



**APLICACIÓN DE
LA METODOLOGÍA TPM
PARA REDUCIR LOS
RETRASOS
EN LOS PEDIDOS**
en un empresa
fabricadora de etiquetas

*Application of the tpm
methodology to reduce order
delays in a label manufacturing
company*

Allisson Scarlett Garay-Cabrejos¹

U201310437@upc.edu.pe.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4969-1784>

Carlos Maceda-Cerdán²

pciicmac@upc.edu.pe.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3415-2937>

Recibido: 04/08/2020

Aceptado: 04/09/2020

Publicado: 30/10/2020

pp. 57-79

RESUMEN

La investigación aborda la problemática en el sistema de producción de la impresión digital —llamado también sector gráfico— en Perú, la cual está relacionada directamente con la eficiencia y disponibilidad de los equipos. En este sentido, se analizó la demora en la producción de etiquetas, la cual trae consigo retrasos en la en-

trega de pedidos a los clientes. De acuerdo con el diagnóstico de este estudio, se ha determinado que el tiempo perdido por fallas en el equipo, ocasiona altos costos de reparación, mano de obra y horas perdidas. En los estudios realizados, se evidencia que la importancia de la reducción de las fallas en el equipo no solo permitirá una adecuada entrega a tiempo, sino también mejorará la

¹ Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

² Magíster en Administración, Universidad Nacional Agraria La Molina

calidad del producto, el rendimiento de producción y la satisfacción del personal, logrando una mayor rentabilidad. La propuesta de mejora aborda la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), iniciando con la aplicación de la 5S como fase introductoria para la reorganización de la empresa, la implementación del mantenimiento autónomo basado en la captación y entrenamiento del personal en las condiciones básicas de los equipos y, finalmente, la implementación del mantenimiento planificando, estructurando un análisis jerárquico de sistemas y un programa de mantenimiento preventivo. Como resultado de la propuesta, se simula el sistema para determinar la reducción del tiempo en el proceso, obteniendo un resultado del 92.02 %, es decir, el tiempo pasó de 6455 min. a 515 min.

PALABRAS CLAVE:

Mantenimiento Productivo Total (TPM), Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planificado, 5S, Tiempos de Entrega

ABSTRACT

The research addresses the problem in the production system of digital printing -also called graphic sector- in Peru, which is directly related to the efficiency and availability of the equipment. In this sense, the delay in the production of labels, which brings about delays in the delivery of orders to customers, was analyzed. According to the diagnosis of this study, it has been determined that the time lost due to equipment failure, causes high repair costs, labor and lost hours. In the studies carried out, it is evident that the importance of reducing equipment failures will not only allow for adequate delivery on time, but will also improve product quality, production performance and personnel satisfaction, achieving greater profitability. The improvement proposal addresses the implementation of Total Productive Maintenance (TPM), starting with the application of 5S as an introductory phase for the reorganization of the company, the implementation of autonomous maintenance based on the recruitment and training of personnel in the ba-



sic conditions of the equipment and, finally, the implementation of maintenance planning, structuring a hierarchical analysis of systems and a preventive maintenance program. As a result of the proposal, the system is simulated to determine the reduction of time in the process, obtaining a result of 92.02 %, that is, the time went from 6455 min. to 515 min.

KEYWORDS:

Total Productive Maintenance (TPM), Autonomous Maintenance, Planned Maintenance, 5S, Delivery Times

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector de la industria gráfica que se desarrolla en Perú es de aproximadamente un 15 %, mientras que en el mundo representa un 45 % (Sociedad Nacional de Industrias, 2018). Esto se debe principalmente a la situación económica del país, pero más importante es la relación con la transformación de la industria de producción, ya que la producción impresa es parte o es el

elemento, de modo que se puede decir que cuanto mayor sea la producción del sector manufacturero, la demanda del sector gráfico continuará creciendo y será también mayor.

Según una investigación de Asgrap en el 2017, las empresas privadas generan el 67 % de ventas para el sector gráfico en Perú. De acuerdo con el Banco Central de Reserva del Perú (2018), se proyecta que el PBI continuará siendo impulsado por la demanda interna, y habrá un crecimiento de la inversión privada. Por lo tanto, dada la competitividad de mercado, es importante que las empresas de este sector puedan cumplir con la demanda y entregar a tiempo estos productos.

Los actuales sistemas de producción no óptimos que presentan algunas empresas se deben a la deficiente gestión de mantenimiento, ya que no monitorean la degradación de las máquinas; por ello, el planteamiento de un sistema de mantenimiento híbrido es el más adecuado, dado que se encuentra conformado por un mantenimiento basado en la

condición y prevención (Poppe et al., 2018).

De esta manera, el mantenimiento productivo total (TPM) se describe como un concepto japonés de gestión de equipos que permite mejorar decisivamente el rendimiento en el área de fabricación, con la ayuda y la participación de todos los empleados (Gómez et al., 2017). Esta metodología tiene como objetivo mejorar continuamente la disponibilidad y evitar la degradación del equipo, para lograr la máxima eficacia y eliminar las posibles pérdidas.

Las seis pérdidas principales que se producen en el sector son la falla en el equipo, tiempo de configuración y ajuste, esperas, paros menores, velocidad reducida, defectos en el proceso y rendimiento reducido (Vinay et al., 2015). Son estas pérdidas las que dificultan que se llegue a la capacidad máxima de producción, por tal motivo, este concepto busca alcanzar y sostener cero pérdidas para garantizar la eficiencia del flujo de producción.

A partir de los resultados de las

investigaciones, las diferentes fases en la implementación de TPM tienen un impacto en la mejora de los indicadores de rendimiento de fabricación, reduciendo el tiempo de descomposición de la máquina en 53.60 %. Además, de la reducción de costos y el aumento de productividad se evidencia largo plazo, dependiendo de la situación de la empresa, es por ello, que se destaca la importancia en realizar un diagnóstico previo (Azizi, 2015).

En este sentido, este artículo presenta la aplicación de dos de los pilares que conforman el TPM, a saber, el mantenimiento autónomo y el mantenimiento planificado, a fin de incrementar la disponibilidad de las máquinas y el cumplimiento de entregas a tiempo. Así, este artículo inicia con una breve introducción a la industria gráfica y a la metodología TPM. Posteriormente se encuentra el marco teórico, donde se describe las metodologías aplicadas (VSM, 5S, TPM) y enseguida la situación actual de la empresa. Finalmente, se explica el desarrollo de las fases de la propuesta de mejora y la validación con los resultados obtenidos.



METODOLOGÍA

Value stream mapping (VSM)

El *value stream mapping* (VSM) o mapa de flujo de valor es un método que permite una visión general del flujo del proceso, desde la adquisición de la materia prima hasta el producto terminado. Este mapa ayuda a identificar desperdicios y oportunidades de mejora. Para aplicar el VSM, se deben seguir cuatro pasos: 1) Selección del producto o familia de productos para usar como mejora; 2) Dibujo de la representación del estado actual; 3) Dibujo del estado futuro, sin las ineficiencias previamente señaladas. Esto se conoce como diseño de flujo de valor (VSD); y 4) Elaboración de un plan de trabajo para lograr el estado futuro. Esta herramienta es una forma efectiva de registrar tiempos de configuración y otros indicadores, de una manera que permita visualizar claramente todo el sistema (Oliveira et al., 2017).

5S

Esta es una metodología para crear un ambiente de trabajo

limpio y ordenado, que exponga el desperdicio y haga que las anomalías sean visibles en forma inmediata. Esta herramienta es un punto de partida para cualquier empresa que quiera ser reconocida como responsable y de clase mundial. Como señalan Veres et al. (2017), los 5 pilares de este sistema son: Clasificar (*Seiri*), Orden (*Seiton*), Limpieza (*Seiso*), Estandarización (*Seiketsu*) y Mantener (*Shitsuke*), que ayudan a establecer y mantener un entorno productivo y de calidad en una organización. La implementación de las 5S muestra beneficios, de manera que se llega a mejorar un programa de capacitación, se aprovecha los conocimientos entre los operarios, estimulan la educación e incorpora la motivación de los trabajadores (Mohan & Lata, 2018).

Mantenimiento productivo total (TPM)

Es una filosofía originaria de Japón, que se enfoca en mejorar continuamente la disponibilidad de los activos físicos de una organización y evitar su degradación, para lograr

la máxima eficacia eliminando pérdidas. Estos objetivos requieren un fuerte apoyo de gestión, así como un uso continuo de equipos de trabajo y actividades en grupos pequeños para lograr mejoras incrementales (Liu et al., 2018). TPM se analiza en tres palabras:

- **Total:** significa la participación de cada individuo en la empresa, desde el nivel de alta gerencia hasta los trabajadores de la planta de producción.

- **Productivo:** significa que no se desperdicia ninguna actividad o la producción de bienes y servicios que cumplen o exceden expectativa del cliente.

- **Mantenimiento:** es decir, mantener el equipo y la planta en buen estado de funcionamiento (Mwanza & Mbohwa, 2015).

Esta metodología mejora la productividad y cambio en la organización desde nivel operativo hasta el nivel gerencial. El análisis de ello contribuye a un mejoramiento continuo de los procesos estructurados, a fin de estandarizar su eficiencia con costos mínimos asociados (Hooi & Leong, 2017).

La definición de los pilares adoptados en el TPM depende mucho de la estructura y filosofía que utilizará la empresa, siendo personalizado según el tipo empresarial. El trabajo para el establecimiento de pilares debe tener como foco las dimensiones de productividad, calidad, atención al cliente, seguridad y moral, tal como señala Azizi (2015). Asimismo, se pueden observar dos tipos de mantenimiento:

- **Mantenimiento autónomo:** el objetivo del jishu hozen (mantenimiento autónomo) es la operación de equipos sin avería con operadores versátiles, flexibles para operar y mantener otros equipos, eliminando los defectos en la fuente a través de participación de los empleados (Singh et al., 2017). Este se basa fundamentalmente en la participación del personal, involucrándolo en tareas de mantenimiento, como limpieza, lubricación, inspección visual, entre otras; despejando la carga al personal de mantenimiento para concentrarse en actividades de valor agregado y reparación técnicas (Guariente et al., 2017).



• Mantenimiento planificado:

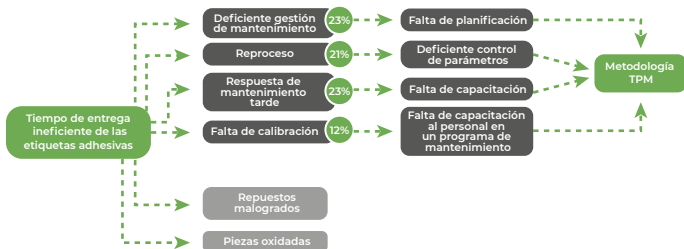
este pilar se basa en el mantenimiento preventivo, que consiste en mejorar la disponibilidad de los equipos al prevenir las fallas, averías e interrupciones costosas, realizando actividades de inspección, limpieza, reparaciones y reemplazos de maquinaria para garantizar la operatividad y calidad de los productos (Lopes, 2018). Su objetivo es lograr y mantener la disponibilidad de las máquinas, el costo óptimo de mantenimiento, mejorar la confiabilidad y mantenibilidad de las máquinas, con cero fallas, para asegurar la disponibilidad de repuestos en todo el tiempo (Kang & Subramaniam, 2018).

El beneficio a largo plazo que puede tener el TPM tiene que ver con maximizar la vida útil de la máquina y la reducción de costos de operación. El enfoque clave es la gestión del cambio en los trabajadores, ya que el mantenimiento de activos a intervalos planificados contribuye a mejorar la calidad de los productos y entrega oportuna de pedidos (Szczeplaniak & Trojanowska, 2020).

METODOLOGÍA

El tipo de investigación que se desarrolló fue proyectivo, dado que estuvo dirigida a proponer un plan de mantenimiento destinado a incrementar la disponibilidad de los equipos y controlar los costos asociados. El diseño fue no experimental transversal. En lo que respecta a la población, estuvo conformada por todo el personal adscrito al área de Mantenimiento y Operaciones, con quienes con base a entrevista no estructuradas y observación directa pudieron identificarse los principales problemas asociados a la baja disponibilidad de los procesos productivos llevados a cabo, así como la dilatación de los tiempos de entrega de los pedidos de los clientes.

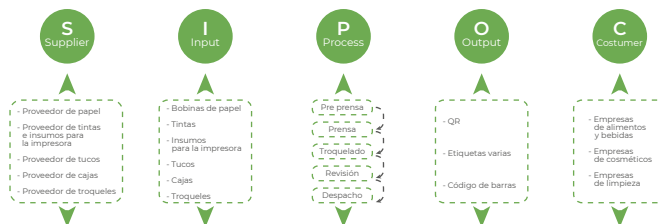
En lo que respecta a la unidad de análisis, esta se corresponde con los factores que inciden en el tiempo de entrega de las etiquetas adhesivas a los clientes, según los plazos acordados, los cuales se reflejan en la Figura 1.

Figura 1.*Unidad de análisis*

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La empresa objeto de estudio se dedica a la elaboración y comercialización de etiquetas autoadhesivas y tiene tres años en la industria. El mercado con el que se identifica la empresa tiene un claro crecimiento,

principalmente motivado por la innovación y el desarrollo (I + D). Para fabricar las etiquetas adhesivas, los materiales e insumos pasan por distintas operaciones de producción. En la Figura 1 se mostró el diagrama SIPOC.

Figura 2.*SIPOC del proceso de producción*



Se escogió el área de mantenimiento, dado que en esa área es donde se están dando los mayores desembolsos, asociados principalmente al mantenimiento de los equipos. En ese sentido, en la empresa se vienen reportando problemas en

el área de producción, ya que se ha detectado retrasos en la entrega de pedidos. Para identificar el problema se realizó un diagnóstico mediante una tabla de priorización, para determinar las causas del problema.

Tabla 1.

Tabla de criticidad de posibles causas del problema

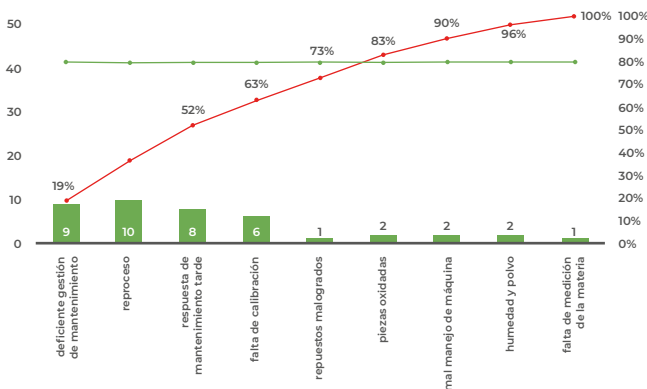
Criterio nivel	Deficiente gestión de mantenimiento	reproceso	Respuesta de mantenimiento tarde	falla de calibración	respuestas malogradas	piezas oxidadas	mal manejo de máquina	humedad y polvo	falta de medición de la batería
1	p= 0	0	0	0	0	0	0	0	0
	n= 3	15	2	10	1	5	1	5	0
	n= 3		2	1	1	0	0	0	0
2	p= 0	3	0	0	0	0	0	0	0
	n= 2	13	2	7	0	9	0	6	1
	n= 3		0	3	2	2	2	2	2
3	L= 0	0	3	0	0	0	0	0	0
	M= 2	13	1	11	2	10	0	6	0
	B= 3		3	1	2	2	2	2	2
4	p= 0	0	2	0	1	1	1	1	1
	n= 3	11	0	9	2	9	0	3	1
	n= 3		3	1	1	1	1	1	1
total									
52									
37									
33									
20									
17									
11									
9									
9									
3									

En la Tabla 1 se observa que el aspecto que más contribuye a los problemas es la deficiente Gestión de Mantenimiento. A continuación, se realizó el diagrama de Pareto, para discriminar cuáles son

los principales problemas inherentes a esta parte de la organización (ver Figura 3).

Figura 3.

Diagrama de Pareto



Como se puede observar, los 4 primeros subproblemas son los más importantes, ya que son los que mayormente impactan en la gestión. En ese sentido, según el principio de Pareto, resolviendo estos cuatro problemas se resuelve el 80 % de la demanda de mantenimiento.

En otro orden de ideas, pudo evidenciarse que mayormente se utiliza el mantenimiento correctivo, sin un análisis pre-

vio que indique que este es el que mejor conjuga la relación costo-beneficio para la empresa. Además, de acuerdo con el análisis mostrado en la Figura 2, este no es el más idóneo, por el alto impacto que tiene tanto en las operaciones como en los costos de operación asociados de la empresa. Para llevar a cabo el análisis del flujo del mantenimiento correctivo (MC), se consideró cómo se realiza ese proceso.



De acuerdo con los resultados del análisis VSM, la secuencia de actividades desde que se hace la solicitud del servicio de mantenimiento hasta que se entrega el equipo en cuestión ya reparado y se firma el acta de conformidad, transcurren aproximadamente 4.48 días, ocasionando largas horas de parada no programadas, lo que genera retrasos en la entrega de pedidos. Por tal motivo, se procederá a la mejora de este proceso, eliminando las actividades innecesarias y añadiendo otras, optimizando los tiempos de cada actividad. Así, para facilitar el planeamiento y la ejecución de un eficiente plan de mantenimiento, se plantea implementar la herramienta de las 5S, mantenimiento preventivo y mantenimiento autónomo.

TPM

La metodología TPM está integrada por varios pilares, de los cuales en el presente estudio se tomarán el mantenimiento autónomo y el mantenimiento planificado, dado que son los que mejor se aplican al contexto de la empresa y son los que mayormente contribuirán en el

aumento de la disponibilidad de los equipos y a reducir los tiempos de entrega de las etiquetas autoadhesivas.

Como primera fase, se aplicó esta metodología para adecuar el entorno del trabajo y sea una fase introductoria a la implementación TPM. Como resultado de esta fase, se implementó el uso de tarjetas rojas, para clasificar las herramientas que no son necesarias o no se utilizan, y poder eliminarlas o ponerlas en el sitio correcto, como se puede ver en la Figura 4.

Figura 4.*Tarjeta roja*


TARJETA ROJA	
Fecha:	Lugar:
Descripción:	
Responsable:	
CATEGORÍA	
Accesorios o herramientas	
Cubetas, recipientes	
Equipo de oficina	
Librería, papelería	
Maquinaria	
Materia prima	
Material de empaque	
Producto terminado	
Producto en proceso	
Refacciones	
Otro (especifique)	
RAZÓN	
Contaminante	
Defectuoso	
Desperdicio	
Descompuesto	
No se necesita	
No se necesita pronto	
Uso desconocido	
Otro (especifique)	
Fecha decisión	
Destino final	
Fecha	

La implementación del mantenimiento autónomo, básicamente consistió en ordenar y organizar tanto las herramientas de trabajo como los puestos de trabajo, estableciendo un lugar

y nombre para cada cosa. Esta se llevó a cabo mediante registros, donde se designan responsables y planes de acción para los problemas encontrados, como se ve en las Tablas 2 y 3.

**Tabla 2.***Registro de Plan de acción Ordenar*

ID	Descripción del problema	Motivo problema	Acción correctiva	Responsable
1	Pasillos sin marcar	Falta definir área de trabajo	Define área marcar	
2	Identificar a nivel micro y macro los materiales y su ubicación	Falta identificación y ubicación	Identificar definir área ubicar	
3	Al eliminar material inservible quedan estanterías sin uso	Ajuste de stock	Eliminar estanterías	
4	Estanterías sin letreros identificatorios	Falta definir ubicaciones	Definir marcar	
5	Áreas de almacenamiento (producto intermedio final sin definir)	Sin definir	Definir marcar	
6	Falta uniformidad en el personal de planta	Desconocido	Nota informativa RR. HH.	
7	No existe pauta control limpieza	Falta definir	Realizar pauta	

Tabla 3.*Registro de plan de acción limpiar*

ID	Descripción del problema	Motivo problema	Acción correctiva	Responsable
1	Mobiliario mal ubicado	Falta definir ubicación	Definir área marcar	
2	Maquinaria inutilizada en el entorno de trabajo	Artículos descatalogados	Dar de baja administrativamente	
3	Elementos no autorizados pegados en las paredes	Sin control		
4	Falta identificaciones visuales, diferenciación semielaborados-producto final.	Falta definir	Diseñar identificación marcar	
5	No se realiza periódicamente la limpieza general	Falta pautar	Pautar	
6	No se realiza periódicamente la limpieza de la máquina	Falta pautar	Pautar	
7	Falta supervisión limpieza general	Falta definir	Definir e implantar	
8	Falta supervisión limpieza máquina	Falta definir	Definir e implantar	
9	No se realicen control de stocks	Falta definir	Realizar pauta	

Asimismo, se estandarizaron las herramientas propuestas, así como los controles visuales, tales como la codificación, listas de control y el etiquetado.

Finalmente, se realizó una auditoría, para asegurar que se sigan manteniendo los procesos establecidos. Luego, se estableció un comité de proyectos, el cual



designó y estructuró los grupos de trabajo de cada área para la capacitación que debían cumplir los operarios de los equipos en temas del TPM.

En la segunda fase, se alentó a los trabajadores a conocer las condi-

ciones básicas del equipo, estableciendo actividades de limpieza, como lecciones de un punto (LUP) y lista de defectos. La importancia de eliminar la suciedad permite reconocer los defectos e irregularidades del equipo, previniendo así su deterioro forzado (Figura 5).

Figura 5.

Lecciones de un punto (LUP)

		TEMA: LECCIONES DE UN PUNTO		REV: 00 FECHA: _____	
					
Ajuste Limpieza Lubricación		LUP afecta a:		Productividad (P) Calidad (Q) Control (C)	
Aplica a:				Energía (E) Seguridad (S) Moral (M)	

En la tercera fase se buscó eliminar las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles, para aumentar la disponibilidad del equipo y reducir el tiempo, con la finalidad de

mantenerlo en condiciones básicas. Se utilizarán mapas de seguridad y formatos de descripción de áreas de difícil acceso, como se muestra en la Figura 6.

Figura 5.
Lecciones de un punto (LUP)

LISTA DE DESCRIPCIÓN DE ÁREA DE DIFÍCIL ACCESO				REV: 00
FECHA				
NÚMERO DE ADA	SITIO	CAUSA	STATUS	ACCIONES
1	Zona debajo de los Rodillos	Difícil de Limpiar		
2	Zona eléctrica	Difícil de Inspeccionar Difícil de Inspeccionar		



En esta cuarta fase se desarrollaron estándares de trabajo que ayuden a mantener la limpieza, lubricación y ajuste de los equipos, mediante métodos de visualización que permitan minimizar los tiempos y aumentar la productividad en las actividades de mantenimiento.

Implementación de mantenimiento planificado

En esta primera fase se realizó el análisis de criticidad, la cual es una metodología que permite establecer las prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la



toma de decisiones, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante.

Tabla 4.

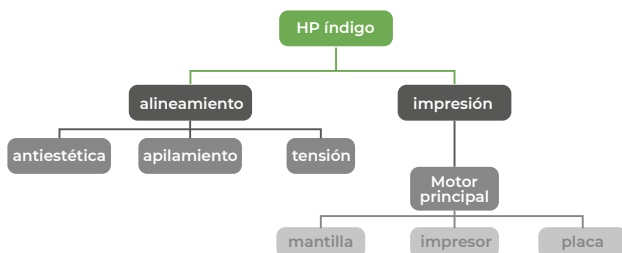
Registro de plan de acción limpiar

Equipos	Riesgo de lesión	Importancia	Impacto de la producción	Importancia	Frecuencia de fallas	Importancia	Impacto ambiental	Importancia	Puntaje de criticidad ponderado
Impresora flexográfica	4	0.4	5	0.3	3	0.2	3	0.1	4
Revisora	4	0.4	5	0.3	3	0.2	1	0.1	3.8
Impresora digital	4	0.4	5	0.3	4	0.2	3	0.1	4.2
Troqueladora	4	0.4	4	0.3	2	0.2	3	0.1	3.5
ADO	2	0.4	2	0.3	1	0.2	1	0.1	1.7
Hot Stamping	3	0.4	3	0.3	3	0.2	3	0.1	3

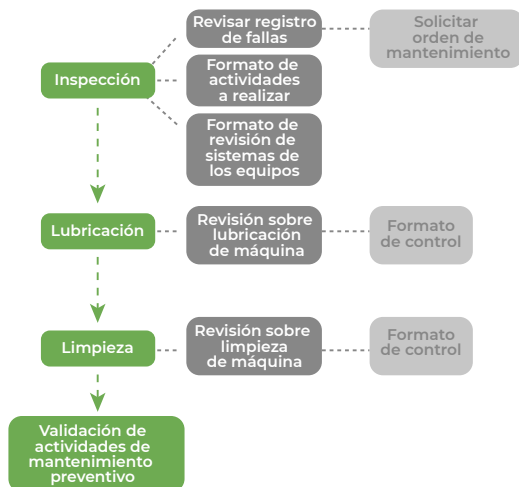
En esta segunda fase se realizó un análisis jerárquico de sistemas para la definición de los partes y componentes de los equipos, así como para realizar un programa de mantenimiento adecuado.

Figura 7.

Análisis jerárquico de sistemas



En esta tercera fase se realizó el plan del mantenimiento, donde se enfocarán las actividades de inspección, lubricación, limpieza, ajuste mecánicos y conservación, tal como se muestra en la Figura 8.

Figura 8.*Plan de mantenimiento preventivo*

Al no contar con un registro de historial de fallas de los equipos, se realizará un formato de registro de falla del equipo. La finalidad de implementar este registro es identificar las causas de origen e implementar formatos de acciones preventivas o correctivas, y disponer de datos que permitan realizar los cálculos de los indicadores clásicos del mantenimiento, tales como el TPEF, TPPR y D, que miden

la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, respectivamente. Además, permite hacer análisis técnicos para entender los modos de deterioro de los equipos y las acciones de mantenimiento que mejor aseguran un adecuado desempeño de los índices antes mencionados, y garantizan la continuidad operacional de los procesos.

Luego de la implementación de



un registro de fallas (Tabla 5), se procederá a crear un formato de orden de trabajo, con la finalidad de identificar qué máquina requiere del mantenimiento, y destinar personal a cargo para dicho servicio. El mantenimiento preventivo mensual está compuesto por actividades básicas. Se realizará una coordinación general de actividades para identificarlas y calcular la duración de cada una.

La siguiente etapa consiste en la lubricación y limpieza de las máquinas, para lo cual se empleó el check list con una frecuencia mensual para analizar, evidenciar y verificar cada ítem que se describe, con la finalidad de actuar de manera correcta. Finalizado la programación del mantenimiento preventivo, se procedió a realizar la consolidación del mantenimiento preventivo, mediante un programa adecuado para esta labor.

Tabla 5.

Programa de mantenimiento

Programa de Mantenimiento Preventivo Código: 071-072 Versión 00				Responsable: Fecha de actualización											
Ítem	Equipo	Seguimiento	Responsable	2019											
				Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1		Programado Ejecutado													
2		Programado Ejecutado													
3		Programado Ejecutado													
4		Programado Ejecutado													
5		Programado Ejecutado													
6		Programado Ejecutado													
7		Programado Ejecutado													
8		Programado Ejecutado													
9		Programado Ejecutado													

Luego de realizadas todas estas actividades, para validarlas se llevó a cabo un VSM final del proceso de mantenimiento correctivo, el cual dio como resultado que el tiempo del proceso de mantenimiento correctivo bajó a 0.36 días, después de plasmar los tiempos óptimos y necesarios para cada actividad. Esto se traduce en una disminución de 4.12 días, correspondiente a una efectividad del 92 % de las actividades de mantenimiento propuestas. Con estas mejoras, se pasó de no poder atender ningún requerimiento extra de acciones de mantenimiento por la elevada carga de trabajo, a poder realizar 5 acciones de mantenimiento correctivas por mes dentro de los plazos y calidad acordada con operaciones.

En lo que respecta a los tiempos de entrega de los pedidos a los clientes, la empresa maneja tres criterios, que son “a tiempo”, “entre 2-3 días” y “mayor a 3 días”. El antes y después de las actividades propuestas conllevó a pasar de un 8.46 % para las “entregas a tiempo” a un 92.04 %. Para el segundo indicador pasó de 21.89 % a 5.47 % y, para el último, de 69.65 % a 2.49 %, lo que demues-

tra la efectividad de las acciones y actividades propuestas para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento de la empresa.

En lo que respecta al impacto económico, se hizo el cálculo del VAN (valor presente neto), TIR (tasa interna de retorno) y B/C (balance costo/beneficio) de la propuesta, lo cual se muestra en la Tabla 6 y reflejan que, desde el punto de vista económico, es rentable el plan de mantenimiento diseñado.

Tabla 6.

VAN, TIR y beneficio costo

VAN	\$ 306.493
TIR	74 %
B/C	220 %

CONCLUSIONES

Con la implementación de los pilares del TPM, mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, se mejoró y redujo el tiempo de entrega de pedidos de los clientes. Así, con las actividades de mantenimiento propuestas, se disminuyeron los tiempos de reparación de los



equipos en una media de 4.12 días, con una efectividad del 92 % de las actividades de mantenimiento propuestas.

Respecto a la validación económica del proyecto, se obtuvo un VAN de \$ 306 493.00, un TIR en 74 %, aplicando una tasa de 10 %, y una relación costo/beneficio de 220 %. El plan propuesto es viable y rentable para la organización, generando \$ 722 317.00 anuales; la suma de los costos más la inversión que se realizará por todo un año será de \$ 328 653.21.

Por otro lado, el tiempo de entrega de pedidos a tiempo aumentó en un 83.58 %, y los tiempos de retraso en un 66.67 %. La inversión por capacitación incluirá 60 horas para los operadores y personal de mantenimiento de planta, lo cual asciende a \$ 11 595.00. A su vez, se redujeron los tiempos de 35 a 8.58 horas, el tiempo del proveedor es 240 min como mínimo. Con las mejoras hechas, se pueden atender 5 solicitudes de mantenimiento correctivo mensuales.

REFERENCIAS

Azizi, A. (2015). Evaluation improvement of production produc-

tivity performance using statistical process control, overall equipment efficiency, and autonomous maintenance. *Procedia Manufacturing*, 2, 186-190. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.032

Banco Central de Reserva del Perú (2018). *Panorama actual y proyecciones macroeconómicas*. <http://www.bcrp.gob.pe/estadisticas.html>

Gómez, A., Toledo, C., Prado & Morales, S. (2017) Critical success factors for the strategic deployment of total productive maintenance in the exporting maquiladora industry in Ciudad Juárez: A factorial solution. *Contaduría y Administración*, 60, 82-106. https://econpapers.repec.org/article/naxconyad/v_3a60_3ay_3a2015_3ai_3a5_3ap_3a82-106.htm

Guariente, P., Antonioli, I., Ferreira, L. & Pereira, T. (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Procedia Manufacturing*, 13, 1128-1134. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.09.174

Hooi, L. & Leong, T. (2017). Total

productive maintenance and manufacturing performance improvement. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 23 (1), 2-21. DOI: 10.1108/JQME-07-2015-0033

Kang, K. & Subramaniam, V. (2018). Integrated Control Policy of Production and Preventive Maintenance for a Deteriorating Manufacturing System. *Computers & Industrial Engineering*, 118, 266-277. DOI: 10.1016/j.cie.2018.02.026

Liu, Q., Dong, M. & Chen, F. (2018). Single-machine based joint optimization of predictive maintenance planning and production scheduling. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 51, 238-247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2018.01.002>

Lopes, R. (2018). Integrated model of quality inspection, preventive maintenance and buffer stock in an imperfect production system. *Computers & Industrial Engineering*, 126, 650-656. DOI: 10.1016/j.cie.2018.10.019

Mohan, K. & Lata, S. (2017). Effectuation of lean tool "5S" on materials and work space efficiency

in a copper wire drawing micro-scale industry in India. *Materials Today: Proceedings*, 5, 4678-4683. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.039>

Mwanza, H. & Mbohwa, C. (2015). Design of a total productive maintenance model for effective implementation: Case study of a chemical manufacturing company. *Procedia Manufacturing*, 4, 461-470. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.11.063

Oliveira, J., Sá, J. & Fernandes, A. (2017) Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082-1089. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>.

Poppe, J., Boute, R. & Lambrecht, M. (2018). A hybrid condition-based maintenance policy for continuously monitored components with two degradation thresholds. *European Journal of Operational Research*, 268(3), 515-532. DOI: 10.1016/j.ejor.2019.09.047

Singh, R., Gohil, A., Shah, D. & Desai, S. (2017). Total Productive Maintenance (TPM) Imple-



mentation in a Machine Shop: A Case Study. *Procedia Engineering*, 51, 592-599. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.01.084

Sociedad Nacional de Industrias. (2018). *Reporte estadístico*. <http://www.sni.org.pe/category/estudios-economicos/reporte-estadistico/>

Szczepaniak, M. & Trojanowska, J. (2019). Preventive Maintenance System in a Company from the Printing Industry. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-22365-6_35

Veres, C., Marian, L., Moica, S. & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900-905. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>

Vinay, K., Ramakrishna, H., Ravi Kumar, D. & Jagadeesh, R. (2014). Action plans in implementing total productive energy maintenance in industry. *International Journal of Innovative Research & Development*, 3(6), 42-48. http://www.internationaljournalcorner.com/index.php/ijird_ojs/article/view/134656