



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO
PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN PLANTAS DE
TRATAMIENTO MINERAL”: una revisión de la
literatura científica

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Industrial

Autor:

Rolando Cotrina Guevara

Asesor:

Dr. José Santos Cortegana Salazar

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A mis padres que desde que tengo uso de razón siempre estuvieron a mi lado, por
sus consejos, por su paciencia, no los defraudare.

A mis hijos, que siempre me ayudan incondicionalmente y son la razón para salir
adelante día a día

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro señor, que está siempre está con nosotros y nos guía por el camino
del bien.

A la Universidad Privada del Norte Filial Cajamarca, por darme la oportunidad de
estudiar para un mejor futuro y lograr mi objetivo.

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería y en especial a la Escuela de Ingeniería
Industrial, que me enseñaron a valorar y a superarme cada día.

A mis amigos y a todas las personas que me apoyaron para la realización del
presente trabajo de investigación.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS	13
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	20
REFERENCIAS	21
ANEXOS	23

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 13

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.	
	Figura 1: Año de publicación de los documentos analizados. 14
	Figura 2: Tipo de documentos analizados. 15
	Figura 3: Tipo de base de datos empleadas. 15
	Figura 4: Tipo de documentos analizados. 16
	Figura 5: Departamento de origen de procedencia del documento dentro del territorio nacional. .. 16
	Figura 6: Universidades peruanas que realizaron estudios. 17
	Figura 7: Temas abordados. 17
	Figura 8: Temas abordados. 18
	Figura 9: Temas abordados. 18

RESUMEN

El mantenimiento productivo total es una filosofía necesaria para eliminar pérdidas en producción a causa del estado de los equipos es decir lograr mayor productividad, sin paradas no programadas, con cero averías, cero tiempos muertos y cero defectos en equipos. El objetivo de esta investigación fue analizar los estudios teóricos sobre la aplicación del TPM en plantas dedicadas al tratamiento mineral entre los años 2009 y 2019. Se incluyeron documentos que cuenta con las palabras claves como TPM, plantas de tratamiento mineral y mejoras en plantas mineras; dentro de ellos se evaluaron 10 artículos científicos extraídos de Redalyc y Scielo, sintetizados en una tabla clasificada por autor, año de publicación, base de datos y un resumen interpretado desde nuestra perspectiva. Se concluyó que, el mantenimiento productivo total es un modelo de gestión donde su indicador estrella es la eficiencia operacional; el TPM propuesto y analizado por Ribeiro consiste en la fusión del mantenimiento preventivo basado en el RCM (Reliability Centred Maintenance), la prevención del mantenimiento basado en el LCC (Life Cycle Cost) y el mantenimiento del sistema de producción basado en el JIT (Just In Time). Ribeiro propone aplicar cinco pilares para trabajos en planta y tres pilares de apoyo.

PALABRAS CLAVES: TPM, planta industrial, tratamiento de minerales, productividad.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Este mundo globalizado, acarrea mayor competencia que obliga a las empresas no sólo a ser rentables, sino también lograr estándares de eficacia y eficiencia. A su vez, la tecnología permite hacer eso posible, apoyándose de diversas herramientas como el Mantenimiento Productivo Total (TPM) (Pinto y Mesa, 2011, p. 12).

El modelo TPM mejora las actividades como el rendimiento de la mano de obra, la tasa de productividad, el tiempo de ciclo del proceso, las indisponibilidades por averías y los recursos utilizados para la producción, y evalúa esta mejora a través de los índices de disponibilidad, eficacia y calidad, es decir la eficiencia global del proceso o del equipo (Galván, 2013, p. 9).

Estrada (2017), afirma: “En muchas empresas la aplicación del TPM al área de mantenimiento mejoró la eficacia con relación a los servicios que estaban en 66% pero después de la implementación del Mantenimiento Productivo Total alcanzaron a incrementar la eficacia a un 87%” (p. 86).

El TPM distingue una empresa de sus rivales debido al efecto en la disminución de los costes, reducción de los tiempos de trabajo, confianza de suministros, alarga el ciclo de vida de los maquinarias y equipos, el conocimiento que tienen las personas y la calidad de los productos y servicios finales (Apaza, 2015, p. 56).

En la industria minera es necesario un apropiado desarrollo y planeación de actividades de mantenimiento, ya que las metas de producción dependen de la disponibilidad de la planta de tratamiento de minerales; por ello es necesario implementar el mantenimiento

productivo total (TPM) para los procesos de trituración y molienda de las plantas y así garantizar la efectividad en el funcionamiento e incrementar la producción de las plantas, proporcionando la disponibilidad de los equipos existentes y la conservación de los nuevos equipos (Pacheco, 2010, p. 63).

Las empresas mineras, con la implementación del TPM buscan optimizar los procesos de tratamiento de mineral, con el objetivo de reducir costos, minimizar el tiempo muerto de los equipos (paradas de planta), a mejorar la calidad de los productos, a incrementar la productividad y a contar con un equipo seguro (Becerra y Paulino, 2012, p. 18).

El TPM se encarga de enfrentar los problemas desde la fase más incipiente en la que se puedan presentar, lo que demuestra que la implantación de un modelo como este en cualquier industria, sin importar el tamaño de la empresa, da paso a un nuevo mundo de competitividad (Pinto y Mesa, 2011, p. 7).

El TPM en plantas industriales se basa en el desarrollo de las actividades de planeación, organización, programación y control, y cumple un papel importante en el proceso productivo, toda vez que permite incrementar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, minimizando el costo del ciclo de vida de los mismos (Valencia, 2017, p. 24).

El TPM otorga una nueva forma de ver el mantenimiento, incorporando a los operarios en el mantenimiento primario de los equipos, realizando tareas tan simples como lubricación y limpieza, pero que reducen la carga en el área de mantenimiento, otorgando más tiempo para las reparaciones programadas. Junto a esto el TPM involucra a todo el personal en esta filosofía, cambiando la forma de pensar de las personas y fomentando la interrelación entre las áreas (Rumi, 2014, p. 37).

El Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta (JIPM) (2015) creó los pilares básicos del TPM, el pilar 1: llamado mejoras específicas tiene el objetivo de reducir y eliminar pérdidas probado en la industria automovilística por Toral y Burgos (2013) y Jiménez (2013); el pilar 2: Mantenimiento autónomo se enfoca en capacitar a los operadores para cuidar el equipo se aplicó en la industria metálica por García (2018) y Sunción (2017); el pilar 3: mantenimiento planificado se enfoca en maximizar la disponibilidad del equipo medidos con los indicadores MTTR y MTBF aplicados en plantas mineras por Camacho (2016) y De La Cruz (2013); el pilar 4: mejoras del proyecto se enfoca en maximizar la vida del equipo aplicado por García (2015) en una cadena de restaurantes en los cuales incrementó en tiempo de vida de las cocinas industriales en un 15%, el pilar 5 mantenimiento de calidad enfocadas a mejorar la calidad del equipo aplicada en una planta de bebidas gaseosas por Tuarez (2013).

La pregunta de investigación es ¿Qué conocimiento se tiene acerca de la aplicación del TPM en las plantas de tratamiento mineral, durante los últimos diez años? Y el objetivo de este trabajo es analizar los estudios teóricos sobre la aplicación del TPM en plantas dedicadas al tratamiento mineral entre los años 2009-2019.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Esta investigación es una revisión sistemática, Higgins y Green (2011) afirman: “Es la evaluación de literatura correspondiente a un tema específico a partir de una pregunta objetiva, junto a un resumen cualitativo de artículos científicos” (p. 3). En la revisión sistemática presentada, se analizaron y sintetizaron las evidencias encontradas en investigaciones en torno a la aplicación del mantenimiento productivo total en plantas de tratamiento mineral.

Dentro de los términos de inclusión se tuvieron en cuenta las palabras claves como: TPM, plantas de tratamiento mineral y mejoras en plantas mineras; y en criterios de inclusión para la selección de documentos se consideraron sólo los estudios realizados en los últimos diez años y los documentos encontrados en español e inglés; documentos que son artículos científicos, documentos extraído de una base de datos confiable. Los criterios de exclusión fueron aquellos documentos no aplicados en plantas de tratamiento mineral y tesis de pregrado y de maestría.

La búsqueda de documentos inicio con el fraseo de palabras claves, posteriormente se introdujo en las bases de datos y luego se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, los artículos seleccionados fueron sintetizadas en la tabla presentada en el capítulo de resultados (tabla 1), en ella se detalló el autor, año de publicación, base de datos y un resumen interpretado desde nuestra perspectiva.

Se clasificó los documentos de acuerdo con el tipo de investigación relacionados al tema, en este caso se incluyeron todas las investigaciones cuantitativas y cualitativas con uso de herramientas industriales para mejorar la eficiencia de las plantas de tratamiento mineral.

Se realizó la lectura de los 10 artículos enfocados en la aplicación del mantenimiento productivo total en plantas de tratamiento mineral, 6 documentos seleccionados fueron de lavase de datos Redalyc y 4 fueron seleccionados de la base de datos Scielo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Luego de seleccionar los documentos, se redujo en la tabla 1, donde se presentan el análisis de 10 documentos extraído de bases de datos enfocados en mantenimiento productivo total en plantas de tratamiento mineral.

Tabla 1
Resultados de la investigación teórica referentes a TPM.

Autor	Año de publicación	Base de datos	Breve Resumen
Pacheco, María	2010	Redalyc	Implementó actividades básicas del TPM y se capacitó al personal en el diligenciamiento de los formatos del sistema de información, para garantizar la efectividad y fiabilidad de la información registrada.
Becerra, Gilberto y Paulino, Jony	2012	Scielo	Para medir la mejora del TPM utilizaron los valores de los tiempos medios entre fallos (TMEF) para el proceso de flotación y los tiempos medios de reparación (TMDR) de los equipos crítico, mediante los softwares DISMA y RELEST.
Pinto, Diego y Mesa, Juan	2011	Scielo	Aplicaron cuatro pilares del TPM (mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado, educación y entrenamiento), y superaron retrasos en el cronograma, poco compromiso de algunos participantes, incompatibilidad con los horarios de la empresa y otros.
Estrada, Madeline	2017	Redalyc	Implementó la herramienta se diseñó un plan de trabajo en donde se especifica el mantenimiento planificado para las unidades, para ello se tomó en cuenta el historial de las unidades, de igual manera se consideró el estado y calidad de estos. Los resultados obtenidos después de la aplicación del TPM fueron muy positivos, ya que se logró incrementar la disponibilidad de los camiones mediante los nuevos parámetros en la gestión de mantenimiento, así como también se logró reducir las averías y se maximizó la operatividad del parque automotor.
Valencia, Shirley	2017	Redalyc	Implementó los pilares de la herramienta TPM, y logró que los operarios sean capaces de brindar el mantenimiento autónomo a sus máquinas, cumpliendo con las actividades de limpieza, inspección, lubricación y ajustes, y de detectar las pequeñas averías. Además, el número total de fallas de las máquinas se redujo a 26 y el tiempo de reparación a 21.1 horas por mes.
Apaza, Ronald	2015	Redalyc	Aplicó los pilares básicos bajo los cuales se sustenta el TPM, los objetivos del TPM y de los indicadores de efectividad global de los equipos OEE (Overall Equipment Effectiveness), analizó el alcance que tiene el TPM, los beneficios que la empresa puede obtener con su implementación, los pasos o etapas que debe seguir el TPM y el OEE para su implementación, lo que implica el

			mantenimiento planificado y el mantenimiento autónomo, entre otros puntos.
Maldonado, Ana y Ysique, Sumner	2017	Redalyc	Implementaron el TPM y mejoraron la motivación del personal, la limpieza en cada área de trabajo, la calidad de vida de los trabajadores y una mentalidad nueva para el crecimiento de toda la empresa.
Catalán, Walter	2018	Scielo	Implementó el TPM y se logró reducir las paradas de planta en un 5%, obteniendo un VAN de S/. 26927.00 y un TIR de 49.1%, lo cual indica que la implementación del TPM es RENTABLE.
Quishpe, Fausto	2016	Redalyc	Evaluó el sistema TPM utilizando indicadores como disponibilidad, utilización, rendimiento y aprovechamiento. Además, diagnosticó las condiciones de operación, se utilizó el método F.M.E.A.,
Bocanegra, Milton y Calvo, Lucio	2016	Scielo	Implementaron el Mantenimiento Autónomo que cuenta con 7 pasos, y obtuvieron resultados sorprendentes incrementado sus indicadores de producción de manera superlativa el Rendimiento de Producto Terminado se incrementó en 6.07% la merma se redujo en 5.07% lo más resaltante fue el resultado en su indicador principal de producción el GE el cual obtuvo un incremento de 25.79 %.

Tomando en cuenta los estudios descritos en la tabla 1 se clasificó la información en las figuras siguientes:



Figura 1: Año de publicación de los documentos analizados.

En la figura 1, se muestra que el 10% de los documentos analizados han sido publicados en el año 2010, el 10% fueron publicados en el año 2011, el 10% fueron publicados en el año

2012, el 10% fueron publicados en el año 2015, el 20% fueron publicados en el año 2016, el 30% fueron publicados en el año 2017 y el 10% fueron publicados en el año 2018.

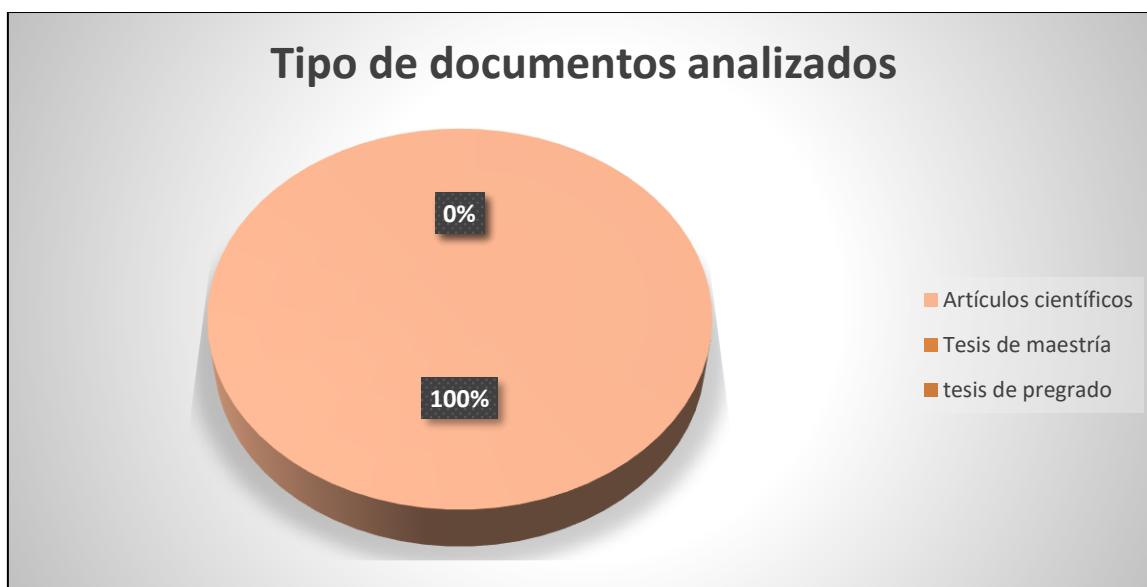


Figura 2: Tipo de documentos analizados.

En la figura 2, se muestra que el 100% de los documentos analizados son artículos científicos.

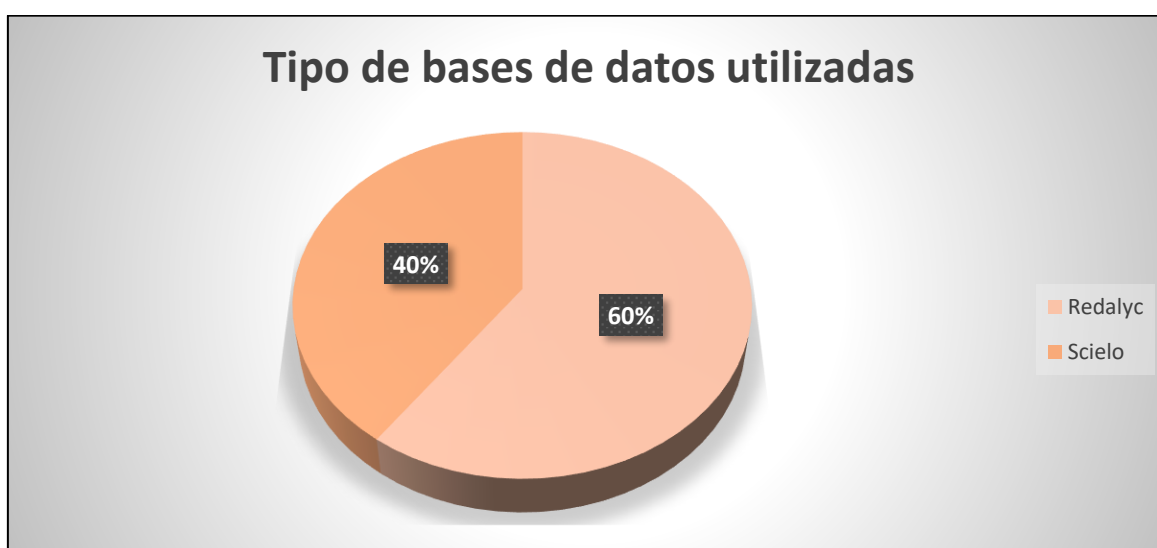


Figura 3: Tipo de base de datos empleadas.

En la figura 3, se muestra que el 40% de los documentos analizados han sido buscados en Scielo, y el 60% han sido buscados en Redalyc.

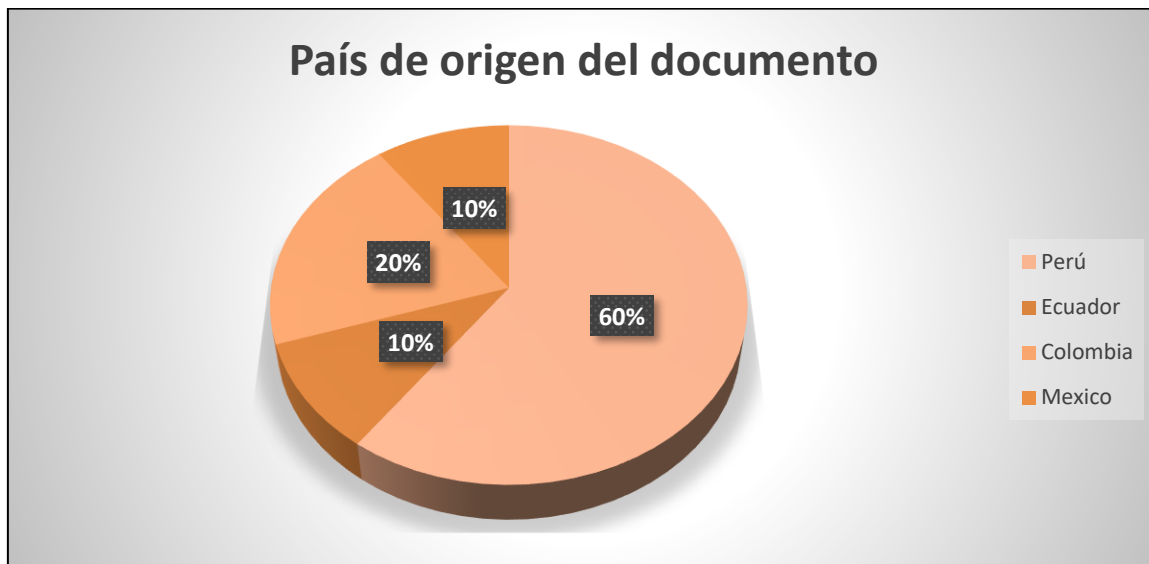


Figura 4: Tipo de documentos analizados.

En la figura 4, se muestran los países de origen de los documentos analizados, el 60% procedió de Perú, el 10% de Ecuador, el 20% de Colombia y el 10% de México.

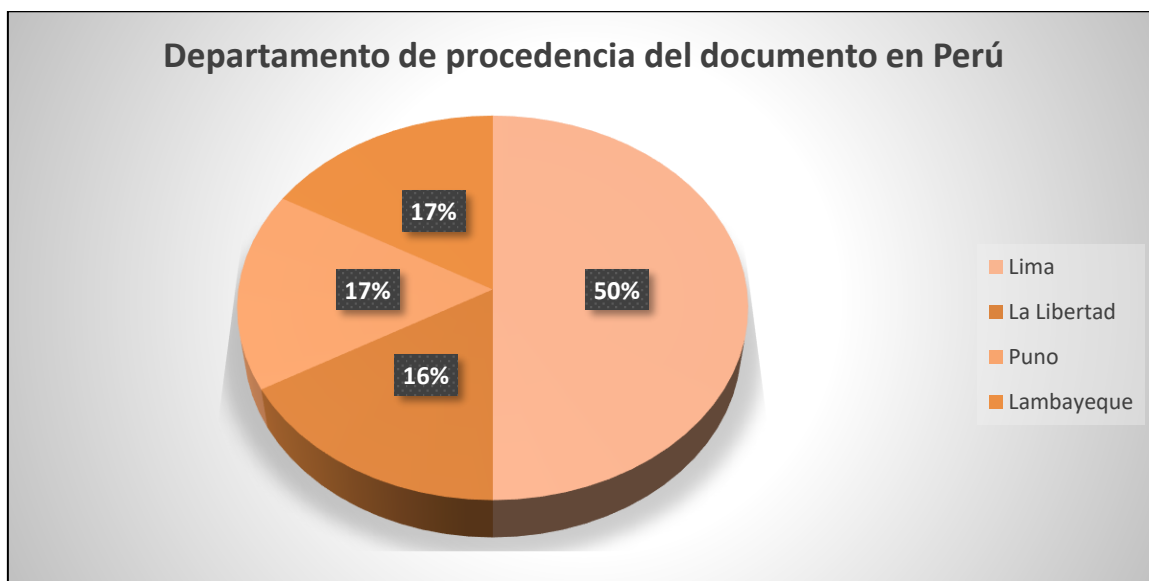


Figura 5: Departamento de origen de procedencia del documento dentro del territorio nacional.

En la figura 5, se muestran los departamentos peruanos de origen de los documentos, se evidencia que el 50% proceden de Lima, el 16% de los estudios proceden de La Libertad, el 17% procede de Puno y el 17% proceden de Lambayeque.

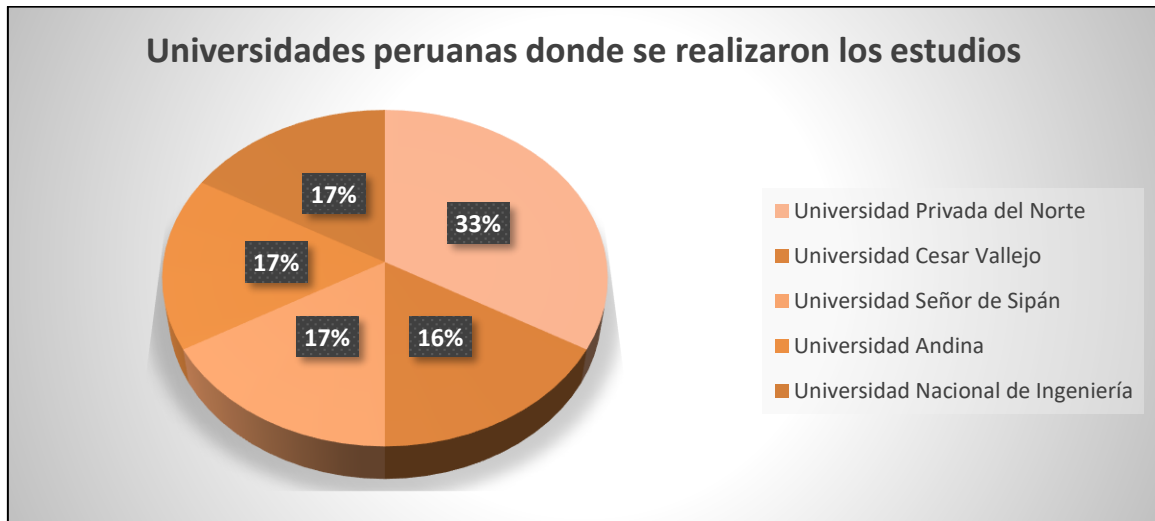


Figura 6: Universidades peruanas que realizaron estudios.

En la figura 6, se muestra los estudios que se realizaron en las distintas universidades peruanas referentes a TPM en plantas de tratamiento mineral, el 33% se realizaron en la Universidad Privada del Norte, el 16% se realizó en la Universidad Andina y el 17% se realizó en la Universidad Nacional de Ingeniería.

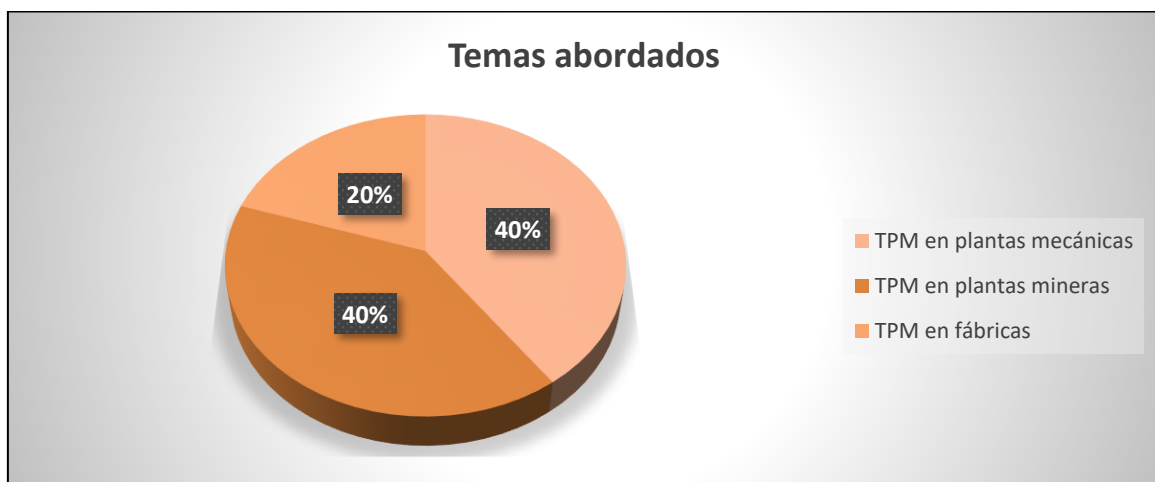


Figura 7: Temas abordados.

En la figura 7, se muestran los temas abordados el 40% los estudios son referentes a TPM en plantas mecánicas, el 40% se refiere a TPM en plantas mineras y el 20% se refiere a TPM en fábricas.

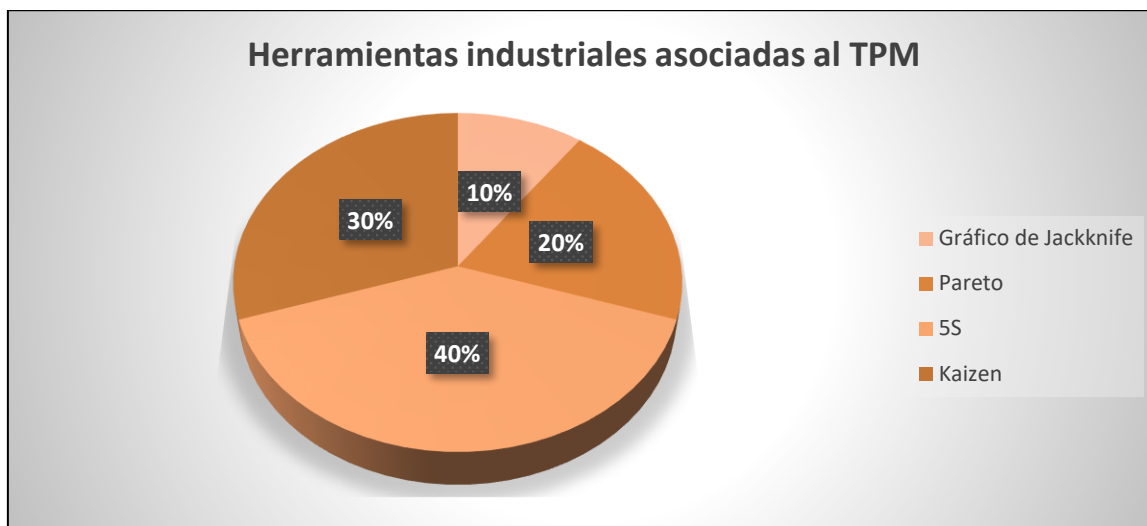


Figura 8: Temas abordados.

En la figura 8, se muestran las herramientas industriales asociadas al TPM, el 10% lo asocia con el gráfico de Jackknife, el 20% lo asocia con el diagrama de Pareto, el 40% lo asocia con las 5S y el 30% lo asocia con Kaizen.

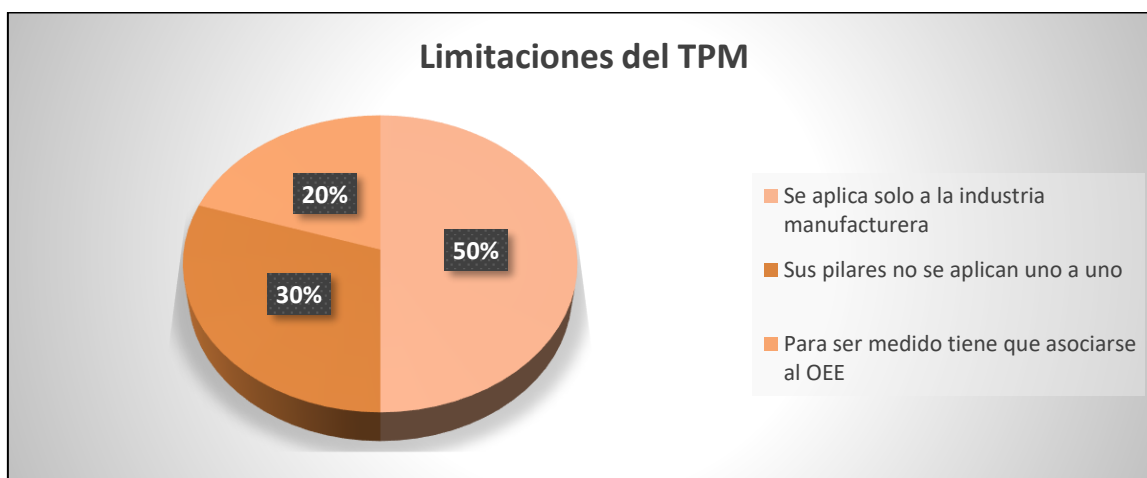


Figura 9: Temas abordados.

En la figura 9, se muestran las limitaciones de la metodología TPM, el 50% argumenta que es una desventaja que el TPM solo se aplique a la industria manufacturera, el 30% argumenta que para implementarlo se deben aplicar todos los pilares no uno a uno y el 20% argumenta que el TPM no puede ser medible por ello tiene que apoyarse de un indicador que es la eficiencia global del equipo (OEE).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis teórico, el mantenimiento productivo total es un modelo de gestión donde su indicador estrella es la eficiencia operacional como lo muestran Quishpe, (2016), Catalán, (2018) y Estrada, (2017); el TPM propuesto y analizado por Ribeiro (2016) consiste en la fusión del mantenimiento preventivo basado en el RCM (Reliability Centred Maintenance), la prevención del mantenimiento basado en el LCC (Life Cycle Cost) y el mantenimiento del sistema de producción basado en el JIT (Just In Time) (Becerra y Paulino, 2012) (Maldonado y Ysique, 2017).

Dentro del análisis teórico, se precisa que el TPM se fundamenta en 5 pilares (Ribeiro, 2016) pero hay quienes utilizan hasta tres pilares adicionales de apoyo (Roberts, 2013). Sin embargo, Ribeiro (2016) recomienda aplicar los cinco primeros para trabajos en planta, los cuales son mejoras específicas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mejoras en el proyecto y mantenimiento de calidad (Maldonado y Ysique, 2017) (Pacheco, 2010), estos pilares han sido aplicados en varias industrias obteniendo resultados positivos en la eficiencia operacional (Pinto y Mesa, 2011) (Valencia, 2017).

Conclusiones

Lo que se conoce de mantenimiento productivo total es que para su implementación se deben utilizar indicadores operacionales al MTTR, MTBF y el análisis de confiabilidad de los equipos y luego realizar el análisis FODA del TPM. Una de las limitaciones del TPM es que no se puede medir, por ello se inicia realizando un análisis Ishikawa o Pareto y luego se diseñan los pilares, posteriormente se evalúa la mejora mediante la fórmula del OEE.

REFERENCIAS

- Apaza, R. (2015). El modelo de mantenimiento productivo total tpm y su influencia en la productividad de la empresa minera Chama Perú E.I.R.L. (*tesis de pregrado*). Juliaca, Perú: Universidad Andina. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/438/TESIS.pdf>
- Becerra, G., & Paulino, J. (2012). El análisis de confiabilidad como herramienta para optimizar la gestión del mantenimiento preventivo de los equipos de la línea de flotación en un Centro Minero. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni.pdf>
- Catalán, W. (2018). Propuesta de Mejora en el Área de Mantenimiento, Aplicando TPM, para Reducir Costos en la Minera Tahoe Resources La Arena. (*tesis de pregrado*). Trujillo, La Libertad, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13459/Catal%C3%A1n%20>
- Estrada, M. (2017). Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la productividad en el área de mantenimiento en la empresa corporación logística & transporte S.A.C. (*artículo científico*). Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1479.pdf>
- Galván, D. (2013). Análisis de la Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mediante el Modelo de Opciones Reales. (*Tesis de maestría*). D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100>

- Maldonado, A., & Ysique, S. (2017). Sistema de Mejora Continua Basado en el Mantenimiento Productivo Total para Reducir los Desperdicios en el Área de Producción de la Empresa Induamerica S.A.C. - Lambayeque 2016. (*tesis de pregrado*). Pimentel, Lambayeque, Perú: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4069/TESIS-FINAL>
- Pacheco, M. (2010). Plan de mantenimiento preventivo para los procesos de trituración y molienda de la planta de beneficio María Dama Frontino Gold Mines. (*tesis de pregrado*). Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. Obtenido de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/116184.pdf>
- Pinto, D., & Mesa, J. (2011). Implementación de Plan Piloto de TPM en una Industria de Cerámica. (*tesis de pregrado*). Medellín, Colombia: Universidad EAFIT. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4362/DiegoPinto>.
- Quishpe, F. (2016). Diseño e Implementación de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la Planta de Producción de la Fábrica de Tornillos, Pernos y Tuercas Topesa S.A. (*tesis de pregrado*). Sangolquí, Quito, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream>
- Valencia, S. (2017). Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la. (*tesis de pregrado*). San Juan de Lurigancho, Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1965.pdf>

ANEXOS