acuerdo a un peso.	Personal mtto. / Departamento de Ingeniería	Se establecieron 4 criterios de ponderación donde se establecio el mayor peso a tiempo (40%), criticidad (30%), uso (10%), costo (20%)
Ponderar repuestos	Calificar cada repuesto de acuerdo a la escala de valoración, donde cada criterio tiene que ser multiplicado por el peso y dividido entre el número de criterios.	Personal mtto. / Departamento de Ingeniería	Los repuestos fueron ponderados en colaboración con el personal de mantenimiento, ya que son las personas con mayor conocimiento sobre el uso de los mismos.

Acción	Descripción de la acción	Responsable	Resultado
Clasificar repuestos por nivel de criticidad	Clasificar los repuestos una vez obtenido su valor de criticidad, para agruparlos por categorías y enfocarse en los repuestos con una criticidad de CR1	Departamento de Ingeniería	Se agruparon 15 repuestos en el nivel de criticidad (CR1) de los 79 actuales
Determinar nivel de cantidad óptima	Calcular el punto de reorden y stock de seguridad de los repuestos clasificados por criticidad CR1	Departamento de Ingeniería	Se calculó el stock de seguridad de cada repuesto, una vez obtenido dicho valor se estableció la cantidad óptima por tipo de repuesto.
Analizar fallas de los equipos	Evaluar las fallas o averías con mayor ocurrencia de los equipos de impresión y establecer actividades de acción	Departamento de Ingeniería	Se desarrollo un cuadro de analisis de fallas el que se proporcionan las acciones inmediatas de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia (2021).

Para el inicio de la etapa 4, se desarrolla el sistema de control de inventarios, mediante el uso de Excel. Allí se agregará la información previamente obtenida para el control de todos los nuevos repuestos que llegan o salen del área de mantenimiento; también, se define un diagrama de procedimiento para la adquisición de nuevo equipamiento y se plantea la evaluación del seguimiento (en cuanto a las actividades de mantenimiento) para verificar la ejecución del mantenimiento programado.

Etapa 5. Resultados

Por último, se presenta la comparación de resultados finales con los iniciales. Asimismo, se evalúa el nivel del indicador OEE actual por maquinaria entre los meses de febrero y marzo.

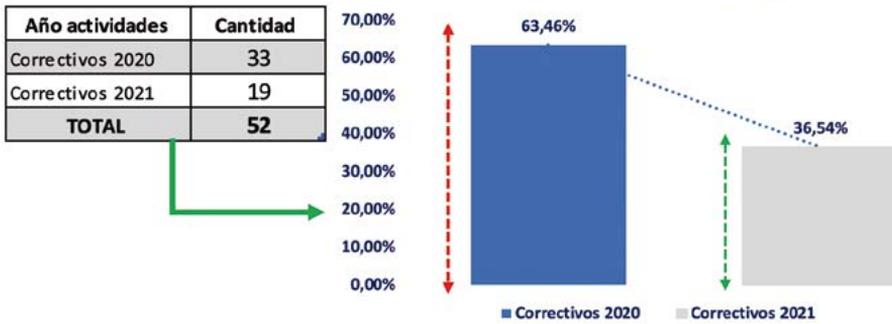
4. Resultados y análisis

4.1. Resultados

El nivel de crecimiento global que tuvo cada máquina se encontraba por arriba del 60 % en cuanto a las mejoras realizadas en el mes de marzo, por lo que hubo un crecimiento del 19 % de mejora, teniendo un indicador global de 52 %, con una diferencia del 7 % por alcanzar con respecto a la meta.

Posteriormente, en la Figura 2 se muestra el nivel de actividades no programadas efectuadas en ese año, demostrando que, del total de actividades ejecutadas dentro de los primeros 3 meses del año 2021, se efectuaron solo 19 actividades a diferencia del año anterior (33 actividades). Eso equivale a una diferencia de 14 trabajos menos, representando un 36.54% a diferencia del 63.46 %.

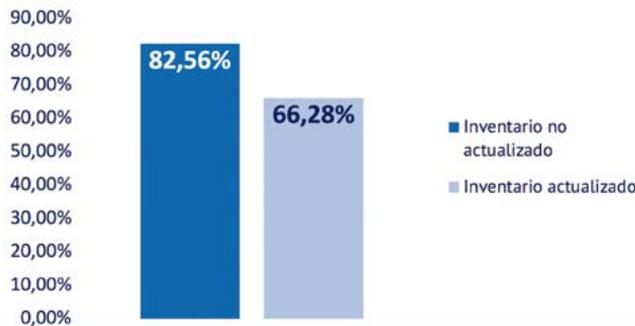
Figura 2 . Gráfico comparativo de actividades no programadas



Fuente: Elaboración propia (2021).

En cuanto al nivel de refacciones dentro del área de mantenimiento, cerca del 66.28 % de los repuestos con los que se cuenta ya fueron actualizados, conforme a las cantidades existentes dentro del nuevo sistema de control de inventarios, a diferencia del 82.56 % que no se encontraba actualizado desde hace 3 meses (véase Figura 3).

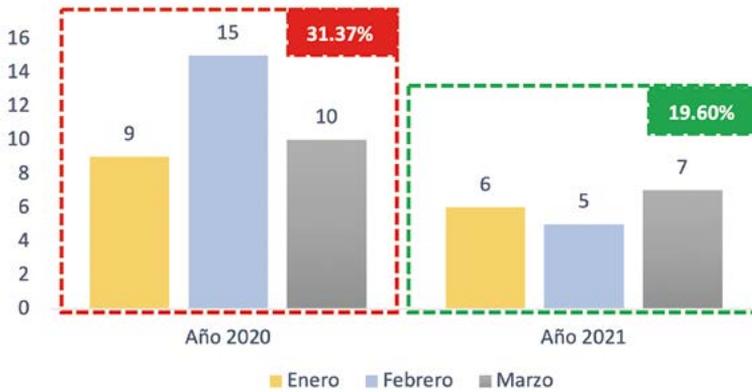
Figura 3. Gráfico comparativo inventario actualizado



Fuente: Elaboración propia (2021).

Asimismo, el nivel de fallas solucionadas dentro de los primeros 3 meses de este año es mejor que el año pasado. Como se observa en la Figura 4, en el año 2020 se presentó el 31.37 % de fallas dentro de dichos meses, por lo que en este año hubo una disminución considerable con un 19.60 % de diferencia. Eso representa una disminución de fallas del 11.77 %.

Figura 4. Gráfico comparativo de fallas por mes 2020 vs 2021



Fuente: Elaboración propia (2021).

Enseguida, se describen cada uno de los resultados obtenidos mediante esta investigación. Por ello, se justifican una serie de puntos, recalcando las actividades logradas y desempeñadas en beneficio de la empresa.

Es importante señalar que, a través del conocimiento de la deficiencia (en cuanto al nivel de productividad y disponibilidad de los equipos del proceso de impresión), provocada por la mala gestión y programación de los mantenimientos (lo que ocasionaba grandes pérdidas de tiempo productivo), se logró incrementar dicho nivel de un 33 % a un 52 %. De la misma manera, las tareas no programadas redujeron de un 63.46 % a un 36.54 % dentro de los primeros 3 meses de marzo, por lo que el porcentaje de nivel de fallas, que era de un 31.37 % mejoró a un 19.60 %.

A continuación, se muestran cada uno de los objetivos específicos para verificar el cumplimiento de los mismos:

4.1.1 Elaborar un diagnóstico de la situación actual del área de impresión flexográfica

Se definió la situación actual del problema mediante un análisis de la base de datos del indicador OEE, donde se detectó una deficiencia en cuanto a la mala gestión de la información, reflejando un valor del 100 % cuando las diferencias de tiempo eran bastante inconsistentes. Así, se mejoró la base de datos del indicador OEE y se pudo obtener el nivel actual global, lo que permitió medir el nivel en el que se encontraba cada máquina.

De igual manera, se logró conocer el nivel de tareas de mantenimiento no programadas efectuadas por mes equivalentes a 123 fallas; aunado a ello, se identificó el tiempo invertido en mantenimientos correctivos (con un total de 11,799 minutos) y preventivos (con un total de 2,207 minutos).

4.1.2 Analizar las causas de impacto sobre el equipo (flexográfico) para la reducción de tiempos muertos por averías y mejora del control de los repuestos de mantenimiento

Se analizaron las causas que estaban ocasionando las pérdidas de tiempo disponible. Para ello, se comenzó en primera instancia por la evaluación del impacto

del sistema de refacciones. Se detectó la falta de actualización del nivel de inventario, la falta de registro de nuevos componentes y la pérdida de herramientas por la falta de vales de salida y entrada.

También, se hizo uso del gráfico de Pareto, lo que permitió evaluar las situaciones de impacto que ocasionaban los tiempos muertos, detectando que el 80 % del desperdicio de tiempo se debía a la maquinaria, lo que equivale a un 47.72 %.

Asimismo, se elaboró un diagrama de Ishikawa (véase ANEXO A), el cual (tras una lluvia de ideas realizada previamente) facilitó el análisis de la causa raíz del problema, tras estudiar 4 factores de impacto: maquinaria, materiales, medición y método.

Por otro lado, se desarrolló la técnica de los 5 porqué, a través de la cual fue posible establecer contramedidas mediante la intervención de una serie de preguntas entrelazadas que dieron respuesta a la causa raíz del problema previamente determinada (véase ANEXO B).

4.1.3 Diseñar el A3 Report determinando acciones de mejora para la solución del tiempo y suministro de materiales críticos en mejora del proceso de mantenimiento

Se diseñó el A3 Report con el inicio de las acciones de contención, a través de la descripción del plan de trabajo a desarrollar (véase Tabla 2). Se hizo una identificación de la cantidad de repuestos dentro del área de mantenimiento y se detectó un total de 79 repuestos (véase ANEXO C). Para la clasificación de dichos repuestos, se elaboró una tabla de criterios, evaluando 4 criterios en específico: tiempo de adquisición, criticidad, uso y el costo.

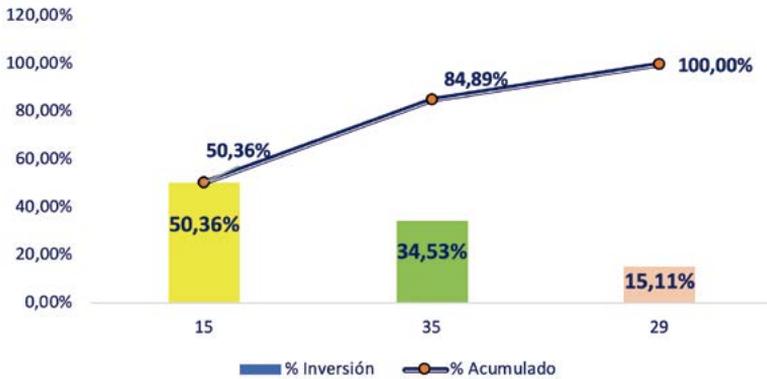
También, se elaboró una escala de valores sobre el nivel de criticidad mediante la ponderación de la clasificación de criterios, donde se establecieron los valores sobre el nivel de criticidad. Esos niveles fueron evaluados a través de las personas implicadas para la agrupación de los parámetros. Igualmente, se construyó la matriz de criticidad ABC en la que se pueden apreciar el número de elementos, de acuerdo con cada categoría ABC (ver Tabla 2 y Figura 5).

Tabla 2 . Porcentaje de clasificación final por criticidad

ZONA	N° ELEMENTOS	% ARTÍCULOS	% ACUMULADO	% INVERSIÓN	% ACUMULADO
A	15	18.99%	18.99%	50.36%	50.36%
B	35	44.30%	63.29%	34.53%	84.89%
C	29	36.71%	100.00%	15.11%	100.00%
TOTAL	79	100%			

Fuente: Elaboración propia (2021).

Figura 5. Gráfico ABC de la criticidad de repuestos



Fuente: Elaboración propia (2021).

Se determinó el nivel de cantidades óptimas de repuesto, comenzando por calcular el stock de seguridad de cada componente. Posteriormente, se calculó el punto de reorden donde se muestra el resumen final sobre las cantidades óptimas a pedir para cada repuesto, e indicando los plazos de entrega, demanda promedio, el stock de seguridad y, lo más importante, el punto de pedido.

Asimismo, se realizó un análisis de fallas sobre el equipo de impresoras, en el que se especifica el elemento o componente de fallo, el efecto del fallo y el plan de acciones, diseñando un programa para la ejecución de paros programados en el que se especifican los días para efectuar los mantenimientos preventivos (ver Figura 6).

Figura 6 . Calendarización de paros programados

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
ABRIL	29	30	31	1 NILPETER 3/ PRATI (Preventivo)	2 NILPETER 2 / CEI (Preventivo)	3 NILPETER 1/ ARPECO (Preventivo)	4
MAYO	26	27	28	29 NILPETER 2 / CEI (Preventivo)	30 NILPETER 3/ PRATI (Preventivo)	1 NILPETER 1/ ARPECO (Preventivo)	2
JUNIO	31	1	2	3 NILPETER 1/ ARPECO (Preventivo)	4 NILPETER 2 / CEI (Preventivo)	5 NILPETER 3/ PRATI (Preventivo)	6

Fuente: Elaboración propia (2021).

4.1.4 Estandarizar la integración de tareas de mantenimiento para el incremento de disponibilidad de maquinaria

Se diseñó un macro para el control de la base de datos para la gestión de los repuestos del área de mantenimiento (ver Figura 7). En ella se establecieron funciones en cuanto al nivel de rotación de los repuestos, demandas, entradas y salidas, cantidades optimas de pedido, así como la generación y consulta de nuevos productos a registrar.

Figura 7 . Base de datos para el control de inventarios (repuestos)

The screenshot shows a software interface for inventory control. At the top, a dark blue header reads 'CONTROL DE INVENTARIOS'. Below it, a dark blue bar contains the text 'REGISTRO DE OPERACIONES'. The main area features six input fields: 'Código', 'Descripción', and 'Proveedor' on the left; 'N° parte', 'Cantidad', and 'Fecha' on the right. To the right of the input fields is a vertical stack of four buttons: 'Nuevo código' (with a clipboard icon), 'Inventario' (with a stack of boxes icon), 'Ir a entradas' (with a right-pointing arrow icon), and 'Ir a salidas' (with a left-pointing arrow icon). At the bottom of the interface, there are four buttons: 'Nuevo registro' (with a document icon), 'Buscar' (with a magnifying glass icon), 'Ingresos' (with a right-pointing arrow icon), and 'Salidas' (with a left-pointing arrow icon). The entire interface is enclosed in a thin black border.

Fuente: Elaboración propia (2021).

4.2. Análisis

Se alcanzó a incrementar el nivel del indicador OEE con un aumento del 19 %, con un nivel de mejora final del 52 %, a diferencia del 33 % que se tenía anteriormente. Por otra parte, el nivel por maquinaria logró aumentar arriba de un 70 %.

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

5. Discusión y conclusiones

La presente investigación permitió conocer la situación actual a la que se enfrenta el sector de las artes gráficas. Gracias al análisis efectuado dentro de la empresa automotriz, se localizaron problemas en términos de aprovechamiento del rendimiento y productividad operativa, generando así defectos de calidad debido a la falta del recurso humano calificado y a la disminución del valor añadido de los

productos.

Asimismo, se detectaron una serie de desajustes en cuanto al desperdicio de tiempo productivo generado por las averías en el equipo de impresión, lo que afectaba los niveles de productividad y disponibilidad manejados dentro del OEE. Es decir, toda esta pérdida de tiempo disponible se veía reflejada en la elevación del tiempo programado sobre el tiempo real efectuado.

Según lo hallado, se confirma que el objetivo fundamental de mantenimiento es, por tanto, no reparar de forma apremiante las averías producidas, sino orientar el trabajo bajo los objetivos de: satisfacer un cierto valor de disponibilidad, ajustarse a un nivel de fiabilidad y garantizar el ciclo de vida de la instalación, tal como lo afirma en la literatura García (2012).

Por otro lado, se comprueba que un mantenimiento preventivo sistemático debería realizarse incluso si el equipo no ha mostrado ningún indicio de problema, como lo indica Fernández (2018). En general, según Jiménez y Milano (2006), la disponibilidad es un requisito de la gestión del mantenimiento, dado que resume cuantitativamente la pauta operativa de un equipo o sistema. En ese sentido, el tiempo perdido observado en la investigación correspondía a los retrasos de los repuestos o herramientas necesarias para efectuar (en tiempo y forma) los trabajos de mantenimiento. Asimismo, se eleva el tiempo de actividad suprimiendo las fallas, con tiempos de reparaciones reducidos y mantenimientos programados, siguiendo un monitoreo Beta muy estricto, lo que Mora (2009) define como el factor detrás de la falla del equipo. De esta manera, al examinar la influencia de un equipo en producción, se evalúa el efecto de fallo, asumiendo una pausa total de la planta o una interrupción del área de producción (Muchiri y Pintelon, 2008).

De acuerdo con Peña y Silva (citados en Burja y Burja, 2016) se corrobora que el manejo de inventarios se ha convertido en un interesante punto de estudio de la ingeniería industrial y la investigación de operaciones.

Se valida que el objetivo final de medir el OEE como muestra (Ucelo, 2008) es demostrar cómo el desaprovechamiento en disponibilidad, rendimiento y calidad se enlazan entre sí y bajan la eficiencia de la máquina, es decir, se calculan las pérdidas para permitir (tras análisis posteriores) elevar la productividad y la efectividad. Lo anterior facilita concentrarse en mejorar la efectividad del equipo, porque se sabe dónde están ocurriendo las pérdidas.

De esa manera, el esquema metodológico empleado fue fundamental para el cumplimiento y desarrollo de las etapas que dieron pauta al seguimiento de la ejecución de las actividades para la solución de los eventos ya mencionados.

Aunado a ello, con la ayuda del uso de A3 Report, fundamentado en el ciclo PDCA de Deming, fue posible efectuar las actividades gracias al cumplimiento de una serie de etapas, tales como el diagnóstico inicial, que permitió identificar el problema y analizar las causas; a partir de ello, se comenzaron a generar las soluciones y se implementaron las acciones de contención para lograr un estado de mejora, el cual fue validado a través del seguimiento de los distintos formatos elaborados.

5.1. Alcances y limitaciones

La presente investigación explora el OEE, enfocándose en la reducción de tiempos muertos y en el seguimiento de control de insumos para los mantenimientos preventivos de la empresa automotriz.

Así, se logró desarrollar con éxito el presente proyecto y se identificaron las áreas de oportunidades, al proporcionar los elementos de mejora para los procesos operacionales, y brindando la correcta aplicación (en tiempo y forma) de los

mantenimientos oportunos, acordes a las necesidades de las maquinarias, procesos que van ligados significativamente.

Por otro lado, es importante mencionar que, no existieron limitaciones en la realización de esta investigación, al contar con la autorización de la empresa para poder ayudarlos en su proceso de mejora y al tener el apoyo de los trabajadores de las áreas de producción, mantenimiento y almacén.

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

5.2. Las implicaciones de la investigación

Se logró identificar la situación actual de mayor impacto dentro del proceso de impresión flexográfica, a través de la mejora de la base de datos donde se gestionaban los niveles del indicador OEE, por lo que, mediante un análisis durante un periodo de 21 días, se pudo determinar el nivel actual real del indicador OEE con un 33 %, afectando principalmente el indicador de rendimiento.

De la misma manera, dichas actividades de impacto fueron analizadas a través del uso de herramientas como el diagrama de Pareto, que permitió detectar las actividades que ocasionaban mayor impacto sobre la generación de tiempos muertos. Aunado a esto, se elaboró un Diagrama de Causa Efecto para identificar la causa raíz de mayor impacto y se identificaron 4 puntos clave: mantenimientos preventivos deficientes, falta de herramental, falta especificación requisiciones y la falta de un plan de frecuencia de requisición de materiales. Esos factores fueron claves para proseguir las acciones correctivas que se ven reflejadas en el análisis de los cinco "Why's". Posteriormente, se desarrolló una identificación de la cantidad de repuestos de almacén, ya que era una de las actividades clave para lograr clasificar los repuestos mediante un nivel de criticidad, a través de la generación de una escala de valores que permitió ponderar todos los repuestos y agruparlos, finalmente, en un ABC o nivel de criticidad.

Por otra parte, se hizo un análisis de fallas con un plan de acciones por máquina, lo que permitió establecer un programa de paros programados para la ejecución de mantenimientos preventivos.

Aunado a ello, se reestructuraron las actividades de mantenimiento mediante un automantenimiento en colaboración con el personal operativo. Para ello, se establecen una lista de actividades, con una serie de criterios sobre las actividades reales. A la vez, se diseña el plan de lubricación y limpieza.

También, se logró ejecutar la primera programación de los mantenimientos y se elaboró un reporte de actividades realizadas, mostrando los componentes a los que les fue proporcionado el servicio. Asimismo, se garantiza el seguimiento de las ordenes de trabajo de mantenimiento a partir de la validación del personal en turno, sobre las actividades desarrolladas y la firma de consentimiento sobre la correcta ejecución de la tarea.

En este estudio, además, se contrastó el antes y después de los resultados obtenidos en la aplicación del último paso del A3 Report en la línea de impresión flexográfica.

Finalmente, se logró diseñar un sistema de control para la base de datos en beneficio del área de mantenimiento para poder gestionar los niveles de stock y puntos de reorden de los repuestos. En cuanto a la reestructuración de actividades de mantenimiento, se lograron establecer actividades de automantenimiento, donde se

especifican el desarrollo de actividades ligadas a un plan de frecuencia. Después de todo, se concreta al ejecutar los mantenimientos programados y se elabora un reporte de actividades realizadas, mostrando las condiciones actuales de los componentes.

El seguimiento de las ordenes de trabajo de mantenimiento se validó con la verificación y entrega de los trabajos ejecutados, supervisando la funcionalidad del equipo. Todas y cada una de las actividades elaboradas contribuyeron en beneficio del proceso para la mejora de los mantenimientos preventivos y reducción de los tiempos muertos.

5.3. Direcciones para futuras investigaciones

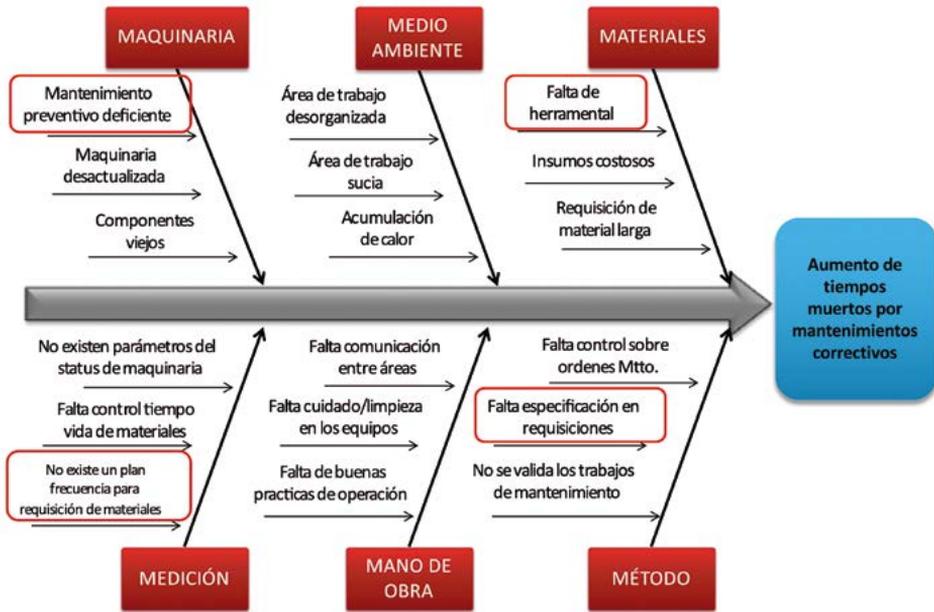
Conforme a esta investigación, se recomienda el desarrollo de las diferentes etapas del enfoque metodológico aquí explicado, especialmente como una pauta para la elaboración de un diagnóstico de algún departamento, análisis de causas de impactos, diseño de un A3 Report, determinando acciones de mejora. Esa estandarización de la integración de tareas de mantenimiento proporciona un seguimiento de correcta trazabilidad en las actividades a desempeñar dentro de cada etapa.

Para el mantenimiento de mejora, también, se recomiendan realizar reuniones semanales para el seguimiento a los inventarios y al OEE, además de la utilización de un sistema de alta automática de refacciones (SAP o ERP). Asimismo, se sugiere la implementación de un sistema automático de requisiciones y órdenes de compra sustentable, que pueda mantenerse durante un tiempo.

Anexos

Anexo A. Diagrama de Ishikawa

Elaboración propia (2021).



Anexo B . Análisis de 5 Why's

5 ¿POR QUÉ? - WHY'S					Causa raíz: Generación de tiempos muertos por falta requerimientos para los mantenimientos				
¿Por qué?	Respuesta	¿Por qué?	Respuesta	¿Por qué?	Respuesta	¿Por qué?	Respuesta	¿Por qué?	Respuesta
¿Por qué se generan tiempos muertos?	Porque hay paros por mantenimientos correctivos	¿Por qué hay paros por mantenimientos correctivos?	Porque no se ejecutan en tiempo los mantenimientos preventivos	¿Por qué no se ejecutan en tiempo los mantenimientos preventivos?	Porque no existe un seguimiento en las actividades de mtto.	¿Por qué no existe un seguimiento en las actividades mtto?	Porque no existe un registro de control y validación	¿Por qué no existe un registro de control y validación?	Porque la falta de reestructuración de actividades de mtto.
		¿Por qué hay paros por mantenimientos correctivos?	Porque no se cuenta con repuestos para los cambios oportunos de consumibles	¿Por qué no se cuenta con repuestos?	Porque no existe un plan de frecuencia para requisición de materiales	¿Por qué no existe un plan de frecuencia para requisición de materiales?	Porque no hay un registro que coadyuve a la compra anticipada	¿Por qué no hay un registro que coadyuve a la compra anticipada	Porque no hay un calculo de reorden y stock mínimo
					Porque la información de requisición es incompleta	¿Por qué la información de requisición es incompleta?	Porque no hay comunicación entre áreas (compras/mtto)	¿Por qué la información de requisición es incompleta?	Porque no hay un registro de seguimiento para calcular los tiempos de requisición de repuestos

Elaboración propia (2021)

Anexo C. Control de inventario de refacciones.

INVENTARIO DE MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA Y REFACCIONES						Emisión	03/03/2020
						No de Revisión	1
						Fecha de Revisión	03/03/2020
						Código	F05-PR-01-MA
#	LISTA DE MAQUINARIA	TIPO	No. Serie	AREA DE UBICACIÓN	STATUS		OBSERVACIONES
					Fun	Mant	
Refacciones							
	Nombre	cant.	No. Parte	Criticidad			OBSERVACIONES
				alta	media	baja	
1	rodamiento W5204	20	w5204	x			por tiempo de entrega
2	rodamiento CYR 3/4 S	3	CYR3/4		x		
3	rodamiento CF 5/8	1	CFS/8		x		
4	rodamiento RCB-162117	8	162117		x		
5	rodamiento SCH812	4	SCH812		x		
6	rodamiento 6006	12	6006			x	
7	rodamiento 6205	12	6205			x	
8	rodamiento 6008	26	6008			x	
9	rodamiento 6204	9	6204			x	
10	rodamiento 6304	6	6304		x		
11	rodamiento 6207	5	6207			x	
12	rodamiento 6203	7	6203			x	
13	rodamiento 6004	5	6004			x	
14	rodamiento 6002	6	6002			x	
15	rodamiento R12	10	R12			x	

Declaración de confidencialidad y privacidad

Se manifiesta que el nombre de la entidad en la que se realizó dicha investigación no es mencionado con la finalidad de proteger y mantener la confidencialidad de la misma.

Declaración de conflicto de interés

Como autores del presente manuscrito manifestamos que no existen conflictos de interés con alguna entidad, institución ni de carácter personal en esta publicación que pudieran influir o sesgar de manera inapropiada este trabajo.

Confidentiality and privacy statement

The names of the persons and companies involved in this research have been deleted to protect and maintain the confidentiality of the organization.

Declaration of conflict of interest

We, the authors, declare that there is no conflict of interest with any entity, institution or person in this publication that could have improperly influenced or biased our work.

Referencias

- Anguita, J. (2011). *La flexografía de alta calidad: Factores clave para una impresión flexo de calidad* (1° ed.). Barcelona: Technologic Tapes, S.L.
- Dal, B., Tugwell, P. & Greatbanks, R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(12), 1488-1502. <https://doi.org/10.1108/01443570010355750>
- Evans, J. & Lindsay, W. (2008). *Administración y control de la calidad*. Cengage Learning.
- Fernández, E. (2018). *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM* [Tesis de Maestría, Universidad de Oviedo]. Digibuo. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=6A71068BF367E3710C4238FF096B0F68?sequence=1>
- García, S. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento*. <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>
- Jonsson, P. & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management* 19(1), 55-78. <https://doi.org/10.1108/01443579910244223>
- Madariaga, F. (2013). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Bubok Publishing S.L.
- Mauleón, M. (2006). *Logística y costos*. Ediciones Díaz de los Santos
- Jiménez, K. & Milano, T. (2006). *Planificación y gestión del mantenimiento industrial. Un enfoque estratégico y operativo*. Editorial Panapo
- Mora, L. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. (1° ed.) Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Munive, M. (2015). Detonadores de la modernización tecnológica en la industria gráfica de México: una metodología y un caso de éxito. *Revista Ingeniería Investigación y Tecnología*, 16(3), 317-334. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2015.05.002>

- Tejada, J. (2019). *Propuesta de Modelo de Optimización de la Disponibilidad de Maquinaria y Equipo del Área de Maestría de la Empresa FAMAI, Utilizando la Metodología del Mantenimiento Productivo Total –TPM* [Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica del Perú]. *Repositorio Institucional*. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/2059>
- Peña, O. & Silva, R. (2016) Factores incidentes sobre la gestión de sistemas de inventario en organizaciones venezolanas. *Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 18(2), 187-207. <https://www.redalyc.org/pdf/993/99345727003.pdf>
- Rodríguez, J. (2019). Nuevo sistema de Gestión de Eficiencia Global (OEE) en tiempo real para industria [Tesis de Maestría, Universitat Politècnica de València]. <http://hdl.handle.net/10251/127853>
- Shook, J. (2018). *Dirigir para aprender. Utilizar el proceso A3 de dirección para solucionar problemas, lograr acuerdos, guiar y liderar*. Cambridge.
- Ucelo, A. (2008). *Diseño e implementación del sistema de eficiencia global de los equipos (OEE) en una línea de producción de pañales desechables e investigación de propuesta viable para la degradación de estos productos no reciclables en la empresa Altenvasa* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Biblioteca USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1980_IN.pdf
- Wolfgang, O. (2007). *Desarrollo de un sistema integrado de mantención* [Tesis de grado, Universidad Austral de Chile]. Cybertesis. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcij.95d/doc/bmfcij.95d.pdf>