



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

Aplicación de TPM para mejorar la OEE de la gestión de
mantenimiento en la minera Los Quenuales S.A., Casapalca, 2021

AUTOR:

Zurita Orihuela, Ronald David (ORCID: [0000-0002-0113-0793](https://orcid.org/0000-0002-0113-0793))

ASESOR:

Mag. Molina Vílchez, Jaime Enrique (ORCID: [0000-0001-7320-0618](https://orcid.org/0000-0001-7320-0618))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

Lima – Perú

2021

DEDICATORIA

Dedico. Primero a Dios por regalarme vida, salud y conocimiento. Segundo a mis padres, quienes creyeron en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio enseñándome a valorar las cosas que tengo. Tercero a mi esposa e hija que fueron fuente de inspiración.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mis formadores, personas de gran conocimiento y sabiduría quienes se esforzaron por ayudar a terminar este proyecto. Sencillo no ha sido, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación he logrado con éxito culminar con la elaboración de mi tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	viii
Resumen.....	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	11
III. METODOLOGÍA	23
3.1. Tipo y diseño de investigación	23
Tipo de investigación.....	23
Enfoque de investigación.....	24
Nivel de investigación	24
Diseño de investigación.....	24
3.2. Variables de operacionalización.....	25
3.3. Población, muestra y muestreo.....	28
Población	28
Muestra	28
Muestreo	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.5. Procedimientos	31
3.6. Métodos de análisis de datos.....	70
3.7. Aspectos éticos.....	71
IV. RESULTADOS.....	73

V.	DISCUSIÓN.....	87
VI.	CONCLUSIONES.....	90
VII.	RECOMENDACIONES	91
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
	ANEXOS.....	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Matriz de correlación</i>	5
Tabla 2 <i>Ponderación total</i>	6
Tabla 3 <i>Causas por áreas</i>	8
Tabla 4 <i>Alternativas de solución</i>	9
Tabla 5 <i>Matriz de priorización</i>	9
Tabla 6 <i>Técnicas e instrumentos</i>	30
Tabla 7 <i>FODA de la empresa minera Quenuales S.A.</i>	37
Tabla 8 <i>Ordenamiento de los procesos de mantenimiento</i>	45
Tabla 9 <i>Cumplimiento de programa de mantenimiento abril 2021 – Chancadora N°01</i>	47
Tabla 10 <i>Cumplimiento de programa de mantenimiento mayo 2021 – Chancadora N°01</i>	47
Tabla 11 <i>Cumplimiento de programa de mantenimiento junio 2021 – Chancadora N°01</i>	48
Tabla 12 <i>Reporte de disponibilidad, rendimiento y calidad pre-datos abril 2021 – CHP N°01</i>	49
Tabla 13 <i>Reporte de disponibilidad, rendimiento y calidad pre-datos mayo 2021 – CHP N°01</i>	50
Tabla 14 <i>Reporte de disponibilidad, rendimiento y calidad pre-datos junio 2021 – CHP N°01</i>	52
Tabla 15 <i>Pre-datos de evaluación básica del TPM</i>	54
Tabla 16 <i>Cronograma de implantación</i>	55
Tabla 17 <i>Cumplimiento de programa de mantenimiento agosto 2021 – Chancadora N°01</i>	56
Tabla 18 <i>Cumplimiento de programa de mantenimiento septiembre 2021 – Chancadora N°01</i>	56
Tabla 19 <i>Cumplimiento de programa de mantenimiento octubre 2021 – Chancadora N°01</i>	57
Tabla 20 <i>Reporte de disponibilidad, rendimiento y calidad post test agosto 2021 – CHP N°01</i>	57
Tabla 21 <i>Reporte de disponibilidad, rendimiento y calidad post test septiembre 2021 – CHP N°01</i>	58

Tabla 22 <i>Reporte de disponibilidad, rendimiento y calidad post test octubre 2021 – CHP N°01</i>	60
Tabla 23 <i>Post test de evaluación básica del TPM – Primera capacitación</i>	62
Tabla 24 <i>Post test de evaluación básica del TPM – Primera capacitación</i>	63
Tabla 25 <i>Post test de evaluación básica del TPM – Segunda capacitación</i>	63
Tabla 26 <i>Post test de evaluación básica del TPM – Tercera capacitación</i>	64
Tabla 27 <i>Balance económico de la inversión</i>	66
Tabla 28 <i>Datos presupuestados chancadora – Fallas de Mantenimiento</i>	67
Tabla 29 <i>Datos presupuestados chancadora – Fallas Operacionales</i>	67
Tabla 30 <i>Datos presupuestados chancadora – Consumo Energía Eléctrica</i>	69
Tabla 31 <i>Código de ética - UCV</i>	72
Tabla 32 <i>Datos estadísticos descriptivas dé % de cumplimiento de preparación</i> .73	
Tabla 33 <i>Datos estadísticos descriptivas dé % de cumplimiento de Implantación</i> 74	
Tabla 34 <i>Datos estadísticos descriptivas dé % de OEE CH N°01</i>	75
Tabla 35 <i>Datos estadísticos descriptivas dé % de disponibilidad CH N°01</i>	76
Tabla 36 <i>Datos estadísticos descriptivas dé % de rendimiento CH N°01</i>	77
Tabla 37 <i>Datos estadísticos descriptivas dé % de calidad CH N°01</i>	78
Tabla 38 <i>Análisis de normalidad de la disponibilidad con Kolmogorov Smirnov</i> ...79	
Tabla 39 <i>Análisis de prueba no paramétrica</i>	80
Tabla 40 <i>Análisis estadístico de prueba – Wilcoxon</i>	80
Tabla 41 <i>Análisis de normalidad de la disponibilidad con Kolmogorov Smirnov</i> ...81	
Tabla 42 <i>Análisis de prueba no paramétrica</i>	82
Tabla 43 <i>Análisis estadístico de prueba – Wilcoxon</i>	82
Tabla 44 <i>Análisis de normalidad de rendimiento con Kolmogorov Smirnov</i>83	
Tabla 45 <i>Análisis de prueba no paramétrica</i>	84
Tabla 46 <i>Análisis estadístico de prueba – Wilcoxon</i>	84
Tabla 47 <i>Análisis de normalidad de la calidad con Kolmogorov Smirnov</i>	85
Tabla 48 <i>Análisis de prueba no paramétrica</i>	86
Tabla 49 <i>Análisis estadístico de prueba – Wilcoxon</i>	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Empresas premiadas por implementar TPM para mejorar la gestión de mantenimiento por país</i>	2
Figura 2. <i>Diagrama de Ishikawa</i>	4
Figura 3. <i>Diagrama de Pareto</i>	7
Figura 4. <i>Índice de cumplimiento de preparación</i>	19
Figura 5. <i>Índice de cumplimiento de implantación</i>	20
Figura 6. <i>Índice de cumplimiento de preparación</i>	25
Figura 7. <i>Índice de cumplimiento de implantación</i>	25
Figura 8. <i>Índice de disponibilidad</i>	26
Figura 9. <i>Índice de rendimiento</i>	27
Figura 10. <i>Índice de calidad</i>	27
Figura 11. <i>Ubicación de la mina Yauliyacu</i>	32
Figura 12. <i>Ubicación de la Unidad Minera Yauliyacu</i>	32
Figura 13. <i>Visión y misión de la empresa</i>	33
Figura 14. <i>Organigrama del área de mantenimiento de la empresa</i>	33
Figura 15. <i>Organigrama del área de mantenimiento eléctrico de la empresa</i>	34
Figura 16. <i>Etapa 1</i>	35
Figura 17. <i>Etapa 2</i>	35
Figura 18. <i>Etapa 3</i>	36
Figura 19. <i>Proceso productivo de la minera Quenuales S.A</i>	36
Figura 20. <i>Descripción del proceso de mantenimiento preventivo de EMQSA</i>	40
Figura 21. <i>Descripción del proceso de mantenimiento correctivo de EMQSA</i>	43
Figura 22. <i>Layout para las instalaciones del TLM en la empresa minera EMQSA</i>	45
Figura 23. <i>Diagrama de Interrelaciones del Flujo del TPM</i>	46
Figura 24. <i>Mapa de procesos de mantenimiento empresa minera los Quenuales</i>	46

RESUMEN

La investigación se ha desarrollado en una organización que no solo ha tenido una serie de problemas y pérdidas económicas relacionadas con la gestión del mantenimiento, sino que requiere de la optimización de los procesos, en donde se ha planteado la implementación del TPM para mejorar la OEE de la gestión de mantenimiento en la minera Los Quenuales S.A., Casapalca, 2021.

Objetivo general: Aplicar el TPM para mejorar la OEE de la gestión de mantenimiento en minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.

El tipo de investigación es aplicada con un enfoque de investigación cuantitativo, el nivel de investigación es explicativo y el diseño pre experimental.

Los resultados que se obtuvieron en la chancadora N°01 fueron: un incremento en la disponibilidad de 89% a 95%, rendimiento 93% a 97% y calidad 91% a 97%; mientras la eficiencia global del equipo (OEE) incrementó de 77% a 90%.

Recomendación: Toda implementación debe traer mejoras en la organización; por esta razón es necesario que los programas de capacitación sean constantes para concientizar a los operadores; considerando que son ellos, los que realizan el primer diagnóstico de las condiciones de trabajo del equipo.

Palabras clave: Mantenimiento, gestión, eficiencia, disponibilidad y productividad.

ABSTRACT

The research has been developed in an organization that has not only had a series of problems and economic losses related to maintenance management, but also requires the optimization of processes, where the implementation of the TPM has been proposed to improve the OEE. of maintenance management at Los Quenuales SA mining company, Casapalca, 2021.

General objective: Apply the TPM to improve the OEE of maintenance management in mining Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.

The type of research is applied with a quantitative research approach, the level of research is explanatory and the design is pre-experimental.

The results obtained in crusher No. 01 were: an increase in availability from 89% to 95%, yield from 93% to 97% and quality from 91% to 97%; while overall equipment efficiency (OEE) increased from 77% to 90%.

Recommendation: Every implementation must bring improvements in the organization; for this reason, it is necessary that the training programs are constant to make the operators aware; considering that they are the ones who carry out the first diagnosis of the team's working conditions.

Keywords: Maintenance, management, efficiency, availability and productivity.

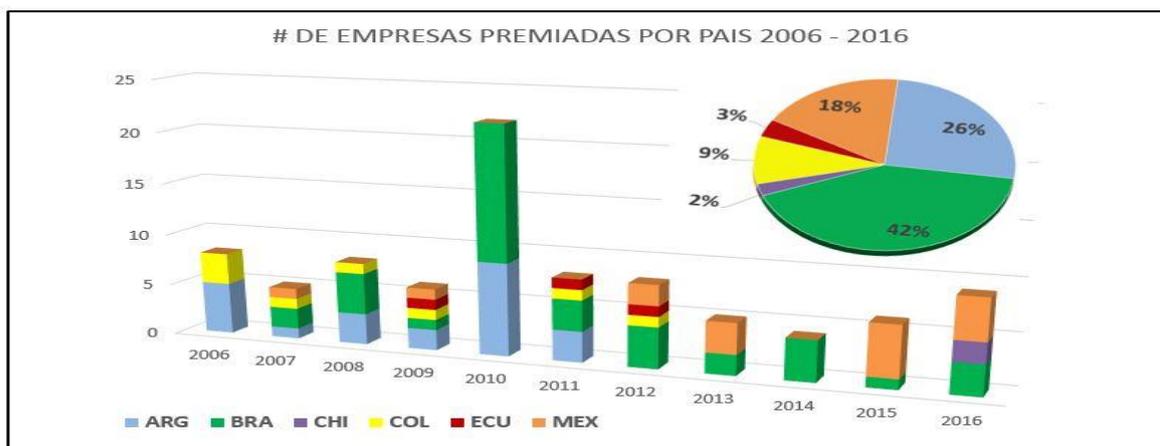
I. INTRODUCCIÓN

Con la internacionalización de los mercados, las empresas a nivel mundial deben ajustarse a los nuevos estándares de calidad, lo que les permitirá mantenerse vigentes y competitivas en el mercado. Los desafíos que tienen las empresas es la implementación de mantenimiento productivo total (TPM), en una empresa industrial es una lenta toma de decisiones gerenciales para responder frente a las condiciones de operación de la planta. Para que la empresa funcione de la mejor manera debe existir una relación entre la eficiencia global de los equipos (OEE) y la metodología (TPM), estableciendo una estrategia de gestión adecuada basada en reglas dinámicas generadas; forman y facilitan el proceso de toma de decisiones por parte del área interesada apoyándose en normas de la empresa; induce a un mayor fiabilidad y aumento de la eficacia de respuesta y eficiencia de tiempos y costos (Djatna *et al.*, 2015). Entonces para cumplir eficientemente con sus clientes es imprescindible que sus procesos, equipos, personal y grupos de interés estén alineados a ello. No obstante, hay puntos clave que no se pueden obviar como mantener en las mejores condiciones los equipos de trabajo y las instalaciones, logrando que el funcionamiento sea óptimo.

Durante el paso del tiempo se ha iniciado un proceso de concientización sobre el mantenimiento de los equipos, por lo que en los últimos años las empresas a nivel internacional destinan mayores volúmenes de inversión en programas de prevención y detección de fallas (Díaz *et al.*, 2017); así como la manera en que se gestiona el mantenimiento teniendo un rol decisivo para optimizar costos y maximizar la productividad de las empresas (Mehmeti *et al.*, 2018).

Además, el avance tecnológico ha crecido, por ende, los equipos presentan tecnología de última generación y los precios de venta son muy elevados. En este sentido, cuando las empresas adquieren estos equipos que implican mayor inversión deben realizar un buen mantenimiento para que estén disponibles y puedan producir al máximo nivel de eficiencia (Verena, 2016). Para ello muchas empresas suman esfuerzos para optimizar la gestión de mantenimiento de los activos, en general a base de la filosofía TPM.

Figura 1. Empresas premiadas por implementar TPM para mejorar la gestión de mantenimiento por país



Fuente: ResaltadorKaizen.blogspot.com

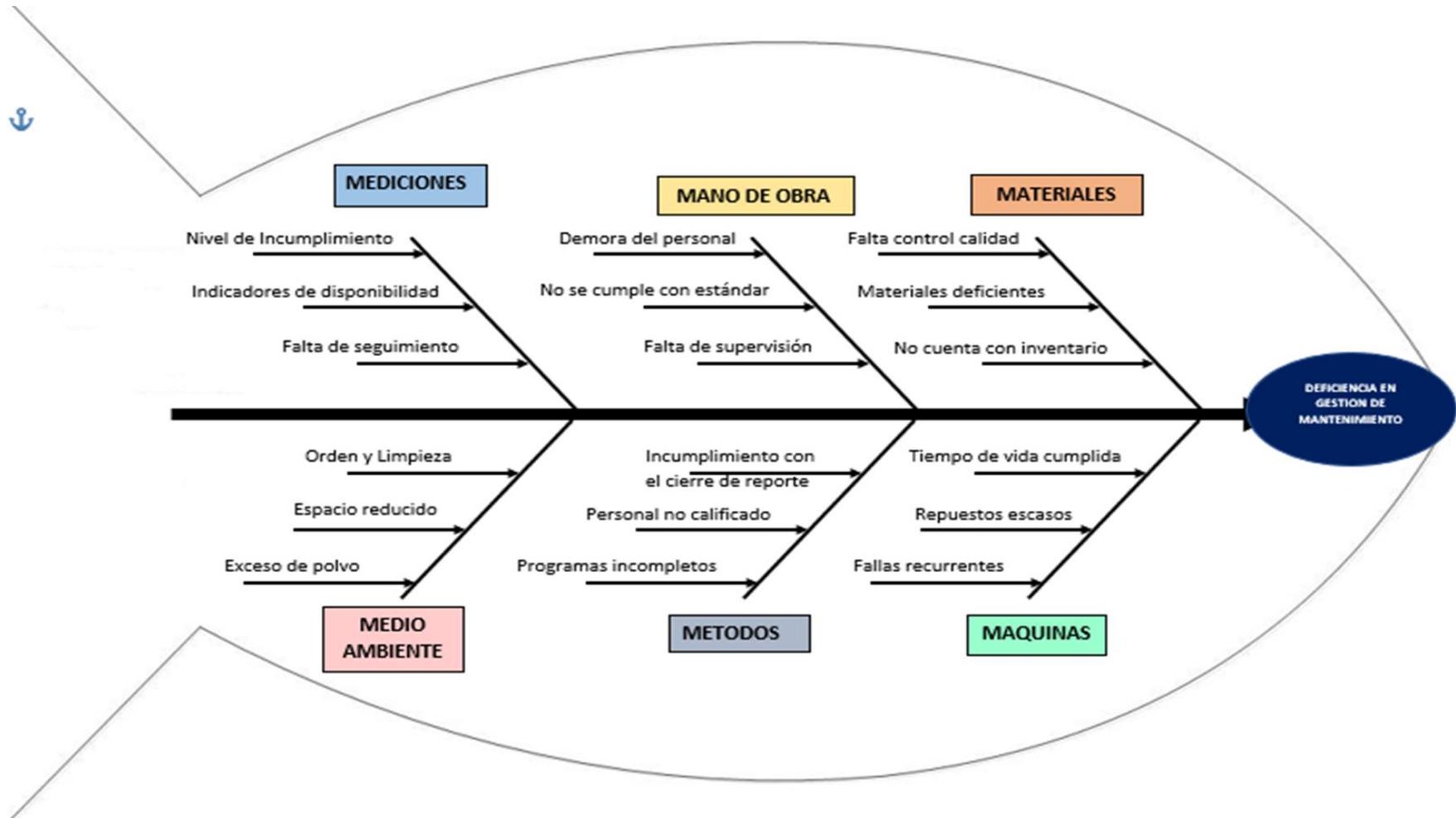
A nivel nacional, es difícil hallar empresas peruanas dentro de las premiadas por la implementación del TPM, debido a que la gestión de mantenimiento es una difícil tarea para poder efectuar e implica periodos que en diversas ocasiones los administradores de las compañías no pueden solventar, aunque todo está sujeto al crecimiento profesional de los técnicos para poder realizar un adecuado plan de mantenimiento de acuerdo a las especialidades y necesidades de las empresas (Sobrino, 2020).

Ante lo mencionado, en la empresa minera Los Quenuales S.A. se tiene deficiencia en la gestión de mantenimiento teniendo poca disponibilidad de los equipos, ocasionando paros imprevistos en el proceso a consecuencia de la falta de cumplimiento de un programa de mantenimiento preventivo de los equipos del área de chancado en la planta concentradora; ocasionando que muchas veces se llegue a realizar un mantenimiento correctivo generando altos costos en mano de obra especializada y repuestos, obteniendo una (OEE) de solo 77%. Para este caso se pretende implementar el TPM para incrementar la eficiencia y este dentro de los parámetros permisibles mayores a 90%.

Para realizar el adecuado análisis de las causas que originan la deficiencia en la gestión de mantenimiento en taller eléctrico planta de la minera Los Quenuales S.A. se recurrió inicialmente el diagrama de Ishikawa. En este diagrama se especifican los factores del problema respecto a la mano de obra, los materiales, el medio ambiente, las mediciones, los métodos y las máquinas (Ver figura 2).

Asimismo, para mejorar el análisis se realizó la matriz de correlación; en donde, 3= Fuerte, 2=Media, 1= Débil, 0=No hay relación, considerando las causas mostradas en el diagrama de Ishikawa. Con la elaboración de dicha matriz se halló que las causas que tenían mayor relación la deficiencia de la gestión del mantenimiento eran: el nivel de cumplimiento, los indicadores de disponibilidad, la demora del personal, la falta de supervisión y el personal no calificado. (Ver tabla 1).

Figura 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Matriz de correlación

		Causas que originan deficiencia en la gestión de mantenimiento																		Correlación	
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18		
1	Nivel de incumplimiento	C1		3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3	46
2	Indicadores de disponibilidad	C2	3		3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	49
3	Falta de seguimiento	C3	1	1		1	0	1	0	0	0	0	1	0	2	1	2	0	0	0	10
4	Demora del personal	C4	2	2	2		2	3	2	3	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3	43
5	No se cumple con estándar	C5	0	0	0	0		1	0	1	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	6
6	Falta de supervisión	C6	3	2	3	3	3		3	3	2	3	2	3	3	2	3	2	3	3	46
7	Falta control de calidad	C7	1	1	1	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	8
8	Materiales deficientes	C8	0	0	1	0	0	1	3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
9	No cuenta con inventario	C9	0	0	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	3	0	4
10	Orden y limpieza	C10	0	0	1	0	0	0	0	0	0		3	0	0	0	0	0	0	0	4
11	Espacio reducido	C11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	1
12	Exceso de polvo	C12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0		0	0	0	0	0	0	4
13	Incumplimiento con el cierre de reporte	C13	1	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	7
14	Personal no calificado	C14	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3		3	2	3	3	47
15	Programas incompletas	C15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		0	0	0	3
16	Tiempo de vida cumplida	C16	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0		0	0	3
17	Respuestas escasos	C17	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0		0	3
18	Fallas recurrentes	C18	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		3

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 2 se aprecia los resultados de la escala de ponderación con los resultados acumulados.

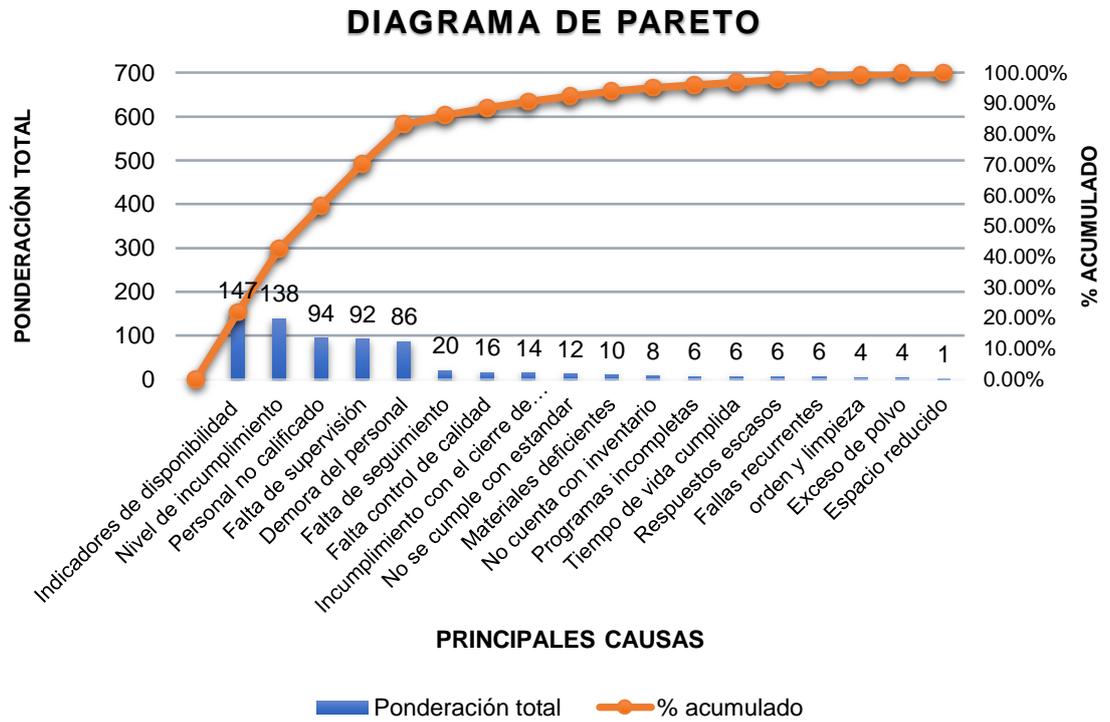
Tabla 2. Ponderación Total

	Causas que originan deficiencia en la gestión de mantenimiento	Puntaje de Correlación	Frecuencia	Ponderación total	%	Ponderación Acumulado	% acumulado
A	Indicadores de disponibilidad	49	3	147	21.94%	147	21.94%
B	Nivel de incumplimiento	46	3	138	20.60%	285	42.54%
C	Personal no calificado	47	2	94	14.03%	379	56.57%
D	Falta de supervisión	46	2	92	13.73%	471	70.30%
E	Demora del personal	43	2	86	12.84%	557	83.13%
F	Falta de seguimiento	10	2	20	2.99%	577	86.12%
G	Falta control de calidad	8	2	16	2.39%	593	88.51%
H	Incumplimiento con el cierre de reporte	7	2	14	2.09%	607	90.60%
I	No se cumple con estándar	6	2	12	1.79%	619	92.39%
J	Materiales deficientes	5	2	10	1.49%	629	93.88%
K	No cuenta con inventario	4	2	8	1.19%	637	95.07%
L	Programas incompletas	3	2	6	0.90%	643	95.97%
M	Tiempo de vida cumplida	3	2	6	0.90%	649	96.87%
N	Respuestas escasos	3	2	6	0.90%	655	97.76%
O	Fallas recurrentes	3	2	6	0.90%	661	98.66%
P	Orden y limpieza	4	1	4	0.60%	665	99.25%
Q	Exceso de polvo	4	1	4	0.60%	669	99.85%
R	Espacio reducido	1	1	1	0.15%	670	100.00%
	TOTAL	292		670			

Fuente: elaboración propia

Además, en la figura 3 se observa el diagrama de Pareto con los problemas que afectan directamente al nivel de disponibilidad de los equipos de mantenimiento.

Figura 3. Diagrama de Pareto



Fuente: elaboración propia

En la tabla 3 se muestran las causas por áreas donde se observa que las causas líderes el área de mantenimiento con un total de 505 puntos donde se debe proponer mejoras de la gestión de mantenimiento.

Tabla 3. Causas por áreas

Causas que originan deficiencia en la gestión de mantenimiento	Acumulado	Áreas	Puntuación
Indicadores de disponibilidad	147	Mantenimiento	505
Nivel de incumplimiento	138		
Demora del personal	86		
Personal no calificado	94		
Falta de seguimiento	20		
Programas incompletas	6		
Incumplimiento con el cierre de reporte	14		
Falta de supervisión	92	Gestión	132
Respuestas escasos	6		
Materiales deficientes	10		
No cuenta con inventario	8		
Falta control de calidad	16		
No se cumple con estándar	12	Procesos	33
Orden y limpieza	4		
Fallas recurrentes	6		
Tiempo de vida cumplida	6		
Exceso de polvo	4		
Espacio reducido	1		

Fuente: elaboración propia

En tabla 4, al analizar las principales alternativas de solución, para la metodología lean manufacturing se obtiene una puntuación de 6 la cual se descarta debido a que la metodología se encuentra enfocada en la mejora del proceso productivo y la mejora continua. En el caso del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) obtuvo una puntuación de 12, esta técnica es utilizada para mejorar la gestión de mantenimiento y se encuentra dentro de las opciones de la empresa, pero no se considera porque el proceso de implementación toma mayor tiempo en concientizar a los trabajadores para el cambio de actitud. Por último, la metodología del TPM obtuvo una puntuación de 16, la cual es el más recomendable para poder dar solución a la poca eficiencia en la gestión de mantenimiento en la empresa en mención que busca la mayor disponibilidad de los equipos.

Tabla 4. Alternativas de solución

Alternativas	Solución del problema	Costos de la aplicación	Facilidades de Ejecución	Tiempo de ejecución	Total
TPM	5	5	3	3	16
RCM	3	3	3	3	12
Lean Manufacturing	0	0	3	3	6

Donde: Malo (0) - bueno (3) - excelente(5)

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5, se observan las causas en las distintas áreas (mantenimiento, gestión y procesos), con todos los problemas planteados y las alternativas de solución. En donde se determina que implementando la metodología TPM se mejorará el nivel de eficiencia de la gestión de mantenimiento en la empresa minera Los Quenuales SA, Casapalca, 2021.

Tabla 5. Matriz de priorización

	Consolidación de causas por áreas	Métodos	Mano de obra	Materiales	Medición	Medio ambiente	Nivel de criticidad	Total del problema	Porcentaje	Impacto	Calificación	Prioridad	Medidas de solución
Mantenimiento	158	200	0	147	0	Alto	505	75%	5	2525	1		TPM
Gestión	0	92	24	16	0	Medio	132	20%	3	396	2		RCM
Procesos	12	0	12	0	9	Bajo	33	5%	2	66	3		Lean Manufacturing
Total de problemas	170	292	36	163	9		670	100%					

Fuente: elaboración propia

De esta manera, se busca responder al problema general: ¿Cómo la aplicación del TPM mejorará la (OEE) de la gestión de mantenimiento en la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021? Así como los problemas específicos: (1) ¿Cómo la aplicación del TPM mejorará la disponibilidad de equipos de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021?, (2) ¿Cómo la aplicación del TPM mejorará el rendimiento de equipos de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021?, (3) ¿Cómo la aplicación del TPM mejorará la calidad de los equipos de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021?

Para Bernal (2010) indica que la justificación práctica de una investigación sirve: para poder comprobar que la teoría es buena. Por ello se debe saber relacionar la práctica con la teoría, esto enseña a solucionar problemas complejos y poder proponer métodos que al aplicarse ayuden a mejorar y si es factible solucionar el problema. Basado en ello, con la aplicación del TPM se busca mejorar eficiencia de la gestión del mantenimiento en la empresa minera Los Quenuales S.A.

Asimismo, al escoger un método adecuado de investigación (Ñaupas *et al.*, 2018) se justifica metodológicamente la investigación al permitir encontrar la causa raíz de la deficiente gestión de mantenimiento, respetando un registro técnico al momento de su aplicación de los estándares y procedimientos, así como manteniendo un riguroso seguimiento al plan de mantenimiento.

Además, como justificación económica según Baena (2017) la investigación debe responder a si la inversión puesta beneficiará económicamente al sujeto de estudio; basado en ello, la implementación del TPM permitirá reducir los costos de mantenimiento correctivo que puedan suscitarse en pleno proceso productivo y reducir el nivel de incumplimiento del plan de mantenimiento preventivo de la chancadora N°01. Esto involucra no sólo las reparaciones complejas, sino que también los producidos por una mala operación de los equipos en pleno proceso; de modo complementario estos costos fijos están relacionados con la efectividad del servicio que se brinda a las operaciones, así como los costos implícitos en el incumplimiento de los estándares de calidad.

De este modo, se plantea como **objetivo** principal: Aplicar el TPM para mejorar la (OEE) de la gestión de mantenimiento en minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021. Así como los objetivos específicos: (1) Emplear el TPM para mejorar la disponibilidad de equipos de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021. (2) Emplear el TPM para mejorar el rendimiento de equipos de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021, (2) Emplear el TPM para mejorar la calidad de los equipos de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.

Dando respuesta a estos objetivos de investigación se podrá responder a su vez a la **hipótesis** general: La aplicación del TPM mejorará la (OEE) de la gestión de mantenimiento de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021. Así como a las hipótesis específicas: (1) La aplicación del TPM mejorará la disponibilidad de equipos de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A.,

Casapalca 2021. (2) La aplicación del TPM, mejorará el rendimiento de equipos de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021. (3) La aplicación del TPM, mejorará la calidad de los equipos de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Xiang y Feng (2020) en su artículo "*Implementing total productive maintenance in a manufacturing small or medium-sized enterprise*" tuvo como **objetivo** determinar un modelo de TPM para las pymes, para ello se utilizó como metodología de **tipo** aplicada, de nivel descriptivo y diseño experimental apoyado de la revisión literaria para desarrollar apropiadamente el modelo. Como **resultados** se determinó que las pymes tenían limitaciones para poder adaptarse debido a que el sistema era rudimentario y utilizaban una suma relativamente pequeña en tema de inversión de capital y recursos. Además, se aumentó la eficiencia de los equipos de 54.23% a 66.90% para cumplir con el objetivo trazado para el 2020. También se obtuvo una reducción de carga de los recursos humanos y financieros de la empresa, en donde el modelo reducía la inoperatividad de los equipos y creaba un programa práctico de mantenimiento en torno al equipo clave. Como **conclusión** el modelo recomienda la implementación del TPM en tres etapas: saber, planificar y mantener. **Por lo tanto**, se toma como referencia el artículo por diseñar una mejora en la eficiencia de los equipos a través de la implementación del TPM con un modelo simple para pequeñas y medianas empresas

Guedes *et al.* (2020) en su artículo titulado "*The role of motivation in the results of productive maintenance*" tuvo como **objetivo** analizar el papel de motivación de los equipos de trabajo en las líneas de producción, obtenidos con la aplicación de un programa de TPM. Para ello se utilizó el **método** de investigación de caso de estudio exploratorio donde se utilizaron datos de desempeño de dos líneas de producción de una misma empresa que utilizó una medida de motivación con 18 empleados del equipo de trabajo participantes en la implementación del TPM, comparándolo con medidas de desempeño operativo. También utilizaron

entrevistas no estructuradas y observación no participante para la recopilación de dato. Además, se estudió el rol importante que juega el factor de la motivación en el desempeño operacional de los colaboradores. Como **resultado** el estudio analizó el papel de motivación de dos líneas de producción de una empresa industrial obteniendo que un nivel mayor de motivación se asocia con un cambio positivo en el desempeño operativo y la implementación del programa TPM tiene un efecto positivo en el desempeño operativo. Finalmente, se **concluyó** que el papel importante en el estudio de caso fue la motivación en el proceso de implementación, y no en las operaciones diarias de las empresas que utilizaron TPM. Esto constituye una contribución adicional a la investigación.

Habidin *et al.* (2019), en su artículo titulado “*The implementation of total productive maintenance in Malaysia automotive industry*” se centró en el **objetivo** de determinar que la implementación del TPM iba más allá que un sistema de mantenimiento tradicional, que no sólo buscaba evitar daños a los equipos, sino que también buscaba aprovechar la vida útil de estos. Fue un estudio de **tipo** aplicado, nivel de investigación explicativo y de diseño experimental. Se utilizó el método de la encuesta aplicando 400 cuestionarios a la industria automotriz de Malasia, arrojando una tasa de respuesta del 57.25%. Donde el **resultado** del análisis determinó que existían cuatro dimensiones aceptables: el mantenimiento autónomo (AM), el mantenimiento planificado (PM), la educación y formación (ET) y el mantenimiento de calidad (QM). Estas dimensiones indicaron que las interdependencias contribuían a la implementación exitosa. En tanto, los autores **concluyeron** que se debe proporcionar una buena formación a los colaboradores para obtener una efectividad en la implementación y comprensión de su eficacia. Se toma como referencia este artículo por proporcionar orientación en la implementación y recomendaciones para la industria, así como brindar una forma de cerciorar que el equipo se mantenga en óptimas condiciones y que esté disponible en cualquier momento que se requiera. Asimismo, promueve un mantenimiento preventivo que involucra a todos los colaboradores desde el nivel inferior hasta el nivel superior de gestión.

Nallusamy *et al.* (2018), en su artículo *“Implementation of Total Productive Maintenance to enhance the overall equipment effectiveness in medium scale industries”*, tuvo como **objetivo** mejorar la efectividad de los equipos y la implementación de un mantenimiento autónomo en una industria de fabricación de tubos PVC de mediana escala. Para mejorar la efectividad y disponibilidad del equipo fue necesario motivar al trabajador, aumentando su participación, y mejorando la calidad. Por lo que el estudio se basó en la metodología de tipo aplicativo, de nivel de investigación **descriptivo** y de diseño **no experimental**. Según el método de estudio se determinó que la eficiencia estaba por debajo del nivel aceptable en términos de mantenimiento planificado, que apoyado en la presencia de una OEE fue muy baja. La implementación del TPM fue necesario para levantar el nivel actual de la OEE más cerca del promedio mundial de 60%. Como resultado se pudo determinar que la implementación del TPM mejoró el OEE, teniendo como dato inicial 55.45%, y después de la implementación un aumento a 68.04%. Por lo tanto, se pudo concluir que se incrementó aproximadamente un 13% al reducir la tasa de rechazo y el tiempo de ciclo para satisfacer la demanda en el momento adecuado. El presente artículo representa en forma conceptual la importancia de implementar TPM para lograr mejoras en la gestión de mantenimiento en una empresa industrial.

Díaz *et al.* (2017) con su artículo *“Instrument to assess the status of maintenance management on bioproduct plants: case study”*, indicó que el objetivo era dar una evaluación al sistema de gestión de mantenimiento de plantas de bioproductos mediante la aplicación de un instrumento. Fue un estudio de tipo aplicado, con nivel de investigación descriptivo y de diseño no experimental. El método utilizado fue por medio de encuestas a cinco especialistas con experiencia en mantenimiento y producción. Los resultados ayudaron a diagnosticar el estado del mantenimiento de las plantas de bioproductos con datos reales. Asimismo, los autores observaron que las áreas de producción estaban al mismo nivel con el área de mantenimiento, respecto a la toma de decisiones, mostrando como referencia el 90.8%. En conclusión, se logró cuantificar la variable de gestión de mantenimiento, consiguiendo satisfacer las exigencias de validez y confiabilidad del 90.8%,

declarado excelente. Se toma en referencia el artículo por presentar un estudio de implementación del sistema de gestión de mantenimiento mediante indicadores.

Mehmeti et al. (2018) con su artículo "*The equipment maintenance management in manufacturing enterprises*" se enfocó en resaltar la importancia de la gestión de mantenimiento en las empresas manufactureras de Kosovo. Se utilizó el método de análisis documental relacionado al tipo de mantenimiento que se utilizaba, preventivo o correctivo; así como la vigencia de las máquinas y las fallas detectadas en los sistemas. De ello, los resultados fueron que el 81% significaba al mantenimiento preventivo lo que ayudaba a que la calidad de la producción no se viera afectada. Sin embargo, más del 50% de los trabajadores no estaban debidamente capacitados; y el 77% de las máquinas que presentaban fallas tenían menos de 10 años de antigüedad. Adicionalmente, el 44% de fallas estaban relacionadas con el suministro eléctrico y el tema electrónico; además, un 17% se daba por descuido de los operadores. Ante ello, los autores concluyeron que para mejorar la gestión del mantenimiento la solución se hallaba en la formación y capacitación en los operadores en sistemas eléctricos y electrónicos.

Obeso et al. (2019) con su artículo "*Implementación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora de la productividad y mantenibilidad del proceso de harina de pescado*" buscó lograr el objetivo de implementar el TPM en el proceso de harina de pescado en una empresa industrial con el fin de que este mejore en cuanto a su productividad y mantenibilidad (p.128). Además, fue una investigación de "diseño preexperimental, teniendo al TPM como variable independiente, y dos variables dependientes: la productividad y mantenibilidad" (p.128). Para obtener los resultados se realizó un estudio del proceso productivo durante 25 días, llegando a conocerse una de las fallas, que fue el mantenimiento de los equipos; lo cual estaba asociado a la falta de capacitación del operario y a la mala gestión respecto al mantenimiento. Por lo tanto, se sugirió que se realizará un mantenimiento exhaustivo, siendo este programado para que los trabajadores sean capacitados, y se sientan motivados y comprometidos con la empresa. En conclusión, la aplicación piloto del TPM se redujo en 3.80% al mantenimiento de equipos, debido a que con ello ya existiría una programación respecto al mantenimiento de equipos, lo que

disminuiría la cantidad de reparaciones y el tiempo utilizado en ello; además de generar mayor productividad.

Castillo *et al.* (2018), con su artículo “*Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas*” tuvo como objetivo evaluar si el TPM impactaba positivamente en el desempeño operativo de las compañías industriales estudiadas. Fue un estudio exploratorio donde se utilizó de instrumento al cuestionario, el cual se compuso de 26 preguntas, de las cuales las primeras 19 se relacionaban a las dimensiones del TPM como: Mantenimiento autónomo y planificación y, Tecnología y Cultura integradora. Por otro lado, las 7 interrogantes restantes eran referentes al desempeño operativo de las compañías, teniendo como indicadores, la disponibilidad, confiabilidad y calidad. Los resultados obtenidos fueron que las dimensiones que causaban un impacto positivo en el desempeño operativo del área de mantenimiento eran la tecnología, el mantenimiento autónomo, y la cultura integradora. En conclusión, las dimensiones del TPM ayudaban en el desempeño operativo, causando la confiabilidad, la disponibilidad y la calidad. En tal sentido, el TPM permite tener un valor agregado, antecediendo a los empresarios a hechos y logrando que el equipo de trabajo esté disponible, así como que sus actividades se desarrollen con calidad; mejorando de esta manera el área de mantenimiento.

Sánchez y Lozada (2014), con su artículo “*Mantenimiento productivo total TPM como herramienta de mejoramiento continuo*” se centró en desarrollar el **objetivo** de mejorar el sistema productivo de la empresa Siemens, mediante la incorporación de un sistema que previene pérdidas en las operaciones. Para lo cual realizó el plan maestro del TPM, y una capacitación sobre el ello a los trabajadores. De Esta manera, se utilizó la metodología de tipo aplicada y de diseño no experimental. De ello, los resultados del diagnóstico indicaron que los trabajadores se sentían comprometidos con la mejora continua del mantenimiento productivo, desde la alta gerencia hasta las demás áreas. En conclusión, la implementación de un programa o sistema que ayude a mejorar los procesos de la empresa se verá reflejado en sus costos y en sus productos y/o servicios ofrecidos; donde se conseguirá una cultura empresarial basada en trabajo en equipo e innovación constante, lo que implica la

adaptación a cambios propuestos de una manera rápida; logrando los objetivos en común que es brindar una buena atención al cliente.

Mateo (2015), con su tesis doctoral titulada “*Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) Aplicación en una empresa industrial, en la Universidad Politécnica de Valencia*”, planteó el objetivo de lograr una implementación en por lo menos el 70% de los equipos de la empresa. Dentro de la metodología, se consideró a todos los equipos del área de mantenimiento como población, tomando como muestra a un equipo piloto que sirvió como modelo para su posterior implementación en los demás equipos y áreas de la empresa. De acuerdo a la aplicación de un análisis longitudinal en ambas implementaciones del TPM, en el periodo del 2000 al 2003 se obtuvo una mejora de 11%, y en relación al periodo 2011 a 2014 donde se validó el modelo integrador se mejoró en 24%; por lo cual para poder sostenerlo en el tiempo fue necesario involucrar a todos los colaboradores de la empresa. Como conclusión se pudo determinar que era beneficioso implementar el TPM, ya que no modificó o interfirió en las metodologías de su aplicación, al contrario, ayudó a reforzarlas. Esta investigación muestra que para la implementación se requiere también centrar los esfuerzos de cada uno de los colaboradores, reforzando aspectos esenciales que sean parte del desarrollo.

Mesías (2017) en su tesis titulada “*Mejorar la gestión de mantenimiento en la planta de procesados cárnicos San Carlos aplicando mantenimiento productivo total TPM*” tuvo como objetivo enfocarse en el mejoramiento de la gestión de mantenimiento aplicando TPM en la planta de productos cárnicos procesados. Se utilizó un estudio de tipo aplicado, tomando como población a 18 equipos divididos en: línea de continua GEA (3 equipos), embudoras (3 equipos), hornos (6 equipos), enfriadores intensivos (3 equipos), corte (3 equipos). Además, se tomó como referencia la criticidad de los equipos para sacar la muestra obteniendo las máquinas embudoras, la cual fue la base de estudio de la investigación. Por otro lado, se utilizó el método sintético analizando y sintetizando la información obtenida, lo que permitió estructurar las ideas. Como resultados se obtuvo mejoras en la implementación del TPM para la gestión de mantenimiento, incrementando las

órdenes de trabajo a 90%. De MTBF se obtuvo un promedio de 36 horas., y la disponibilidad de los equipos alcanzó un valor de 94%. El OEE obtuvo un crecimiento hasta el 72%. Del estudio se concluyó que a través de la implantación del TPM se mejoró el nivel de cumplimiento de los mantenimientos preventivos, se redujeron los costos incurridos en compras de repuestos, ello apoyado de las reuniones con los colaboradores. Se toma referencia de la tesis por presentar un caso de estudio que va directamente relacionado en la mejora de la gestión de mantenimiento aplicando TPM.

Rodríguez (2017), con su tesis "*Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM), para mejorar la productividad en el proceso de corte de metales de la empresa Exanco S.A.C., Lurín*", se enfocó en desarrollar el objetivo de optimizar el cuidado de los equipos mediante la implementación de un programa de TPM que incremente la disponibilidad del equipo y así contribuir a mejorar la productividad. Se utilizó un estudio de tipo de investigación aplicada, tomando como población las piezas de metal producidas durante 40 días. Como resultados se presentó que la eficiencia fue del 98% a comparación del anterior de 93%; por lo tanto, se concluyó que hubo un incremento porcentual del 5%. Además, el resultado determinó que la aplicación de la propuesta mejoraba la eficacia en el proceso de corte de metales en la empresa en mención. De acuerdo a los resultados de la prueba se observó que existía una notoria diferencia en la medida de la eficiencia en comparación con los datos que obtuvieron sin la aplicación del sistema. Se toma como referencia por presentar un estudio de caso real de la implementación del TPM en una empresa industrial.

A continuación, se desarrollan las teorías relacionadas al tema de investigación:

Según Moreno y Calvillo (2018), el Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una herramienta con altos niveles de valorización tanto para las áreas productivas como para las de mantenimiento de cualquier empresa. La buena implementación de este sistema, donde se involucre a todos los colaboradores trae a la organización diversos beneficios, dentro de los cuales se incrementa la disponibilidad de los

equipos y maquinarias que intervienen directamente en el proceso productivo y así los beneficios económicos que representan para la empresa.

Además, según Marín y Mateo (2013) los objetivos de la implementación de esta herramienta son: cero paradas de producción, cero defectos y cero accidentes. Cuando se logra ello, el periodo de producción mejora, los costos de mantenimiento se reducen, los inventarios pueden ser minimizados, y, en consecuencia, la producción incrementa. Entonces, se concluye que el objetivo global del TPM es la formación de una cultura empresarial que alcance la máxima disponibilidad posible de todos los equipos que participan en el proceso productivo.

Adicionalmente, el TPM requiere involucrar a todas las áreas que diseñan, planean, usan y están en el mantenimiento de los equipos, durante la implementación del TPM. De esta manera, los colaboradores deben ser parte activa, contando con la participación desde la alta dirección hasta los trabajadores que operan en planta, los cuales deben ser motivados mediante actividades que ayuden a promover el TPM. Por lo que además se logrará desarrollar un sistema que logre mantener disponibles a los equipos durante su ciclo de vida.

Para el proceso de implementación de un programa TPM se debe manejar información clara en todas las áreas involucradas, indicando las intenciones y expectativas en relación al método; en seguida, se debe elaborar un programa introductorio a todos los supervisores y facilitadores de capacitaciones con un lenguaje sencillo, orientado al propósito que se quiere conseguir a los demás empleados. En relación a ello, Marín y Mateo (2013) señalan que debe existir una conexión lógica entre la implementación del TPM y el desarrollo del programa en la empresa, de este modo la implantación se logrará de forma exitosa. Asimismo, los autores indican que la implementación está definida por las fases de preparación e implementación del TPM, las cuales para la presente investigación serán consideradas como las dimensiones de la variable del Mantenimiento Productivo Total.

En relación a la primera fase, Marín y Mateo (2013) indican que se busca la preparación del objetivo principal del programa TPM y el logro del máximo

rendimiento de los equipos, comprometiendo al personal a dirigir su comportamiento hacia la mantenibilidad de estos equipos. El inicio de esta fase se da con el anuncio a cargo de la alta gerencia sobre el comienzo del trabajo con el sistema TPM, y culmina al formular el plan maestro de desarrollo. En detalle, la preparación está conformada por 5 etapas: (1) Los trabajadores tienen que sentirse parte de la empresa, estando convencidos de que son importantes para esta. (2) Luego, se realiza una capacitación de inducción al TPM, de acuerdo al nivel ocupacional de los trabajadores. (3) Para promocionar el TPM, tiene que haber un área definida para ello; el cual debe estar conformado por un grupo de trabajo que conoce muy bien del tema. (4) Posteriormente, las políticas y objetivos del TPM deben ir de la mano con la política de la empresa. (5) Por último, la importancia del plan maestro es fundamental puesto que este ayuda a diseñar las actividades para lograr los objetivos (Marín & Mateo, 2013).

Para conocer si en esta etapa se cumplió con lo esperado del plan de TPM, Marín y Mateo (2013) proponen medirlo a través del siguiente indicador:

Figura 4. *Índice de cumplimiento de preparación*

$$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$$

Donde :
Ndc= Nivel de cumplimiento
Ro= Resultado Obtenido
Re=Resultado esperado

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la fase de implantación del TPM, sucede cuando el plan maestro ya está aprobado. En esta fase también debe incentivarse a los trabajadores, por lo que se realizan reuniones informándoles el desarrollo del plan que se desea seguir y del cual ellos son parte esencial, generando su compromiso. Según Marín y Mateo (2013), esta fase está compuesta de 6 etapas:

(1) La primera etapa consiste en realizar mejoras orientadas a buscar la máxima disponibilidad de los equipos entre el personal involucrado como son los profesionales en ingeniería de producción, mantenimiento y el área operativa, de

esta forma las mejoras ayudarán a que las pérdidas sean mínimas debido a que fueron evaluados cuidadosamente.

(2) Como segunda etapa, se requiere del involucramiento de los operarios en el mantenimiento rutinario, para evitar el deterioro acelerado, controlando la contaminación mejorando las condiciones de funcionamiento del equipo.

(3) Posterior a ello, se procede a ejecutar el mantenimiento programado abarcando sus tres tipos: correctivo, preventivo y predictivo.

(4) La cuarta etapa consiste en la identificación de los aspectos que generen bajos rendimientos del personal, para pasar a su capacitación, la cual ayudará a que adquieran mayores conocimientos, y mejoren sus capacidades y habilidades.

(5) En seguida, se elabora un programa con base de datos de información.

(6) Finalmente, se procede a la promoción de un plan de gestión de seguridad en el entorno, previniendo accidentes y analizando posibles fallas que puedan presentarse.

De igual manera, la fase de implantación del TPM es medida respecto a su nivel de cumplimiento con el siguiente indicador (Marín & Mateo, 2013):

Figura 5. Índice de cumplimiento de implantación

$$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$$

Donde :

Ndc= Nivel de cumplimiento

Ro= Resultado Obtenido

Re=Resultado esperado

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, respecto a la revisión teórica de la eficiencia de la gestión del mantenimiento, es primordial comprender que el proceso de mantenimiento implica una gestión estratégica, táctica y operativa (Gallego & García, 2019), la cual no sólo debe ser relacionada con el estado de los equipos sino con el rol decisivo en el que participa para optimizar costos y maximizar la productividad en diferentes compañías de los sectores industriales (Mehmeti et al., 2018). No obstante, el mantenimiento no capta la atención requerida de los que gestionan estas empresas, provocando que su eficiencia sea cada vez menor. En este sentido, se

hace necesario señalar que el mantenimiento también dependerá de los métodos que se utilicen, sean preventivos que evitan fallas en los sistemas, o correctivos que arreglan y solucionan las fallas ya suscitadas (Mehmeti et al., 2018).

Para Álvarez y Sánchez (2015) la eficiencia de la gestión de mantenimiento es el conjunto de medidas sistemáticas para el análisis de la adecuada utilización de recursos en una línea de producción de una empresa, lo que ayuda a minimizar pérdidas, y en algunos casos hasta eliminarlas. Asimismo, los autores señalan la relevancia de que para producir deben estar disponibles los equipos y recursos en óptimo estado, por ende, se podrá utilizar el tiempo también óptimamente. Ello también se ve sustentado por Suryaprakash *et al.* (2020) quienes señalan que el propósito es mejorar los niveles de eficiencia con datos e información real del uso de los equipos. De esta manera, la eficiencia de la gestión de mantenimiento (OEE) es definida por Álvarez y Sánchez (2015) como:

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times calidad$$

Debido a que la disponibilidad al ser parte de la OEE, para la investigación será considerada como una dimensión de la eficiencia de gestión de mantenimiento. Ante ello, es preciso definirla como la proporción del tiempo que se dispone en referencia a la producción, es decir el tiempo que se dedica al proceso productivo en relación al tiempo planificado, siendo importante analizar las paradas y determinar si estuvieron programados o no (Álvarez & Sánchez, 2015). De acuerdo a lo revisado por Larrañaga et al. (2017), numéricamente la disponibilidad se obtiene de la siguiente relación:

$$D(\%) = \frac{T_o}{T_p} * 100\%$$

Donde:

D = Disponibilidad

To = Tiempo operativo

Tp = Tiempo planificado

La segunda dimensión considerada para la eficiencia de gestión de mantenimiento es el rendimiento, el cual es la relación existente entre el tiempo de la producción real y la producción tiempo operativo, viéndose afectado por los ajustes del sistema o las reducciones de velocidad (Álvarez & Sánchez, 2015). Según Larrañaga et al. (2017), el rendimiento se obtiene de la relación del rendimiento actual de los equipos dependiendo de su capacidad de desempeño, y se puede medir a través de la siguiente fórmula:

$$R(\%) = \frac{Tf}{To} * 100\%$$

Donde:

R = Rendimiento

Tf = Tiempo funcionando

To = Tiempo operativo

La Tercera dimensión considerada para la eficiencia de gestión de mantenimiento es la calidad, el cual nos indica la máxima satisfacción del servicio ofrecido con una operación teórica, estos pueden ser afectados por la mala calidad de servicio ofrecido en la reparación de los equipos. (Álvarez & Sánchez, 2015). Según Larrañaga et al. (2017), La calidad se obtiene de la relación existente entre tiempo de la producción real menos paradas no previstas con respecto al tiempo de la producción real dependiendo de su capacidad de desempeño, y se puede medir a través de la siguiente fórmula:

$$C(\%) = \frac{(Tf - Pnp)}{Tf} * 100\%$$

Donde:

C = Calidad

Tf = Tiempo funcionando

Pnp = Paradas no previstas

Un factor importante a considerar en una adecuada gestión del mantenimiento es la informática, De la Fuente et al. (2018) resaltan su importancia, la cual brinda alternativas de desarrollo de aplicaciones, programas o software que faciliten información y modelos operativos para la detección de fallas y problemas en los equipos y maquinarias de las compañías, como los modelos que utilizan diagramas de UML y BPMN. De esta manera, los expertos elaboran sistemas integrados que controlen los factores relacionados a los puntos críticos de los equipos, y la información recolectada puede ser revisada y utilizada en tiempo real por los operadores, los encargados de área y administradores de las compañías para que se tomen las decisiones requeridas.

En este sentido, el desarrollo tecnológico y la industria 4.0 permite que la eficiencia de la gestión de mantenimiento incremente sus niveles, ello respaldado en los análisis de datos que brindan estos sistemas y la inteligencia artificial que se centran en la simulación de actividades y situaciones, y en menor proporción en el desarrollo de tareas o esfuerzos de planificación o cálculos de reajustes (Gallego & García, 2019).

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El trabajo de investigación es de tipo aplicada, según Vargas (2009) define la investigación aplicada como aquella que se caracteriza por ser “un proceso investigativo científico, serio y riguroso” (p.156), en donde se busca aplicar los conocimientos adquiridos a una realidad en específico. El análisis a realizar en el trabajo de investigación está directamente asociado a las investigaciones científico-teóricas para ponerlas en práctica buscando un modelo de aplicación del TPM para mejorar la OEE de los equipos de chancado a base del cumplimiento del programa de mantenimiento en minera Los Quenuales.

Enfoque de investigación

Dado que realizará una recolección de datos para justificar la hipótesis, el enfoque de la investigación será cuantitativo. Para Sousa *et al.* (2014), la investigación cuantitativa requiere del análisis de los números con el fin de responder a las interrogantes del estudio.

En tal caso, se analizarán los datos obtenidos de los indicadores de la OEE y del TPM mediante los programas mensuales de mantenimiento preventivo de los equipos críticos operativos pertenecientes a la empresa minera los Quenuales S.A.

Nivel de investigación

Asimismo, la investigación será de nivel explicativo debido a que la finalidad es explicar las causas que están originando un evento; como lo indica Ñaupas *et al.* (2018), la intención de una investigación explicativa es determinar las causas o motivos por los que son generados un determinado evento o problema, para lo cual se requerirá explicar este fenómeno; así como “el nivel en el que influye la variable independiente sobre la dependiente” (p.367).

Diseño de investigación

El diseño será preexperimental Para Hernández S. *et al.* (2010), define como un boceto de un único conjunto, cuyo índice de comprobación es mínimo. Genéricamente es apropiado como primera aproximación a la incógnita de investigación en la realidad (p. 141).

Se usa el tipo preexperimental porque se realizará un diagnóstico solo a un grupo experimental de estudio que es la chancadora N°01 y no existe la posibilidad de comparar con otro grupo de control.

Diseño pre prueba y pos prueba con un solo grupo

Zumaran, *et al* (2017). Explica que a un solo grupo se le adapte una prueba antes del tratamiento experiemetal, posterior se le otorga el tratamiento y por ultimo se le adapta un prueba posterior al tratamiento (p.45). Este diseño se puede resumir en la siguiente figura:

$$G \quad O_1 \quad X \quad O_2$$

Donde:

G= Grupo de sujetos

O₁=Observación 1

X= Estímulo o tratamiento

O₂=Observación 2

3.2. Variables y operacionalización

En cuanto a la **variable independiente** se presenta al Mantenimiento Productivo Total (TPM), el cual para Moreno y Calvillo (2018) es uno de los sistemas fundamentales que garantiza mejoras tangibles e intangibles en la empresa, manteniendo un nivel óptimo de los equipos, maquinaria e instalaciones productivas, de lo cual se obtiene una disminución de las inversiones en temas de reparaciones complejas que traen consigo paradas innecesarias. Para esta variable se consideran como dimensiones a la fase de Preparación y a la fase de Implantación, ambas serán medidas con el índice de cumplimiento. (Ver figura 6 y 7).

Figura 6. *Índice de cumplimiento de implantación*

$$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$$

Donde :
 Ndc= Nivel de cumplimiento
 Ro= Resultado Obtenido
 Re=Resultado esperado

Fuente: elaboración propia

Figura 7. *Índice de cumplimiento de implantación*

$$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$$

Donde :
 Ndc= Nivel de cumplimiento
 Ro= Resultado Obtenido
 Re=Resultado esperado

Fuente: elaboración propia

La fase de preparación debe estar alineada con el objetivo principal del programa TPM, comprometiendo al cambio de comportamiento del personal hacia la mantenibilidad de los equipos, así como la capacitación e inducción del personal a las políticas y objetivos del TPM que deben estar en concordancia con las políticas organizacionales. Así, se elabora el plan maestro del TPM, el cual al ser aprobado da inicio a la fase de implantación (Marín & Mateo, 2013).

Para la fase de implantación es necesario incentivar a los trabajadores mediante reuniones informándoles el desarrollo del plan que se desea seguir y del cual ellos son parte esencial, generando su compromiso. Esta fase consiste en realizar las mejoras a través de la ejecución del mantenimiento programado apoyado de un sistema de base de datos que servirá para la identificación posterior de posibles problemas y fallas que puedan presentarse en los equipos (Marín & Mateo, 2013).

Por otro parte, como **variable dependiente** se tiene a la eficiencia global de los equipos (OEE), la cual es definida por Cuatrecasas y Torrel (2010) como “la búsqueda de la máxima eficiencia de los equipos por medio de la ejecución de las actividades de mejora continua enfocadas en los determinantes que estén relacionados a los coeficientes de disponibilidad y rendimiento” (p.117). De esta manera, según Larrañaga et al. (2017) las dimensiones bajo las cuales se evaluarán la eficiencia de la gestión de mantenimiento serán la disponibilidad, rendimiento y calidad, con sus respectivos índices en las figuras 8, 9 y 10.

Figura 8. *Índice de disponibilidad*

$$D(\%) = \frac{T_o}{T_p} * 100\%$$

Donde :
D= Disponibilidad
To= Tiempo operativo
Tc=Tiempo de planificado

Fuente: elaboración propia

Figura 9. Índice de rendimiento

$$R(\%) = \frac{Tf}{To} * 100\%$$

Donde :
R= Rendimiento
Tf= Tiempo funcionando
To=Tiempo operativo

Fuente: elaboración propia

Figura 10. Índice de calidad

$$C(\%) = \frac{(Tf - Pnp)}{Tf} * 100\%$$

Donde :
C= Calidad
Tf= Tiempo funcionando
Pnp=Paradas no previstas

Fuente: elaboración propia

La dimensión de disponibilidad es identificada según Álvarez y Sánchez (2015), como la proporción del tiempo que se dispone en referencia a la producción, es decir el tiempo que se dedica al proceso productivo en relación al tiempo planificado (p.58).

En cuanto a la dimensión de rendimiento, según Álvarez y Sánchez (2015) es la relación existente entre el tiempo de la producción real y la producción teórica, viéndose afectado por los ajustes del sistema o las reducciones de velocidad (p.58).

En cuanto la dimensión de la calidad, según Álvarez & Sánchez (2015) es una proporción del tiempo efectivo de operación del equipo con respecto al tiempo real de operación, es por eso que la calidad está afectada por las paradas no previstas en proceso productivo (p.58).

Lo presentado anteriormente se resume en la matriz de operacionalización indicada en el anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Según Arias *et al.* (2016) la población con la cual se realiza un estudio “es un conjunto de casos definido, limitado y accesible con criterios predeterminados” (p. 201). De esta manera, para la población se utilizará la OEE diario del equipo crítico operativo: Chancadora Primaria (CHS N°01), que se encuentran dentro del área de chancado en la empresa minera Los Quenuales, cuyos datos servirán para el cálculo de los indicadores de OEE de la gestión del mantenimiento.

Por lo tanto, como criterio de inclusión se considerarán estos datos correspondientes al periodo de abril a junio de 2021, para la etapa de diagnóstico, y al periodo de agosto a octubre de 2021 para la etapa de la aplicación del TPM. En tal sentido, la población estará conformada por 183 datos de OEE diarios del equipo crítico operativo. Asimismo, se trabajará con todos los elementos de la población por lo que no se considerará algún criterio de exclusión, y todos los programas de los equipos serán evaluados.

Muestra

En cuanto al tamaño de la muestra se optó por utilizar la fórmula de población finita:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2(N-1) + Z^2 * p * q}$$

En donde:

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confianza deseado 95% entonces el valor será: 1.96

N = Tamaño de la población (183 datos)

e = Error de estimación máximo aceptado es de 5%

p = Probabilidad de que ocurra el error es del 50%

q = (1-p) probabilidad de que no ocurra el error

Según la fórmula se procede a hallar el tamaño muestral, considerando:

$$\frac{183 * (1.96)^2 * 0.50 * (1 - 0.50)}{((0.05)^2 * (183 - 1)) + ((1.96)^2 * 0.50 * 0.50)} = 124.17 \approx 124 \text{ Datos}$$

Muestreo

Zumarán, et al (2017), el muestreo es una herramienta de investigación científica, cuyo objetivo es definir una representación representativa para determinar a qué parte de la población se debe examinar, con el fin de realizar deducciones sobre una población en estudio (p.179). en el trabajo de investigación sea estimado un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5% para calcular el tamaño de la muestra, el cual se obtuvo un resultado de 124 muestras, para el trabajo no se aplicará la técnica de muestreo, no obstante, se utilizará el tamaño de la población total debido a que se cuenta con acceso al total de equipos críticos operativos y a sus programas mensuales de mantenimiento, además, al trabajar con la población se tendría una certeza estadística del 100% del diagnóstico en los periodos previos y posteriores a la aplicación del TPM mediante análisis documental completo de todos ellos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las investigaciones tienen diferentes formas de tratamiento y técnicas que permiten obtener resultados y cumplir con el objetivo de la investigación científico. En ese sentido, para el proyecto de investigación se recurrirá al análisis documental como técnica. El análisis documental pretende describir los datos de los documentos y representarlos sistemáticamente a través de la extracción, clasificación y traducción de datos (Dulzaides & Molina, 2014). Esta técnica se utilizará antes, durante y después de la implantación del TPM.

Por otro lado, es preciso indicar que para el análisis documental se utilizará como instrumento los formularios de los programas de mantenimiento preventivo de los equipos críticos operativos con el propósito de medir los indicadores de preparación, implantación, disponibilidad, rendimiento y calidad. De este modo

se podrá verificar si la aplicación del TPM causó el efecto positivo en la gestión de mantenimiento de estos equipos críticos.

Tabla 6. Técnicas e instrumentos

Variable	Técnica	Instrumento	Fuente de verificación
Matenimiento productivo total (TPM)	Análisis Documental	Formato de evaluación de cumplimiento	Busca la evaluación inicial, gradual y progresiva de la preparación de la metodología TPM
	Análisis Documental	Formato de evaluación de cumplimiento	Busca la evaluación inicial, gradual y progresiva de la implantación de la metodología TPM
OEE (Eficiencia global de los equipos)	Análisis Documental	Ficha de registro de disponibilidad del equipo	Registro de la disponibilidad diaria del equipo para el proceso
	Análisis Documental	Ficha de registro de Rendimiento del equipo	Registro del rendimiento diario del equipo en el proceso
	Análisis Documental	Ficha de registro de Calidad del equipo	Registro de calidad diario del equipo en el proceso

Fuente: elaboración propia

Asimismo, un instrumento de medición de datos para que sea aplicable según Hernández *et al.* (2010), se debe cumplir con los criterios de validez y confiabilidad. La validez indica si el instrumento presentado mide realmente a las variables de la investigación (Hernández S. *et al.*, 2010). Por lo que, para este proyecto de investigación se requirió de los certificados de validez otorgados por tres expertos temáticos, metodólogos y de investigación que evalúen la pertinencia, relevancia y claridad del contenido (Ver Anexo 3).

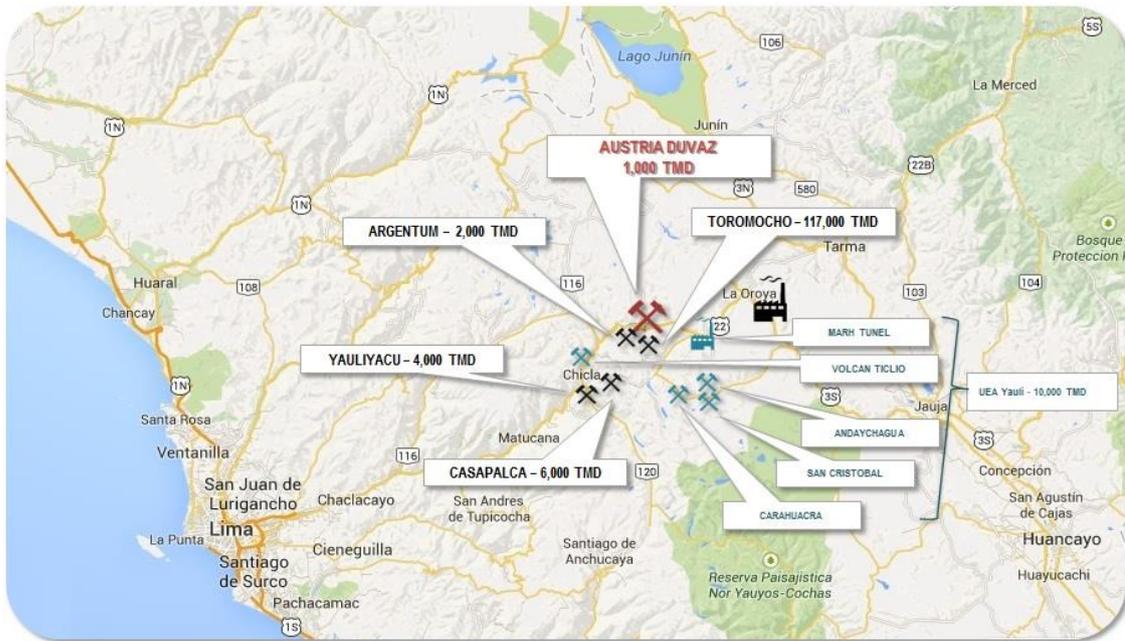
Por otro lado, la confiabilidad indica si con la aplicación del instrumento se obtendrán datos “consistentes y coherentes” (Hernández S. *et al.*, 2010, p.197). En tal sentido, los datos obtenidos de los programas de mantenimientos preventivos y las horas de funcionamiento del equipo son obtenidos del ERP SAP de la empresa con el consentimiento del jefe de área para analizar el estudio en cumplimiento con dicho criterio la información recolectada será fiable, basándose en el respeto a los principios éticos de la universidad (Universidad César Vallejo, 2020).

3.5. Procedimientos

La empresa minera Los Quenuales S.A. (EMQSA), es una minera polimetálica que tiene a cargo tres mineras ubicados en el departamento de Ancash, Cerro de Pasco y Lima. La empresa es subsidiaria de Glencore (Bermuda) Ltd., la cual posee aproximadamente el 97% de las acciones de EMQSA. Esta empresa fue constituida en el año 1996 como una compañía pública (del estado), pero en el año 2002 pasa a ser del sector privado al ser adquirida por Glencore. Entre las funciones principales de la empresa se tiene las operaciones de minado subterráneo para la producción de metales. Esta empresa extrae y comercializa zinc, plomo, cobre y plata.

La empresa minera los Quenuales S.A. unidad Yauliyacu está ubicado en la sierra limeña a más de 4200msnm en el distrito de Chicla provincia de Huarochirí y departamento de Lima, como se muestra en la figura siguiente:

Figura 11. Ubicación de la mina Yauliyacu



Fuente: Google Maps

Figura 12. Ubicación de la Unidad Minera Yauliyacu



Fuente: Google Maps

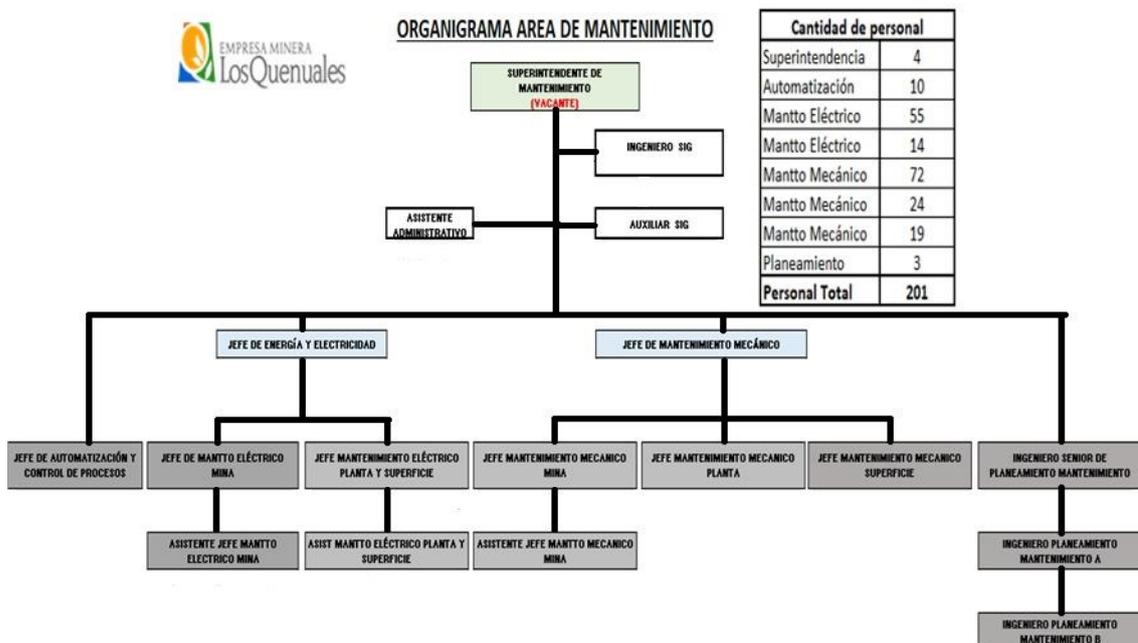
Figura 13. Visión y misión de la empresa



Fuente: EMQSA

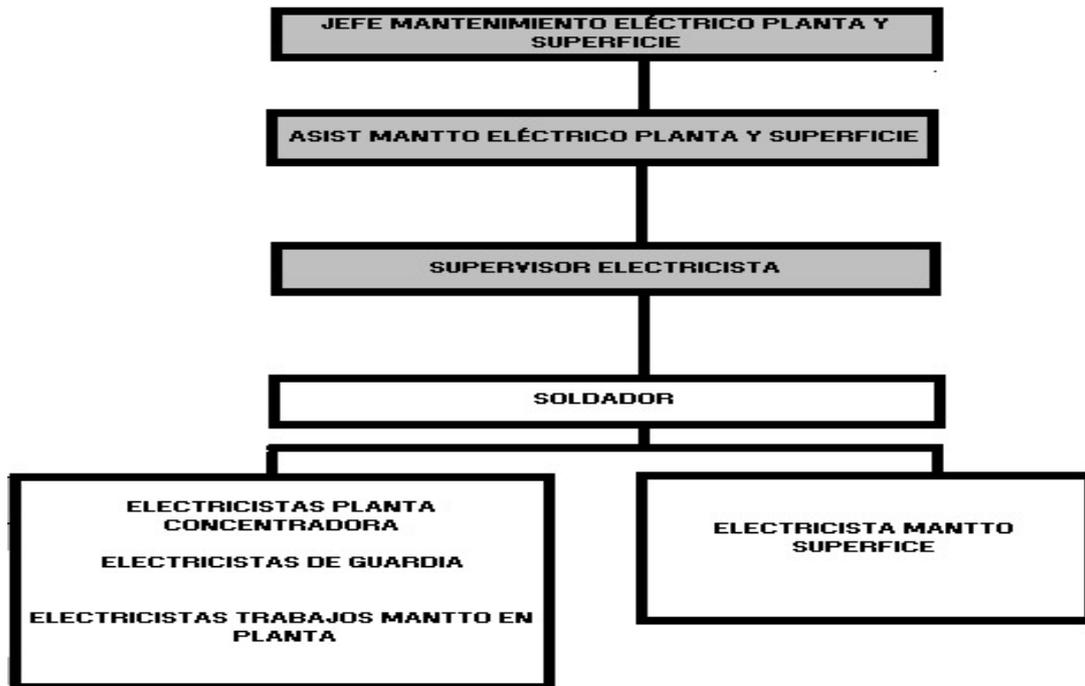
El número de trabajadores con los que cuenta la minera varía de acuerdo con los proyectos que se realicen y la actividad productiva que se requiera. Este último año, debido por la pandemia, el número de trabajadores de la empresa ha disminuido, pero se tiene un registro del Sindicato de Trabajadores Mineros de Contonga del Grupo Glencore, señalando un total de 970 afiliados.

Figura 14. Organigrama del área de mantenimiento de la empresa



Fuente: EMQSA

Figura 15. Organigrama del área de mantenimiento eléctrico de la empresa



Fuente: EMQSA

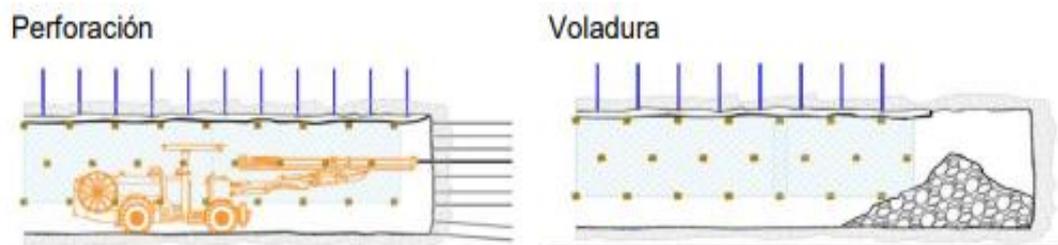
El organigrama de la empresa minera está conformado por el gerente general, que tiene a cargo a tres áreas principales (producción, administración, ventas, comercio y recursos humanos). El gerente general tiene el apoyo de un asesor legal para todos los trámites y procesos legislativos, así como de la secretaria de la gerencia. En el área de producción, se tiene el jefe de mantenimiento, que es el encargado de regular las funciones de los técnicos e ingenieros encargados del mantenimiento de las máquinas y equipos de la mina.

En el caso del proceso productivo, la empresa cuenta con diversos equipos, ya sea maquinarias de perforación y limpieza como lo son los dumper, scooptram y jumbos (estos pueden ser de avance, de sostenimiento, y de taladros largos); o equipos eléctricos empleados en otras áreas, como planta (bombas, molinos y chancadoras). Están distribuidos en diversas áreas de la planta cumpliendo funciones específicas para procesamiento de concentrado de Zinc, Plomo y cobre.

Las etapas para obtener la materia prima de la mina son: perforación y voladura, ventilación – regado – desatado – limpieza, ventilación – desatado y sostenimiento hasta el tope. En la primera etapa se realizan los procesos

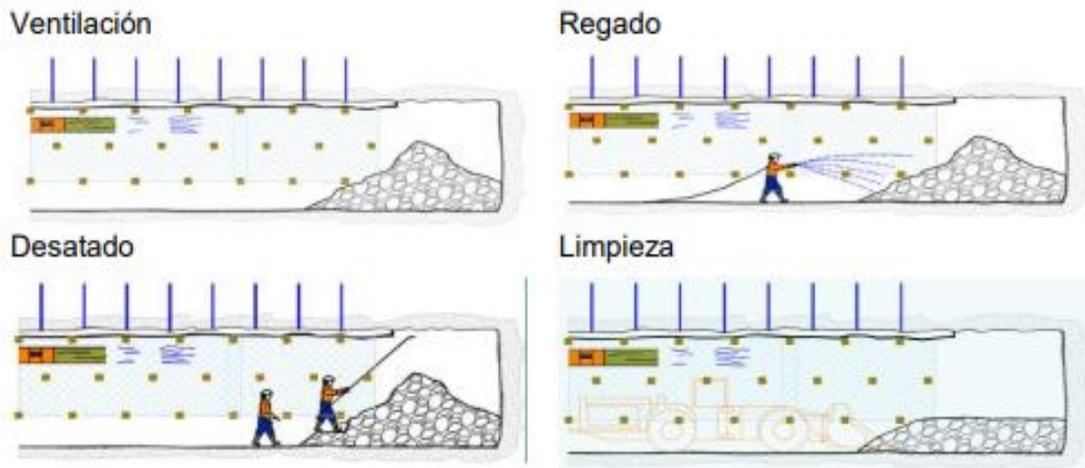
mencionados siempre manteniendo la labor hasta el tope con la malla establecida según el tipo de roca; en el caso de la segunda etapa, consiste en ventilar y regar (distancia 50 metros) la zona antes de ingresar a la labor y el desatado se realiza empleando las barretillas de aluminio; la tercera etapa se realiza para poder iniciar con la primera etapa y seguir con el proceso nuevamente. La labor de limpieza es realizada empleando los scooptram. Cada una de estas etapas se muestran en las figuras siguiente:

Figura 16. Etapa 1



Fuente: Google Photos

Figura 17. Etapa 2



Fuente: Google Photos

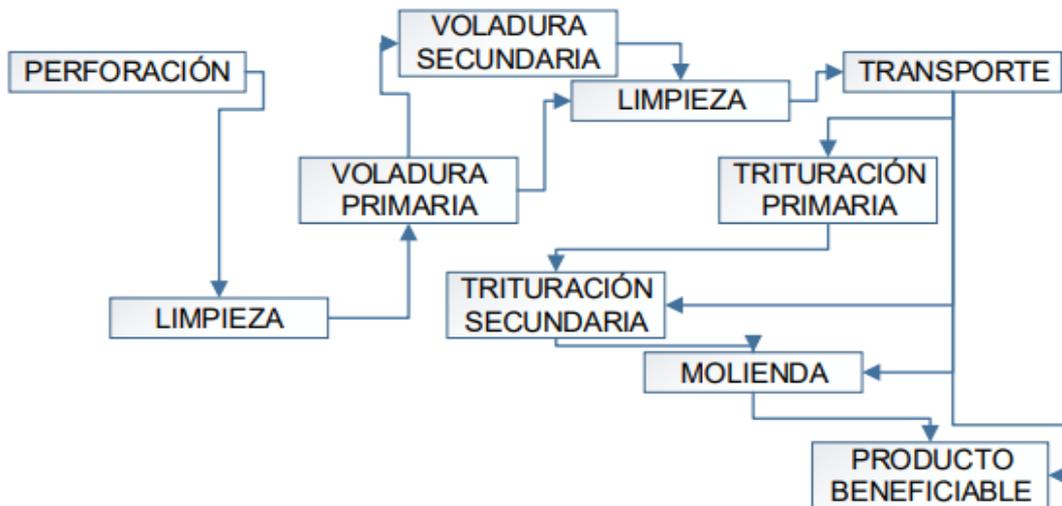
Figura 18. Etapa 3



Fuente: Google Photos

Entonces, el proceso productivo de la mina se establece comenzando por la zona de tajo (perforación) hasta la planta, terminando en el producto final que es vendido hacia el cliente. En la siguiente figura se muestra el esquema del proceso productivo comenzando por la perforación, siguiendo por la limpieza – voladura y el transporte hasta la trituradora, hasta llegar a la molienda y al producto final.

Figura 19. Proceso productivo de la minera Quenuales S.A



Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE FODA DE LA EMPRESA

En análisis FODA se realizó específicamente al área de mantenimiento, dado que se requiere analizar el plan mantenimiento preventivo de la minera. Obteniendo la siguiente tabla:

Tabla 7. FODA de la empresa minera Quenuales S.A.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none">• Implementación de mantenimiento preventivo.• Implementación de infraestructura para talleres y espacio de trabajo.• Implementación de protocolos para mejorar la disciplina y puntualidad del personal.• Implementación de herramientas y equipos.• Implementación de sistemas de seguridad.• Implementación de estrategias para incrementar la calidad y capacitación del personal de trabajo.	<ul style="list-style-type: none">• Maquinarias de alta tecnología y herramientas de calidad.• Personal calificado.• Incremento de demanda del producto.• Vías de comunicación de calidad.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none">• Paradas no programadas de maquinaria.• Falta de planificación.• Falta de capacitaciones al personal de trabajo.• Falta de un plan maestro TPM.• Condiciones de trabajo inadecuadas.• Falta de logística en el área de almacén.	<ul style="list-style-type: none">• Baja de calidad de servicios.• Fenómenos naturales.• Flexibilidad de normas laborales.

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA ADMINISTRACIÓN Y EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO

La administración del mantenimiento de EMQSA es la unidad de mantenimiento encargada del jefe de mantenimiento, con el apoyo del jefe de operaciones. El jefe es encargado de regular las funciones de los técnicos de mantenimiento, que mayormente son dos, cumpliendo las labores de mantenimiento correctivo y

preventivo de la minera. En ocasiones, estos técnicos trabajan en conjunto con contratistas externos para realizar los trabajos de mantenimiento.

Los técnicos son los únicos responsables de la ejecución de las labores de mantenimiento, a disposición y orden del jefe. Los operadores de las maquinarias no están capacitados ni autorizados a realizar mantenimiento a la maquinaria que manejan. Las actividades que realiza un técnico comprenden el ámbito de lubricación, cambio de equipos, uso de herramientas especializadas, ensayos no destructivos, reparaciones temporales, manipulación de componentes de la maquinaria, etc. Sin embargo, las actividades de limpieza diaria de la maquinaria, es responsabilidad de su operario.

Actualmente, la empresa minera cuenta con un programa de mantenimiento preventivo periódico en las que se incluyen las actividades de limpieza, revisión y lubricación de los componentes de los equipos; pero los indicadores de disponibilidad por fallas han demostrado que no se alcanza un rendimiento óptimo de los equipos, ocurriendo paradas no programadas fuera del límite recomendado que disminuye el nivel de productividad de la mina.

El programa actual está basado en los requerimientos de los equipos y la estimación del periodo en la que se cumplen las horas de mantenimiento según manuales y el tipo de maquinaria. El formato tiene las siguientes características (Anexo B):

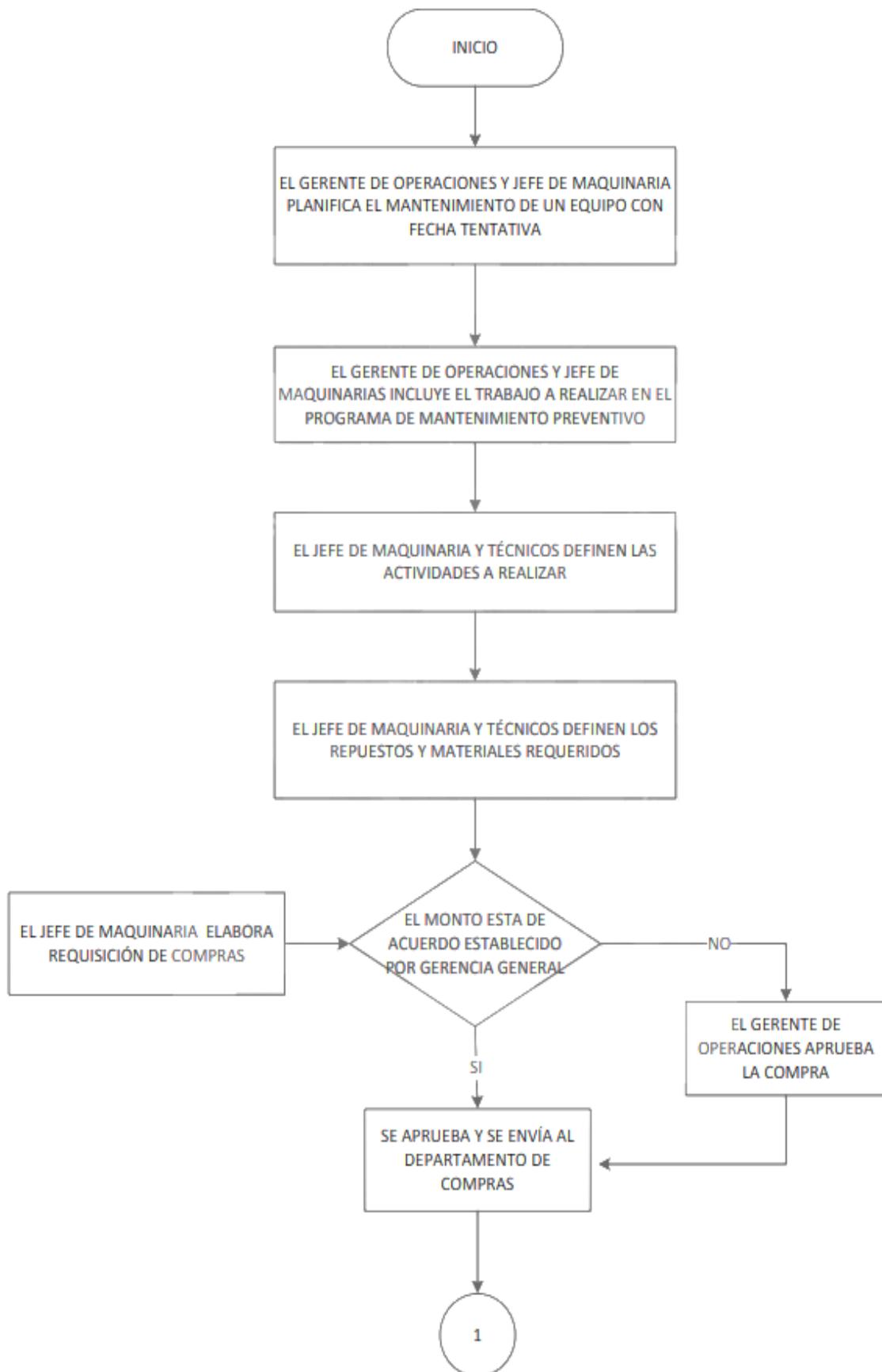
- Columna 1 – Aquí se enumeran las actividades a realizar para el mantenimiento de los equipos.
- Columna 2 – Listado de equipos con sus respectivas partes.
- Columna 3 – Aquí se establece la frecuencia con la que se realiza la actividad para mantenimiento (lubricación, limpieza, revisión periódica).
- Columna 4 – Materiales y presupuesto.

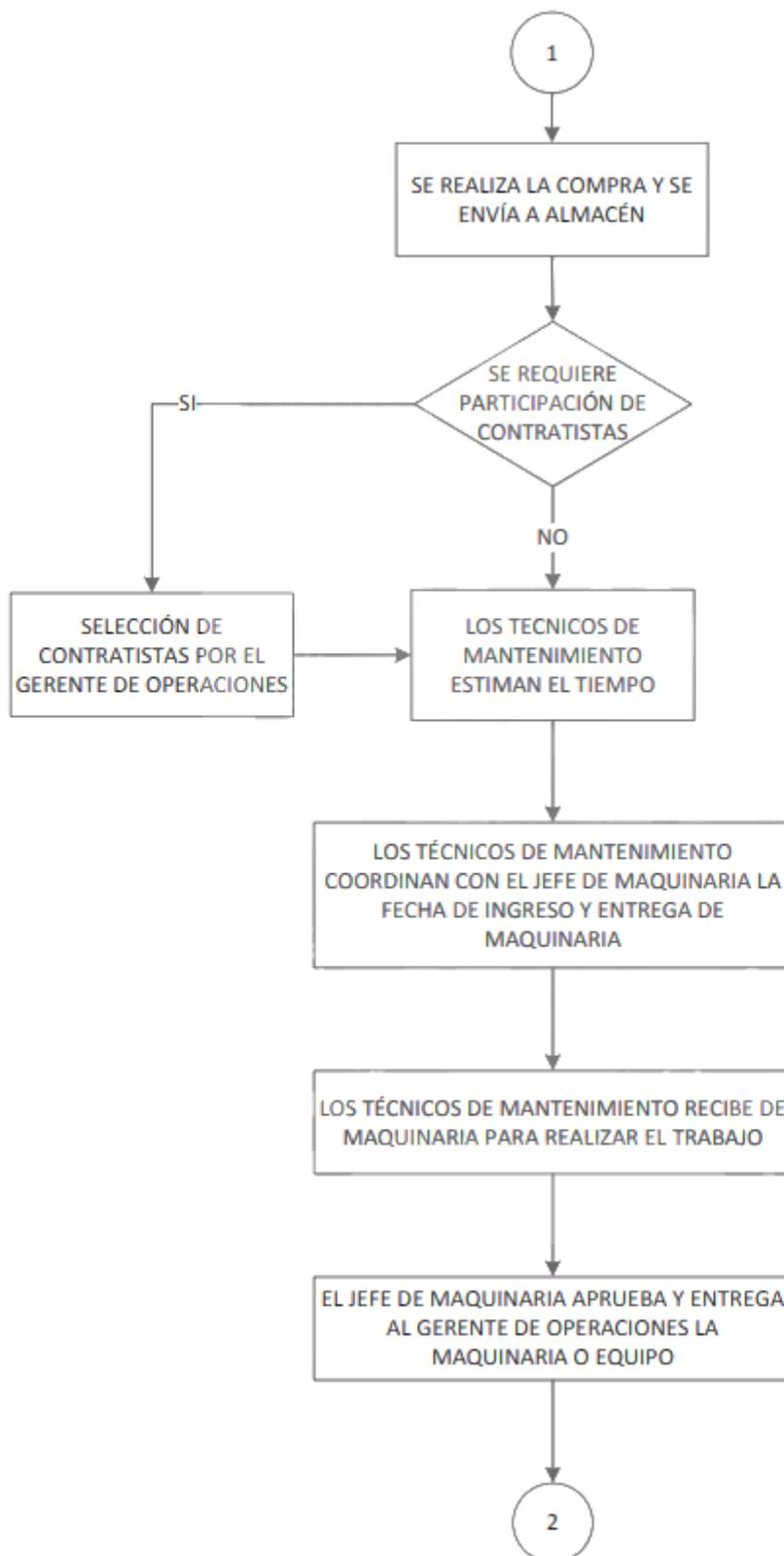
Además, los equipos no cuentan con horómetros, por lo que es difícil establecer un tiempo de uso para cada máquina, dado que, aunque se tenga las horas de salida y llegada de la maquinaria por medio de la ficha llenada por el operador, existen momentos donde el equipo no funciona, o requiere de un menor esfuerzo o mayor esfuerzo para realizar ciertas operaciones lo que se ve reflejado en un horómetro. Esto de las horas de funcionamiento sirve para determinar el uso de la máquina y poder establecer tiempo de desgaste de los componentes, así como

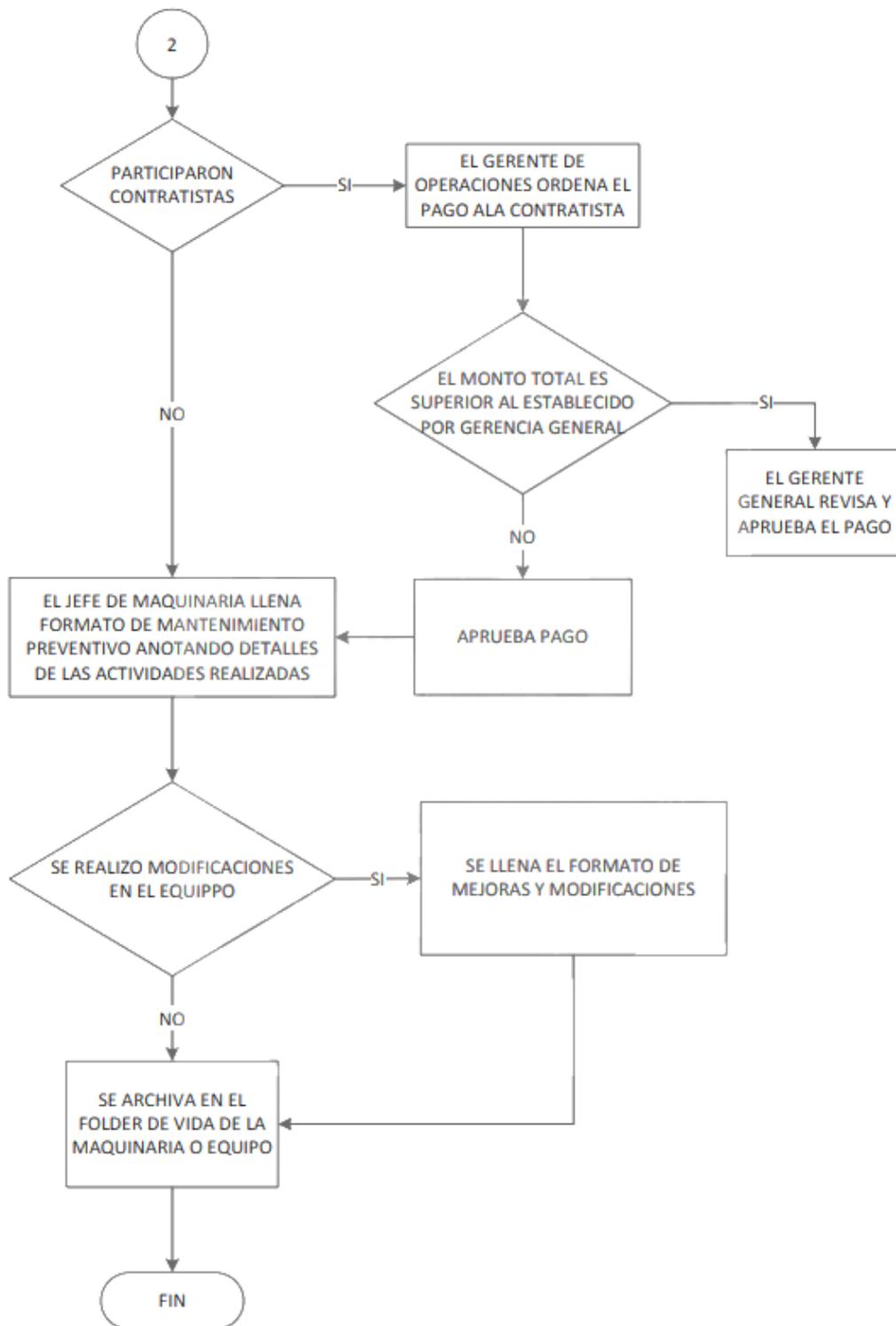
la cantidad de combustible que requiere dependiente de las horas marcadas por un contador digital.

Entonces, se requiere de la implementación de una propuesta de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo conforme a la nueva estrategia para mejorar la disponibilidad de los equipos. El primer mantenimiento se encarga de prever las fallas de los equipos mediante sus manuales de funcionamiento, las experiencias previas con maquinarias parecidas trabajando bajo los mismos ambientes, investigaciones y reportes sobre mantenimiento, por lo que se centra en proyectar el tiempo en que va a surgir la falla, identificar los tiempos que se requiere de aplicar mantenimiento y planificar un stock de repuestos. En cambio, el mantenimiento correctivo es corregir la falla encontrada en el proceso, donde se necesita de la disponibilidad del técnico en el momento de la falla para poder revisar, evaluar y realizar la corrección necesaria para que el equipo pueda funcionar. En base a lo explicado es que se tiene los siguientes flujogramas de acuerdo con cada mantenimiento:

Figura 20. Descripción del proceso de mantenimiento preventivo de EMQSA





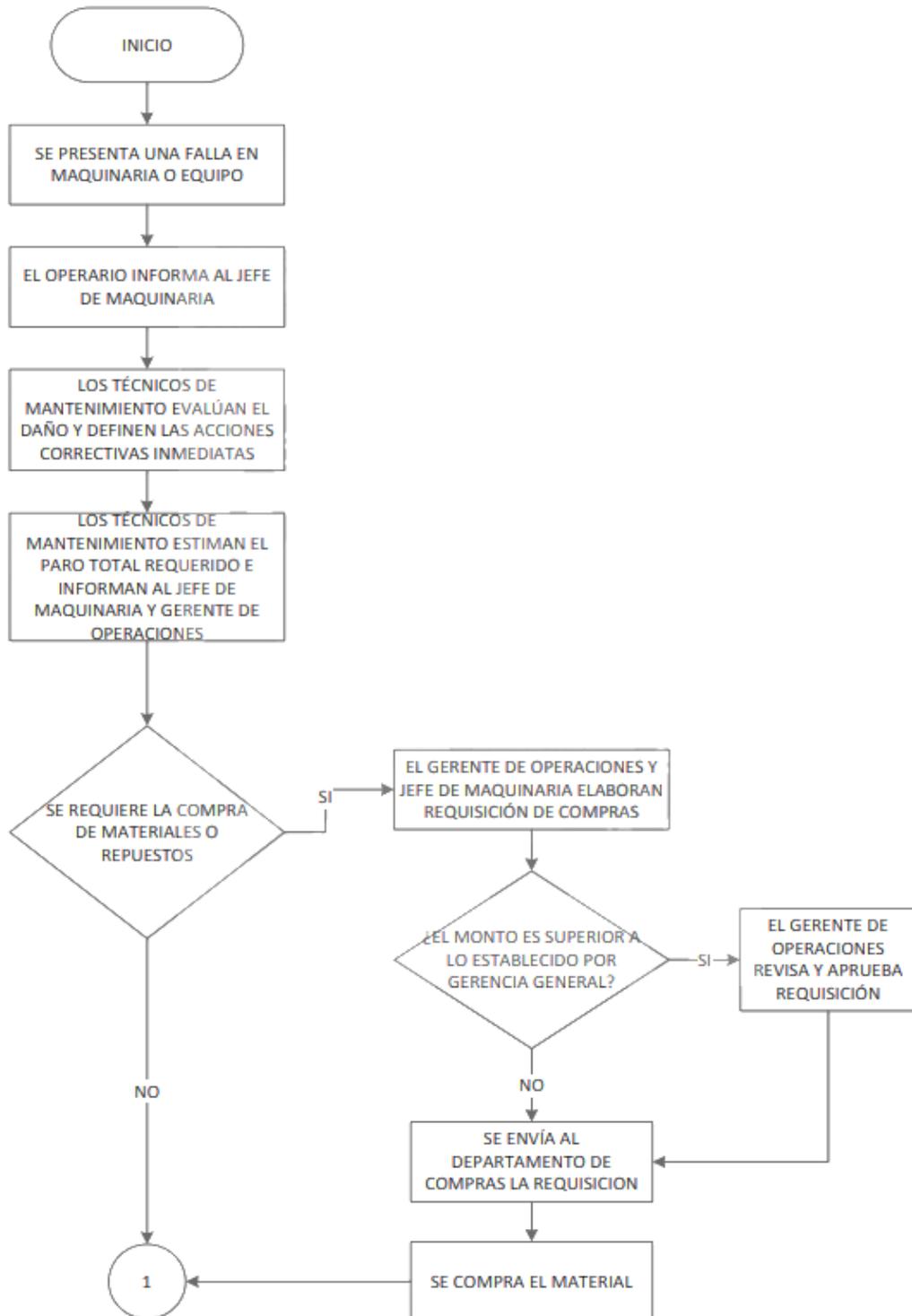


Fuente: EMQSA

Del diagrama se puede decir, que no existe un líder o responsable de la planeación, control y programación del mantenimiento, dado que de eso se encarga el ingeniero o jefe de Mantenimiento. Sin embargo, de eso se encarga

el gerente de operaciones que no tiene las capacitaciones ni experiencia necesaria para el desarrollo de esta labor.

Figura 21. Descripción del proceso de mantenimiento correctivo de EMQSA.



Fuente: EMQSA

En el caso del mantenimiento correctivo, el problema recae en que no se manejan solicitudes formales de servicio de mantenimiento ni ordenes de trabajo, por lo que es un obstáculo para la planeación y control de los insumos, materiales, tiempo y mano de obra encargada del mantenimiento.

FORMATOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Se requiere de formatos establecidos para mantener un registro de los procesos realizados en la empresa, específicamente y de preferencia de las labores realizadas por los trabajadores y el uso de las máquinas. Estos formatos se establecen en los anexos, teniendo a:

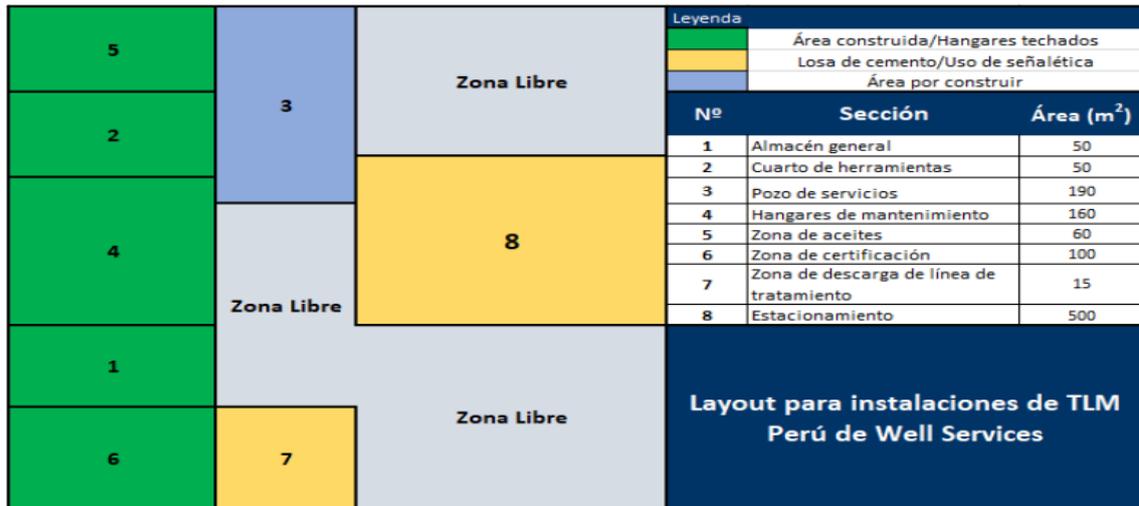
- Descripción de las actividades de Mantenimiento.
- Hoja de Datos de las Máquinas.
- Hoja de Vida Maquinarias y Equipos.
- Solicitud de Servicio Orden de Trabajo.
- Solicitud de Repuestos y Materiales.
- Reporte Semanal de Mantenimiento.
- Registro de Existencias.

Estos formatos permiten mantener un control sobre los procesos y las actividades vinculadas con las máquinas, lo que permite monitorearlas de una mejor manera. Además, se puede usar la estadística para obtener la probabilidad de falla de una máquina.

LAYOUT

La estrategia TPM establece la ubicación de zonas que permitan desarrollar con mayor eficiencia el mantenimiento en la empresa. La siguiente imagen muestra el layout establecido para la empresa.

Figura 22. Layout para las instalaciones del TLM en la empresa minera EMQSA.



Fuente: Elaboración propia

Estas áreas contienen un orden de relevancia para el mantenimiento, que no necesariamente es el mismo al número indicado en el layout. En este caso, el ordenamiento se establece en la siguiente tabla:

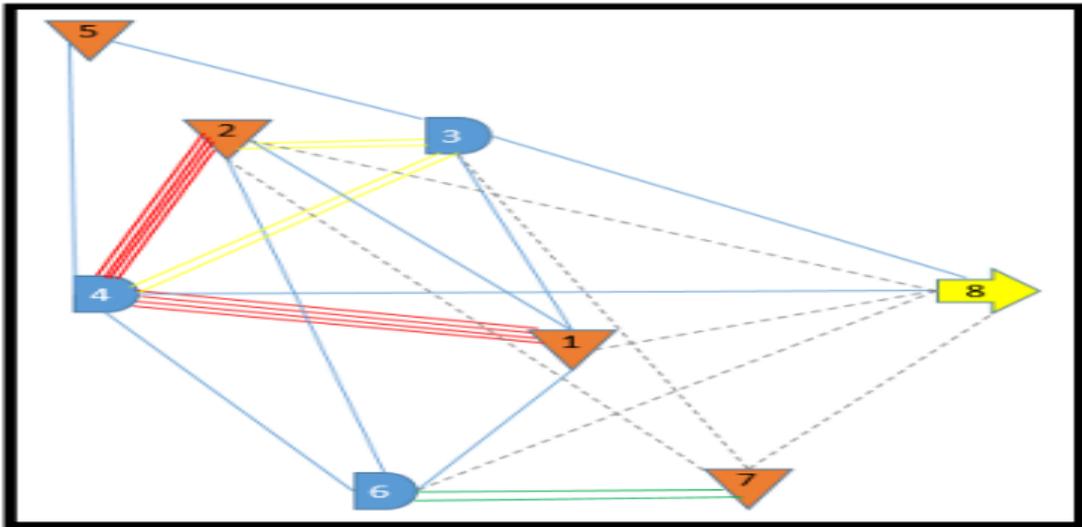
Tabla 8. Ordenamiento de los procesos de mantenimiento

ORDEN	ÁREA
1	4
2	3
3	2
4	1
5	6
6	5
7	7
8	8

Fuente: Elaboración propia.

En base a la distribución de las áreas y el ordenamiento establecido, se obtiene el siguiente diagrama de Muther:

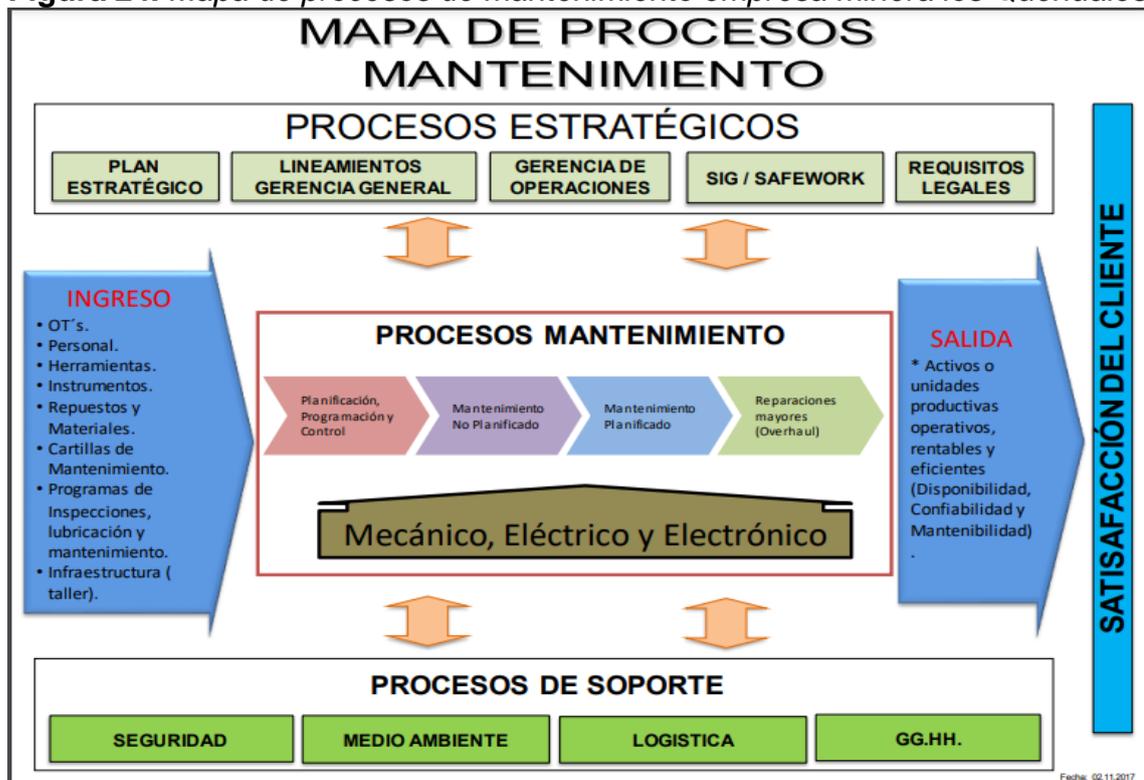
Figura 23. Diagrama de Interrelaciones del Flujo del TPM



Fuente: Elaboración propia

Donde, el triángulo naranja significa actividad de almacenaje, el semicírculo azul es servicios y la flecha amarilla es la unidad de transporte. Las líneas entre cada área significan la interrelación.

Figura 24. Mapa de procesos de mantenimiento empresa minera los Quenuales



Fuente: EMQSA

Tabla 12. Reporte de disponibilidad, rendimiento y calidad pre-datos abril 2021 – CHP N°01

MES	ABRIL											
EQUIPO	CHANCADORA PRIMARIO N°01											
DÍA	Tiempo planificado (Horas)	Tiempo operativo (Horas)	N° Averías	Confiabilidad (MTBF)	Tiempo de averías	Tiempo funcionando (horas)	Paradas no previstas (horas)	Mantenibilidad (MTTR)	Calidad (C)	Disponibilidad (D)	Rendimiento (R)	OEE
1	24	12.0	2.0	6.0	9.5	9.5	2.5	4.8	74%	50%	79%	29%
2	24	22.9	1.0	22.9	1.1	22.9	0.0	1.1	100%	95%	100%	95%
3	24	22.9	1.0	22.9	0.0	21.8	1.1	0.0	95%	95%	95%	86%
4	24	17.3	2.0	8.7	3.2	13.8	3.5	1.6	75%	72%	80%	43%
5	24	23.0	1.0	23.0	0.0	22.0	1.0	0.0	95%	96%	96%	88%
6	24	18.7	2.0	9.4	2.5	15.9	2.8	1.3	82%	78%	85%	55%
7	24	21.0	2.0	10.5	1.0	19.0	2.0	0.5	89%	88%	90%	71%
8	24	16.1	2.0	8.1	5.8	14.0	2.1	2.9	85%	67%	87%	50%
9	24	22.0	1.0	22.0	2.0	22.0	0.0	2.0	100%	92%	100%	92%
10	24	22.0	1.0	22.0	0.0	20.0	2.0	0.0	90%	92%	91%	75%
11	24	12.0	2.0	6.0	8.0	8.0	4.0	4.0	50%	50%	67%	17%
12	24	22.0	1.0	22.0	0.0	20.0	2.0	0.0	90%	92%	91%	75%
13	24	22.0	1.0	22.0	0.0	20.0	2.0	0.0	90%	92%	91%	75%
14	24	21.5	2.0	10.8	1.5	20.5	1.0	0.8	95%	90%	95%	81%
15	24	23.2	1.0	23.2	0.0	22.4	0.8	0.0	96%	97%	97%	90%
16	24	19.7	2.0	9.9	0.9	16.3	3.4	0.5	79%	82%	83%	54%
17	24	22.0	1.0	22.0	0.0	20.0	2.0	0.0	90%	92%	91%	75%
18	24	22.3	1.0	22.3	1.7	22.3	0.0	1.7	100%	93%	100%	93%
19	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
20	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
21	24	16.1	2.0	8.1	4.7	12.9	3.2	2.4	75%	67%	80%	40%
22	24	16.4	2.0	8.2	4.0	12.8	3.6	2.0	72%	68%	78%	38%
23	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
24	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
25	24	13.3	2.0	6.7	8.7	11.3	2.0	4.4	82%	55%	85%	39%
26	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
27	24	20.3	2.0	10.2	0.6	17.2	3.1	0.3	82%	85%	85%	59%
28	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
29	24	21.8	2.0	10.9	0.2	19.8	2.0	0.1	90%	91%	91%	74%

30	24	21.8	1.0	21.8	2.2	21.8	0.0	2.2	100%	91%	100%	91%
				16.8				1.1	89%	86%	91%	70%

Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido apreciar, el reporte analizado ha expuesto que la “CHP N°01”, durante el periodo “Abril – 2021”, ha contado con una disponibilidad del 86%, en donde el rendimiento del equipo ha sido 91% durante el tiempo que se ha encontrado operativo y la calidad alcanzo un 89%. Así mismo, cabe señalar que la mantenibilidad (MTTR) ha contado con un promedio de 1.1 horas y la confiabilidad (MTBF) contó con un promedio de 16.8 horas.

Además de ello, se expone que la OEE solo alcanzo un 89%, la cual se ha debido a paradas relacionadas directamente con la hora del almuerzo, las capacitaciones de los colaboradores, el cambio de turnos, entre otros aspectos que no fueron optimizados por el área de gestión de procesos.

Tabla 13. Reporte de disponibilidad, rendimiento y calidad pre-datos mayo 2021 – CHP N°01

MES	MAYO											
EQUIPO	CHANCADORA PRIMARIO N°01											
DÍA	Tiempo planificado (Horas)	Tiempo operativo (Horas)	N° Averías	Confiabilidad (MTBF)	Tiempo de averías	Tiempo funcionando (horas)	Paradas no previstas (horas)	Mantenibilidad (MTTR)	Calidad (C)	Disponibilidad (D)	Rendimiento (R)	OEE
1	24	21.5	2.0	10.8	1.5	20.5	1.0	0.8	95%	90%	95%	81%
2	24	21.2	1.0	21.2	2.8	21.2	0.0	2.8	100%	88%	100%	88%
3	24	23.6	1.0	23.6	0.0	23.2	0.4	0.0	98%	98%	98%	95%
4	24	22.8	1.0	22.8	0.0	21.6	1.2	0.0	94%	95%	95%	85%
5	24	23.4	1.0	23.4	0.0	22.8	0.6	0.0	97%	98%	97%	93%
6	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
7	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
8	24	21.0	2.0	10.5	0.6	18.6	2.4	0.3	87%	88%	89%	68%
9	24	21.0	1.0	21.0	3.0	21.0	0.0	3.0	100%	88%	100%	88%
10	24	22.0	1.0	22.0	0.0	20.0	2.0	0.0	90%	92%	91%	75%

11	24	18.0	2.0	9.0	3.3	15.3	2.7	1.7	82%	75%	85%	53%
12	24	21.0	2.0	10.5	0.7	18.7	2.3	0.4	88%	88%	89%	68%
13	24	21.0	2.0	10.5	0.2	18.2	2.8	0.1	85%	88%	87%	64%
14	24	21.0	2.0	10.5	0.9	18.9	2.1	0.4	89%	88%	90%	70%
15	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
16	24	22.0	1.0	22.0	2.0	22.0	0.0	2.0	100%	92%	100%	92%
17	24	22.0	1.0	22.0	0.0	20.0	2.0	0.0	90%	92%	91%	75%
18	24	22.0	1.0	22.0	0.0	20.0	2.0	0.0	90%	92%	91%	75%
19	24	21.0	1.0	21.0	0.0	18.0	3.0	0.0	83%	88%	86%	63%
20	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
21	24	20.0	1.0	20.0	4.0	20.0	0.0	4.0	100%	83%	100%	83%
22	24	21.0	1.0	21.0	0.0	18.0	3.0	0.0	83%	88%	86%	63%
23	24	21.0	1.0	21.0	3.0	21.0	0.0	3.0	100%	88%	100%	88%
24	24	22.0	1.0	22.0	2.0	22.0	0.0	2.0	100%	92%	100%	92%
25	24	18.0	2.0	9.0	2.0	14.0	4.0	1.0	71%	75%	78%	42%
26	24	21.0	2.0	10.5	0.3	18.3	2.7	0.2	85%	88%	87%	65%
27	24	21.0	2.0	10.5	0.8	18.8	2.2	0.4	88%	88%	90%	69%
28	24	21.0	1.0	21.0	3.0	21.0	0.0	3.0	100%	88%	100%	88%
29	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
30	24	21.0	1.0	21.0	0.0	18.0	3.0	0.0	83%	88%	86%	63%
31	24	21.8	1.0	21.8	2.2	21.8	0.0	2.2	100%	91%	100%	91%
				19.0				0.9	93%	90%	94%	79%

Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido apreciar, el reporte analizado ha expuesto que la “CHS N°01”, durante el periodo “Mayo – 2021”, ha contado con una disponibilidad del 90%, en donde el rendimiento del equipo ha sido 94% durante el tiempo que se ha encontrado operativo y la calidad alcanzo un 93%. Así mismo, cabe señalar que la mantenibilidad (MTTR) ha contado con un promedio de 0.9 horas y la confiabilidad (MTBF) contó con un promedio de 19.0 horas.

Además de ello, se expone que la OEE solo alcanzo un 79%, la cual se ha debido a paradas relacionadas directamente con la hora del almuerzo, las capacitaciones de los colaboradores, el cambio de turnos, entre otros aspectos que no fueron optimizados por el área de gestión de procesos.

Tabla 14. Reporte de disponibilidad, rendimiento y calidad pre-datos junio 2021 – CHP N°01

MES	JUNIO											
EQUIPO	CHANCADORA PRIMARIO N°01											
DÍA	Tiempo planificado (Horas)	Tiempo operativo (Horas)	N° Averías	Confiabilidad (MTBF)	Tiempo de averías	Tiempo funcionando (horas)	Paradas no previstas (horas)	Mantenibilidad (MTTR)	Calidad (C)	Disponibilidad (D)	Rendimiento (R)	OEE
1	24	20.0	2.0	10.0	0.2	16.2	3.8	0.1	77%	83%	81%	52%
2	24	21.0	2.0	10.5	0.4	18.4	2.6	0.2	86%	88%	88%	66%
3	24	21.0	2.0	10.5	0.9	18.9	2.1	0.4	89%	88%	90%	70%
4	24	22.0	1.0	22.0	2.0	22.0	0.0	2.0	100%	92%	100%	92%
5	24	18.0	2.0	9.0	2.2	14.2	3.8	1.1	73%	75%	79%	43%
6	24	21.0	1.0	21.0	0.0	18.0	3.0	0.0	83%	88%	86%	63%
7	24	21.0	1.0	21.0	0.0	18.0	3.0	0.0	83%	88%	86%	63%
8	24	21.0	1.0	21.0	3.0	21.0	0.0	3.0	100%	88%	100%	88%
9	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
10	24	21.0	1.0	21.0	3.0	21.0	0.0	3.0	100%	88%	100%	88%
11	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
12	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
13	24	21.0	1.0	21.0	3.0	21.0	0.0	3.0	100%	88%	100%	88%
14	24	21.0	1.0	21.0	0.0	18.0	3.0	0.0	83%	88%	86%	63%
15	24	22.0	1.0	22.0	2.0	22.0	0.0	2.0	100%	92%	100%	92%
16	24	18.0	2.0	9.0	2.7	14.7	3.3	1.4	78%	75%	82%	48%
17	24	21.0	2.0	10.5	1.0	19.0	2.0	0.5	89%	88%	90%	71%
18	24	21.0	1.0	21.0	3.0	21.0	0.0	3.0	100%	88%	100%	88%
19	24	21.0	1.0	21.0	0.0	18.0	3.0	0.0	83%	88%	86%	63%
20	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
21	24	22.0	2.0	11.0	1.0	21.0	1.0	0.5	95%	92%	95%	83%
22	24	22.0	1.0	22.0	2.0	22.0	0.0	2.0	100%	92%	100%	92%
23	24	22.0	1.0	22.0	2.0	22.0	0.0	2.0	100%	92%	100%	92%
24	24	21.0	1.0	21.0	0.0	18.0	3.0	0.0	83%	88%	86%	63%
25	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
26	24	20.0	2.0	10.0	1.5	17.5	2.5	0.8	86%	83%	88%	63%
27	24	21.0	1.0	21.0	3.0	21.0	0.0	3.0	100%	88%	100%	88%
28	24	21.0	2.0	10.5	0.8	18.8	2.2	0.4	88%	88%	90%	69%
29	24	22.0	1.0	22.0	0.0	20.0	2.0	0.0	90%	92%	91%	75%
30	24	23.0	1.0	23.0	0.0	22.0	1.0	0.0	95%	96%	96%	88%

Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido apreciar, el reporte analizado ha expuesto que la “CHP N°01”, durante el periodo “Junio – 2021”, ha contado con una disponibilidad del 90%, en donde el rendimiento del equipo ha sido 93% durante el tiempo que se ha encontrado operativo y la calidad alcanzo un 92%. Así mismo, cabe señalar que la mantenibilidad (MTTR) ha contado con un promedio de 0.9 horas y la confiabilidad (MTBF) contó con un promedio de 18.5 horas.

Además de ello, se expone que la OEE solo alcanzo un 77%, la cual se ha debido a paradas relacionadas directamente con la hora del almuerzo, las capacitaciones de los colaboradores, el cambio de turnos, entre otros aspectos que no fueron optimizados por el área de gestión de procesos.

A consecuencia de que se ha contado con la evaluación de la disponibilidad, rendimiento y calidad de los equipos, por parte del personal de mantenimiento, se contó con la indagación del TPM, aplicado hacia ocho encargados del área de mantenimiento con alta importancia dentro del ámbito de trabajo:

Tabla 15. Pre-datos de evaluación básica del TPM

N°	INTEGRANTE	MODALIDAD	TEMA	EVALUADOR	PARTICIPANTE	PREPARACIÓN			IMPLANTACIÓN		
						R0	Re	Ndc	R0	Re	Ndc
1	ZURITA ORIHUELA, RONALD DAVID	VIRTUAL	EVALUACIÓN SOBRE PREPARACIÓN E IMPLANTACIÓN	X							
2	TÉCNICO 01	VIRTUAL			X	12.0	18.0	67%	13.0	18.0	72%
3	TECNICO 02	VIRTUAL			X	9.0	18.0	50%	10.0	18.0	56%
4	TECNICO 03	VIRTUAL			X	10.0	18.0	56%	11.0	18.0	61%
5	TECNICO 04	VIRTUAL			X	9.0	18.0	50%	9.0	18.0	50%
6	TECNICO 05	VIRTUAL			X	11.0	18.0	61%	10.0	18.0	56%
7	OPERADOR 01	VIRTUAL			X	10.0	18.0	56%	12.0	18.0	67%
8	OPERADOR 02	VIRTUAL			X	9.0	18.0	50%	11.0	18.0	61%
9	OPERADOR 03	VIRTUAL			X	10.0	18.0	56%	8.0	18.0	44%

10.0	18.0	56%	10.5	18.0	58%
------	------	-----	------	------	-----

Fuente: Elaboración propia

Los resultados demostraron que el TPM no se ha cumplido conforme lo esperado, en donde se contó con un índice de cumplimiento que se ha encontrado en el 56%, a consecuencia de que los representantes del área de mantenimiento contaron con una nota promedio de 10. Así mismo, para el caso de la implantación, se contó con un índice promedio del 58%, en donde se obtuvo una nota promedio de 10.5, demostrando la necesidad de contar con la incurrencia de contar con un cronograma de implementación y capacitación del TPM.

CRONOGRAMA

En relación con el cronograma de implementación, se contó con la siguiente lista de actividades:

Tabla 16. Cronograma de implantación

Actividades	2020											
	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
PREPARACIÓN												
Evaluación de los equipos y el entendimiento de la situación	X											
Actualizar la información primaria del equipo analizado		X										
Evaluación acerca de los principios del TPM			X									
Definir los objetivos de mantenimiento				X								
Separar las actividades de mantenimiento, con la finalidad de poder realizar reajustes hacia la línea de producción					X							
Diseñar un plan maestro para la implementación del TPM						X						
Segunda evaluación acerca de qué es el TPM y el por qué tendría que usarse						X						
INTRODUCCIÓN												
Introducción hacia el lanzamiento de la metodología						X						
Realizar actividades que se hallen centradas en el proceso de mejora							X					
Establecer el programa de mantenimiento autónomo								X				
Implementar el programa de mantenimiento planificado									X			
Crear un sistema de gestión temprana de nuevos equipos y productos									X			
Crear un sistema administrativo de apoyo eficaz: TPM en departamentos indirectos									X			
CONSOLIDACIÓN												
Tercera evaluación – Pilares del TPM										X	X	
Consolidación de la mejora, en base a metas y objetivos trazados												X

Fuente: Elaboración propia

DATOS DEL POSTEST

A continuación, se detallan los datos correspondientes al año 2021, principalmente de los meses de entre agosto a octubre, teniendo los siguientes datos:

Tabla 17. Cumplimiento de programa de mantenimiento agosto 2021 – Chancadora N°01

		FORMULARIO																		CÓDIGO	FY-MTO-050																			
		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																		REVISIÓN	02																			
AGOSTO 2021										PERIODO 01/08/2021 - 31/08/2021																					(%) Cump. Anterior									
Item	Código de equipo	Equipo	Ubicación	F. INI	F. FIN	Frecuencia	Estado del equipo	Tiempo Ejecución	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	(%) Cump. Anterior
1	CHP-01	Chancadora	Chancado Primario	3-Ago	3-Ago	Mensual	Operativo	4 Hrs.			P	E																											100%	
		P	PROGRAMADO																																					
		E	EJECUTADO																																					

Tabla 18. Cumplimiento de programa de mantenimiento septiembre 2021 – Chancadora N°01

		FORMULARIO																		CÓDIGO	FY-MTO-050																		
		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																		REVISIÓN	02																		
SEPTIEMBRE 2021										PERIODO 01/09/2021 - 30/09/2021																					(%) Cump. Anterior								
Item	Código de equipo	Equipo	Ubicación	F. INI	F. FIN	Frecuencia	Estado del equipo	Tiempo Ejecución	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	(%) Cump. Anterior
1	CHP-01	Chancadora	Chancado Primario	2-Set	2-Set	Mensual	Operativo	4 Hrs.			P	E																											100%
		P	PROGRAMADO																																				
		E	EJECUTADO																																				

8	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
9	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
10	24	22.0	2.0	11.0	1.0	21.0	1.0	0.5	95%	92%	95%	83%
11	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
12	24	23.0	1.0	23.0	1.0	23.0	0.0	1.0	100%	96%	100%	96%
13	24	23.0	1.0	23.0	0.0	22.0	1.0	0.0	95%	96%	96%	88%
14	24	23.0	1.0	23.0	0.0	22.0	1.0	0.0	95%	96%	96%	88%
15	24	23.2	1.0	23.2	0.8	23.2	0.0	0.8	100%	97%	100%	97%
16	24	20.0	2.0	10.0	1.0	17.0	3.0	0.5	82%	83%	85%	58%
17	24	22.0	2.0	11.0	1.0	21.0	1.0	0.5	95%	92%	95%	83%
18	24	23.0	1.0	23.0	1.0	23.0	0.0	1.0	100%	96%	100%	96%
19	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
20	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
21	24	16.1	1.0	16.1	5.4	13.6	2.5	5.4	82%	67%	84%	46%
22	24	20.0	1.0	20.0	4.0	20.0	0.0	4.0	100%	83%	100%	83%
23	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
24	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
25	24	20.0	2.0	10.0	2.6	18.6	1.4	1.3	92%	83%	93%	72%
26	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
27	24	20.3	1.0	20.3	3.7	20.3	0.0	3.7	100%	85%	100%	85%
28	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
29	24	24.0	1.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
30	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
31	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
				21.5				0.7	98%	95%	98%	92%

Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido apreciar, el reporte analizado ha expuesto que el “CHP N°01”, durante el periodo “Agosto – 2021”, ha contado con una disponibilidad del 95%, en donde el rendimiento de esta máquina ha sido de sólo 98% durante el tiempo que se ha encontrado operativo y la calidad alcanzo un 98%. Así mismo, cabe señalar que la mantenibilidad (MTTR) ha contado con un promedio de 0.7 horas y la confiabilidad (MTBF) contó con un promedio de 21.5 horas.

A consecuencia de mejoras dentro de la línea de procesos, se optimizaron los tiempos y se redujeron las paradas no previstas, alcanzando valoraciones del OEE de 92% que está dentro del rango de aceptación.

Tabla 21. Reporte de disponibilidad, rendimiento y calidad post test septiembre 2021 – CHP N°01

MES	SEPTIEMBRE											
EQUIPO	CHANCADORA PRIMARIO N°01											
DÍA	Tiempo planificado (Horas)	Tiempo operativo (Horas)	N° Averías	Confiabilidad (MTBF)	Tiempo de averías	Tiempo funcionando (horas)	Paradas no previstas (horas)	Mantenibilidad (MTTR)	Calidad (C)	Disponibilidad (D)	Rendimiento (R)	OEE
1	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
2	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
3	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
4	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
5	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
6	24	23.2	1.0	23.2	0.8	23.2	0.0	0.8	100%	97%	100%	97%
7	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
8	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
9	24	21.3	1.0	21.3	0.0	18.6	2.7	0.0	85%	89%	87%	66%
10	24	22.0	1.0	22.0	0.0	20.0	2.0	0.0	90%	92%	91%	75%
11	24	19.0	2.0	9.5	3.5	17.5	1.5	1.8	91%	79%	92%	67%
12	24	23.0	1.0	23.0	0.0	22.0	1.0	0.0	95%	96%	96%	88%
13	24	22.4	1.0	22.4	0.0	20.8	1.6	0.0	92%	93%	93%	80%
14	24	23.0	1.0	23.0	1.0	23.0	0.0	1.0	100%	96%	100%	96%
15	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
16	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
17	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
18	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
19	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
20	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
21	24	18.0	2.0	9.0	4.0	16.0	2.0	2.0	88%	75%	89%	58%
22	24	19.0	2.0	9.5	3.7	17.7	1.3	1.9	93%	79%	93%	68%
23	24	21.6	1.0	21.6	2.4	21.6	0.0	2.4	100%	90%	100%	90%

24	24	22.0	1.0	22.0	0.0	20.0	2.0	0.0	90%	92%	91%	75%
25	24	22.4	1.0	22.4	0.0	20.8	1.6	0.0	92%	93%	93%	80%
26	24	23.0	1.0	23.0	0.0	22.0	1.0	0.0	95%	96%	96%	88%
27	24	22.4	1.0	22.4	0.0	20.8	1.6	0.0	92%	93%	93%	80%
28	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
29	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
30	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
				21.9				0.3	97%	95%	97%	90%

Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido apreciar, el reporte analizado ha expuesto que el “CHP N°01”, durante el periodo “Septiembre – 2021”, ha contado con una disponibilidad del 95%, en donde el rendimiento de esta máquina ha sido de sólo 97% durante el tiempo que se ha encontrado operativo y la calidad alcanzo un 97%. Así mismo, cabe señalar que la mantenibilidad (MTTR) ha contado con un promedio de 0.3 horas y la confiabilidad (MTBF) contó con un promedio de 21.9 horas.

A consecuencia de mejoras dentro de la línea de procesos, se optimizaron los tiempos y se redujeron las paradas no previstas, alcanzando valoraciones del OEE de 90% que está dentro del rango de aceptación.

Tabla 22. Reporte de disponibilidad, rendimiento y calidad post test octubre 2021 – CHP N°01

MES	OCTUBRE											
EQUIPO	CHANCADORA PRIMARIO N°01											
DÍA	Tiempo planificado (Horas)	Tiempo operativo (Horas)	N° Averías	Confiabilidad (MTBF)	Tiempo de averías	Tiempo funcionando (horas)	Paradas no previstas (horas)	Mantenibilidad (MTTR)	Calidad (C)	Disponibilidad (D)	Rendimiento (R)	OEE
1	24	24.0	0.0	24.0	0.0	18.9	0.0	0.0	100%	100%	79%	79%
2	24	22.3	1.0	22.3	1.7	22.1	0.0	1.7	100%	93%	99%	92%
3	24	24.0	0.0	24.0	0.0	22.7	0.0	0.0	100%	100%	95%	95%
4	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
5	24	24.0	0.0	24.0	0.0	17.0	0.0	0.0	100%	100%	71%	71%
6	24	24.0	0.0	24.0	0.0	21.6	0.0	0.0	100%	100%	90%	90%

7	24	24.0	0.0	24.0	0.0	21.6	0.0	0.0	100%	100%	90%	90%
8	24	23.2	1.0	23.2	0.0	23.2	0.8	0.0	97%	97%	100%	93%
9	24	21.0	2.0	10.5	3.0	21.0	0.0	1.5	100%	88%	100%	88%
10	24	22.2	1.0	22.2	0.0	22.2	1.8	0.0	92%	93%	100%	85%
11	24	23.8	1.0	23.8	0.2	23.8	0.0	0.2	100%	99%	100%	99%
12	24	22.0	1.0	22.0	2.0	22.0	0.0	2.0	100%	92%	100%	92%
13	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
14	24	24.0	0.0	24.0	0.0	21.6	0.0	0.0	100%	100%	90%	90%
15	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
16	24	24.0	0.0	24.0	0.0	17.6	0.0	0.0	100%	100%	74%	74%
17	24	24.0	1.0	24.0	0.0	22.8	0.0	0.0	100%	100%	95%	95%
18	24	22.6	1.0	22.6	0.0	22.6	1.4	0.0	94%	94%	100%	88%
19	24	21.8	1.0	21.8	0.0	21.6	2.2	0.0	90%	91%	99%	81%
20	24	18.8	2.0	9.4	2.5	18.8	2.7	1.3	86%	78%	100%	67%
21	24	22.0	1.0	22.0	0.0	22.0	2.0	0.0	91%	92%	100%	83%
22	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
23	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
24	24	24.0	0.0	24.0	0.0	21.6	0.0	0.0	100%	100%	90%	90%
25	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
26	24	19.5	2.0	9.8	3.5	19.5	1.0	1.8	95%	81%	100%	77%
27	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
28	24	23.0	1.0	23.0	0.0	22.6	1.0	0.0	96%	96%	98%	90%
29	24	22.0	1.0	22.0	0.0	22.0	2.0	0.0	91%	92%	100%	83%
30	24	22.6	1.0	22.6	0.2	22.6	1.2	0.2	95%	94%	100%	89%
31	24	24.0	0.0	24.0	0.0	24.0	0.0	0.0	100%	100%	100%	100%
				22.1				0.3	98%	96%	96%	90%

Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido apreciar, el reporte analizado ha expuesto que el “CHP N°01”, durante el periodo “Septiembre – 2021”, ha contado con una disponibilidad del 96%, en donde el rendimiento del equipo ha sido de sólo 96% durante el tiempo que se ha encontrado operativo y la calidad alcanzo un 98%. Así mismo, cabe señalar que la mantenibilidad (MTTR) ha contado con un promedio de 0.3 horas y la confiabilidad (MTBF) contó con un promedio de 22.1 horas.

A consecuencia de mejoras dentro de la línea de procesos, se optimizaron los tiempos y se redujeron las paradas no previstas, alcanzando valoraciones del OEE de 90% que está dentro del rango de aceptación.

Tabla 23. Resumen de la evaluación del pre test y post test

N°	ELEMENTO	MES	PRE TEST					POST TEST						
			Confiabilidad (MTBF)	Mantenibilidad (MTTR)	Calidad (C)	Disponibilidad (D)	Rendimiento (R)	OEE	Confiabilidad (MTBF)	Mantenibilidad (MTTR)	Calidad (C)	Disponibilidad (D)	Rendimiento (R)	OEE
1	CHP 01	MES 1	16.8	1.1	89.00%	86.00%	91.00%	70.00%	21.5	0.7	98.00%	95.00%	98.00%	92.00%
		MES 2	19.0	0.9	93.00%	90.00%	94.00%	79.00%	21.9	0.3	97.00%	95.00%	97.00%	90.00%
		MES 3	18.5	0.9	92.00%	90.00%	93.00%	77.00%	22.1	0.3	98.00%	96.00%	96.00%	90.00%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se ha evidenciado la efectividad que ha tenido la implementación de medidas de capacitación; así como, la propuesta planteada, la cual ha generado no solo una optimización de los procesos, sino que se ha evidenciado valores positivos, en cuanto a la confiabilidad, la mantenibilidad, la calidad, la disponibilidad, el rendimiento y el valor de OEE.

A consecuencia de que se ha contado con la evaluación de la disponibilidad, rendimiento y calidad de los equipos, por parte del personal de mantenimiento, se contó con la indagación del TPM, aplicado hacia ocho encargados del área de mantenimiento con alta importancia dentro del ámbito de trabajo:

Tabla 24. Post test de evaluación básica del TPM – Primera capacitación

N°	INTEGRANTE	MODALIDAD	TEMA	EVALUADOR	PARTICIPANTE	PREPARACIÓN			IMPLANTACIÓN		
						R0	Re	Ndc	R0	Re	Ndc
1	ZURITA ORIHUELA, RONALD DAVID	VIRTUAL	EVALUACIÓN SOBRE PREPARACIÓN E IMPLANTACIÓN	X							
2	TÉCNICO 01	VIRTUAL			X	13.0	18.0	72%	14.0	18.0	78%
3	TECNICO 02	VIRTUAL			X	12.0	18.0	67%	12.0	18.0	67%
4	TECNICO 03	VIRTUAL			X	14.0	18.0	78%	12.0	18.0	67%
5	TECNICO 04	VIRTUAL			X	10.0	18.0	56%	11.0	18.0	61%
6	TECNICO 05	VIRTUAL			X	13.0	18.0	72%	11.0	18.0	61%
7	OPERADOR 01	VIRTUAL			X	11.0	18.0	61%	12.0	18.0	67%
8	OPERADOR 02	VIRTUAL			X	10.0	18.0	56%	10.0	18.0	56%
9	OPERADOR 03	VIRTUAL			X	11.0	18.0	61%	9.0	18.0	50%
						11.8	18.0	65%	11.4	18.0	63%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados demostraron que el TPM se ha cumplido conforme lo esperado, en donde se contó con un índice de cumplimiento que se ha encontrado en el 65%, a consecuencia de que los representantes del área de mantenimiento y producción contaron con una nota promedio de 11.8; Así mismo, para el caso de la implantación, se contó con un índice promedio del 63%, en donde se obtuvo una nota promedio de 11.4, demostrando la necesidad de contar con la incurrencia de contar con un cronograma de implementación y capacitación del TPM.

Tabla 25. Post test de evaluación básica del TPM – Segunda capacitación

N°	INTEGRANTE	MODALIDAD	TEMA	EVALUADOR	PARTICIPANTE	PREPARACIÓN			IMPLANTACIÓN		
						R0	Re	Ndc	R0	Re	Ndc
1	ZURITA ORIHUELA, RONALD DAVID	VIRTUAL	EVALUACIÓN SOBRE PREPARACIÓN E IMPLANTACIÓN	X							
2	TÉCNICO 01	VIRTUAL			X	12.0	18.0	67%	15.0	18.0	83%
3	TECNICO 02	VIRTUAL			X	11.0	18.0	61%	12.0	18.0	67%
4	TECNICO 03	VIRTUAL			X	13.0	18.0	72%	13.0	18.0	72%

5	TECNICO 04	VIRTUAL			X	12.0	18.0	67%	14.0	18.0	78%
6	TECNICO 05	VIRTUAL			X	14.0	18.0	78%	12.0	18.0	67%
7	OPERADOR 01	VIRTUAL			X	12.0	18.0	67%	13.0	18.0	72%
8	OPERADOR 02	VIRTUAL			X	11.0	18.0	61%	11.0	18.0	61%
9	OPERADOR 03	VIRTUAL			X	12.0	18.0	67%	10.0	18.0	56%
						12.1	18.0	67%	12.5	18.0	69%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados demostraron que el TPM se ha cumplido conforme lo esperado, en donde se contó con un índice de cumplimiento que se ha encontrado en el 67%, a consecuencia de que los representantes del área de mantenimiento contaron con una nota promedio de 12.1; Así mismo, para el caso de la implantación, se contó con un índice promedio del 69%, en donde se obtuvo una nota promedio de 12.5, demostrando la necesidad de contar con la incurrencia de contar con un cronograma de implementación y capacitación del TPM.

Tabla 26. Post test de evaluación básica del TPM – Tercera capacitación

N°	INTEGRANTE	MODALIDAD	TEMA	EVALUADOR	PARTICIPANTE	PREPARACIÓN			IMPLANTACIÓN		
						R0	Re	Ndc	R0	Re	Ndc
1	ZURITA ORIHUELA, RONALD DAVID	VIRTUAL	EVALUACIÓN SOBRE PREPARACIÓN E IMPLANTACIÓN	X							
2	TÉCNICO 01	VIRTUAL			X	16.0	18.0	89%	18.0	18.0	100%
3	TECNICO 02	VIRTUAL			X	17.0	18.0	94%	16.0	18.0	89%
4	TECNICO 03	VIRTUAL			X	16.0	18.0	89%	17.0	18.0	94%
5	TECNICO 04	VIRTUAL			X	15.0	18.0	83%	18.0	18.0	100%
6	TECNICO 05	VIRTUAL			X	14.0	18.0	78%	15.0	18.0	83%
7	OPERADOR 01	VIRTUAL			X	15.0	18.0	83%	16.0	18.0	89%
8	OPERADOR 02	VIRTUAL			X	14.0	18.0	78%	14.0	18.0	78%
9	OPERADOR 03	VIRTUAL			X	15.0	18.0	83%	13.0	18.0	72%
						15.3	18.0	85%	15.9	18.0	88%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados demostraron que el TPM se ha cumplido conforme lo esperado, en donde se contó con un índice de cumplimiento que se ha encontrado en el 85%, a consecuencia de que los representantes del área de mantenimiento contaron con una nota promedio de 15.3; Así mismo, para el caso de la implantación, se contó con un índice promedio del 88%, en donde se obtuvo una nota promedio de 15.9, demostrando la necesidad de contar con la incurrencia de contar con un cronograma de implementación y capacitación del TPM.

ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

Tabla 27. Balance económico de la inversión

Flujo de Caja económico de la Mejora

Enfocada en la reducción de costos (mejora de la OEE)

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
COSTOS PRE		7,888.25	5,391.25	6,552.50	6,610.89	6,610.89	6,610.89	S/ 6,610.89	S/ 6,610.89	S/ 6,610.89	S/ 6,610.89	S/ 6,610.89	S/ 6,610.89
Fallas operacionales		S/ 3,111.75	S/ 2,659.50	S/ 2,976.75	S/ 2,916.00								
Fallas de Mantenimiento		S/ 4,036.50	S/ 2,031.75	S/ 2,895.75	S/ 2,988.23								
Consumo de Energía		S/ 740.00	S/ 700.00	S/ 680.00	S/ 706.66								
COSTOS POST		S/ 2,782.75	S/ 2,749.75	S/ 2,715.75	S/ 2,749.41								
Fallas operacionales		S/ 735.75	S/ 1,248.75	S/ 1,255.50	S/ 1,080.00								
Fallas de Mantenimiento		S/ 1,647.00	S/ 1,161.00	S/ 1,100.25	S/ 1,302.75								
Consumo de Energía		S/ 400.00	S/ 340.00	S/ 360.00	S/ 366.66								
Beneficio		S/ 5,105.50	S/ 2,641.50	S/ 3,836.75	S/ 3,861.48								
Inversiones Tangibles	S/ 8,679.50												
Repuestos y accesorios	S/ 1,740.00												
Papelería y útiles de oficina	S/ 879.50												
Bienes y servicios	S/ 6,060.00												
Inversiones Intangibles	S/ 23,763.75												
Servicio de agua y desagüe	S/ 720.00												
Servicio de suministro de energía	S/ 900.00												
Viáticos y asignaciones	S/ 5,670.00												
Invers Investigación y otros	S/ 16,473.75												
Imprevistos (5%)	S/ 1,622.16												
TOTALES NETOS	-S/ 34,065.41	S/ 5,105.50	S/ 2,641.50	S/ 3,836.75	S/ 3,861.48								

Cálculo del VAN	S/ 8,071.46		
Costo de Oportunidad del capital (COK)	2%	Mes	19.56% Anual

Cálculo de la TIR	5.11%	mes	81.93% Anual
--------------------------	-------	-----	--------------

Cálculo del ratio Beneficio / Costo	1.24	S/ 42,136.87
--	------	--------------

Fuente: Elaboración propia

El valor actual neto (VAN) va a ayudarnos actualizar los cobros y pagos del proyecto de inversión para el proyecto, a fin de conocer si vamos a perder o ganar en esta inversión. Para ello, se tomó la tasa de descuento económica determinado en el punto anterior, teniendo como resultado un proyecto positivo al arrojar un VAN de S/ 8 071.46 que representa las ganancias descontadas de los egresos y la inversión total de ingresos. De esta manera, se puede decir que el proyecto se considera económicamente viable.

La Tasa Interna de Retorno es la encargada de hacer que el VAN sea igual cero, en búsqueda que el TIR resulte ser mayor a la tasa mínima de retorno a fin de confirmar que el proyecto sea factible. En este caso, la TIR es mayor que la tasa de descuento económica, teniendo un 5.11% y sustentando la viabilidad del proyecto.

Para la relación beneficios costo financiero se tomó en cuenta el valor presente de los ingresos y egresos, lo cual da como resultado 1.24 y como es mayor a uno, el proyecto es rentable financieramente

Tabla 28. Datos presupuestados chancadora – Fallas de Mantenimiento

DATOS PRESUPUESTADOS			
FALLAS OPERACIONALES CHANCADORA CHS N°01			
Costos Pre			
Fallas operacionales	Cantidad(Hrs)	Costo	Valor
Mes 1	46.10	S/ 67.50	S/ 3,111.75
Mes 2	39.40	S/ 67.50	S/ 2,659.50
Mes 3	44.10	S/ 67.50	S/ 2,976.75
Mes 4	43.20	S/ 67.50	S/ 2,916.00
Mes 5	43.20	S/ 67.50	S/ 2,916.00
Mes 6	43.20	S/ 67.50	S/ 2,916.00

FALLAS OPERACIONALES CHANCADORA CHS N°01			
Costos Post			
Fallas operacionales	Cantidad(Hrs)	Costo	Valor
Mes 1	10.90	S/ 67.50	S/ 735.75

Mes 2	18.50	S/ 67.50	S/ 1,248.75
Mes 3	18.60	S/ 67.50	S/ 1,255.50
Mes 4	16.00	S/ 67.50	S/ 1,080.00
Mes 5	16.00	S/ 67.50	S/ 1,080.00
Mes 6	16.00	S/ 67.50	S/ 1,080.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Datos presupuestados chancadora – Fallas Operacionales

DATOS PRESUPUESTADOS			
FALLAS OPERACIONALES CHANCADORA CHS N°01			
Costos Pre			
Fallas operacionales	Cantidad(Hrs)	Costo	Valor
Mes 1	59.80	S/ 67.50	S/ 4,036.50
Mes 2	30.10	S/ 67.50	S/ 2,031.75
Mes 3	42.90	S/ 67.50	S/ 2,895.75
Mes 4	44.27	S/ 67.50	S/ 2,988.23
Mes 5	44.27	S/ 67.50	S/ 2,988.23
Mes 6	44.27	S/ 67.50	S/ 2,988.23

FALLAS OPERACIONALES CHANCADORA CHS N°01			
Costos Post			
Fallas operacionales	Cantidad(Hrs)	Costo	Valor
Mes 1	24.40	S/ 67.50	S/ 1,647.00
Mes 2	17.20	S/ 67.50	S/ 1,161.00
Mes 3	16.30	S/ 67.50	S/ 1,100.25
Mes 4	19.30	S/ 67.50	S/ 1,302.75
Mes 5	19.30	S/ 67.50	S/ 1,302.75
Mes 6	19.30	S/ 67.50	S/ 1,302.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Datos presupuestados chancadora – Consumo Energía Eléctrica

DATOS PRESUPUESTADOS			
CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA CHANCADORA CHS N°01			
Costos Pre			
Consumo de Energía eléctrica	Consumo en Kw/h	Costo	Valor
Mes 1	925.00	S/ 0.80	S/ 740.00
Mes 2	875.00	S/ 0.80	S/ 700.00
Mes 3	850.00	S/ 0.80	S/ 680.00
Mes 4	883.33	S/ 0.80	S/ 706.66
Mes 5	883.33	S/ 0.80	S/ 706.66
Mes 6	883.33	S/ 0.80	S/ 706.66

CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA CHANCADORA CHS N°01			
Costos Post			
Consumo de Energía eléctrica	Consumo en Kw/h	Costo	Valor
Mes 1	500.00	S/ 0.80	S/ 400.00
Mes 2	425.00	S/ 0.80	S/ 340.00
Mes 3	450.00	S/ 0.80	S/ 360.00
Mes 4	458.33	S/ 0.80	S/ 366.66
Mes 5	458.33	S/ 0.80	S/ 366.66
Mes 6	458.33	S/ 0.80	S/ 366.66

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las tablas 29, 30 y 31 se detalla los costos pre y post del flujo de caja económico, detallando los datos obtenidos presupuestados de la chancadora N° 01, correspondiente al consumo de energía eléctrica al momento de poner en operación, las fallas de mantenimiento y las fallas operacionales.

El consumo de energía eléctrica al poner en operación en pre datos por los 6 meses S/ 2 199.99 y el consumo de energía eléctrica al poner en operación en el post datos por los 6 meses es de S/ 4 833.32

El costo de fallas por mantenimiento en los pre datos en los 6 meses asciende a S/ 17 928.68 y los costos por fallas por mantenimiento en los post datos en los 6 meses asciende a S/ 7 816.50

El costo de fallas operacionales en los pre datos en los 6 meses asciende a S/ 17 496.00 y los costos por fallas operacionales en los post datos en los 6 meses asciende a S/ 6 480.00.

3.6. Métodos de análisis de datos

Como indica Zumarán, *et al* (2017), corresponde en esta etapa realizar el procesamiento de los datos seleccionando las técnicas o métodos a través del análisis **estadístico descriptivo** que permitirán el diseño de las gráficas, tablas y figuras que resuman visualmente los resultados de los datos recolectados; además, se realizará el **análisis estadístico inferencial**, por medio del programa estadístico **SPSS** versión 25.0 en el cual se ingresarán los datos y por medio de las pruebas estadísticas efectuadas antes y después de la aplicación del TPM se contrastarán las hipótesis específicas y general.

Análisis estadístico descriptivo

Medidas de tendencia central

Zumarán, *et al* (2017), La estadística descriptiva en su enfoque básico para determinar datos y transformar en indagaciones sobresalientes para tener en cuenta en una investigación, sugiere un grupo de indicadores estadísticos que acepten una apreciación rápida de lo que sucede en el estudio (p.119).

Media aritmética (\bar{X})

Zumarán, *et al* (2017), es el promedio de los datos relacionados, en conclusión, se obtiene al dividir la sumatoria de las cantidades entre el número total de las mismas, es importante considerar que se puede obtener con pocas o grandes datos (p.119).

Mediana (Me)

Zumarán, *et al* (2017), se define como el punto medio en la repartición de datos agrupados entre sí, quiere decir es el dato que divide a dicha repartición en dos partes relacionadas a las reiteraciones, ocupa el lugar central del conjunto de datos (p.121).

Moda (M_0)

Zumarán, *et al* (2017), está dado por la característica o por el valor que se repite con gran reiteración dentro de una serie de datos (p.123).

Medidas de dispersión

Zumarán, *et al* (2017), las medidas de variabilidad o dispersión son números que miden el grado de separación de las cifras respecto a un valor, básicamente es la media aritmética (p.124).

Varianza (S^2)

Zumarán, *et al* (2017), la varianza es la media aritmética de los cuadrados de las diferencias de datos, con respecto a su media aritmética (p.124).

Desviación estándar (S)

Zumarán, *et al* (2017), la desviación estándar se define como la raíz cuadrada de la varianza. Es uno de los métodos estadísticos de gran uso, puesto que las unidades de la variable no están elevados al cuadrado sino en unidades originales (p.125).

Análisis estadístico inferencial

Hernández, *et al* (2014), la estadística inferencial ayuda a estimar parámetros y comprobar la hipótesis basado en la distribución muestral, rigiéndose del análisis paramétrico, análisis no paramétrico o el análisis multivariado (p.299).

Prueba chi-cuadrado de Pearson

Soto (2015), se emplea para definir la dependencia o la asociación de las variables, prueba no paramétrica (p.73).

3.7. Aspectos éticos

De acuerdo al proceso de toda investigación científica se debe partir del respeto de autoría por las investigaciones, trabajos, artículos o libros revisados, así como de su contenido; por ello, en el proyecto de investigación la información y los datos presentados serán veraces previa autorización del área de mantenimiento de la empresa Minera los Quenuales S.A. (ver anexo 1), guardando el respeto y cumplimiento por los lineamientos de citación y referencias de las normas ISO y su estilo 690, así como de los artículos 3, 8, 10, 15, 16 y 17 del Código de Ética de la Universidad César Vallejo (2020).

Villanueva et al. (2019) en su artículo científico denominado A race re-imaged, intersectional approach to academic mentoring: Exploring the perspectives and responses of womxn in science and engineering research, define al aspecto ético como: el trabajo es importante para la psicología educativa y social, ya que puede arrojar luz sobre como los participantes internalizan los temas como la

tutorial académica dentro de los protocolos. Al mismo tiempo, el método utilizado en este estudio puede ayudar a informar métodos cuantitativos y técnicas tradicionales. En este estudio, nuestro objetivo era examinar las perspectivas interseccionales y respuestas psicofisiológicas de la tutoría académica en la investigación para profesores femeninos y estudiantes graduados que tradicionalmente están considerados en sus campos de ciencia e ingeniería.

Muraille (2019) en su artículo científico *Ethical control of innovation in a globalized and liberal world: Is good science still science*, define al aspecto ético que es muy importante tener una eficiente ética de regulación en los sitios de ciencia en nuestra sociedad. Eso recuerda que la OMS podrían tener olvidado las investigaciones enfocadas en producir innovación para la economía, además los objetivos adquieren una coherente representación de los mundos como guía a nuestro comportamiento y ayuda a ser racional.

Así mismo Mantelero (2018) en su artículo científico *AI and Big Data: A blueprint for a human rights, social and ethical impact assessment*, define al aspecto ético como: El desarrollo de una autoevaluación establecida como modelo en los derechos humanos, para poder contribuir a la evolución de los existentes DPIA, hacia una completa evaluación de los modelos pro planteado en los derechos humanos, ético y evaluación de impacto social (HRESIA) está más cercanamente alineado con las intenciones de los UE legisladores o salvaguardia que no solamente son los derechos a la protección de datos personales, sino que también a los derechos fundamentales y libertades de personas naturales.

Tabla 31. Código de ética - UCV

Códigos de Ética de la Universidad César Vallejo	
Artículo 3°	"Respeto por las personas en su integridad y autonomía"
Artículo 8°	"Competencia profesional y científica"
Artículo 10°	"La investigación con seres humanos"
Artículo 15°	"De la política antiplagio"
Artículo 16°	"De los derechos del autor"
Artículo 17°	"Del investigador principal y personal investigador"

<https://www.ucv.edu.pe/datafiles/C%C3%93DIGO%20DE%20C3%89TICA.pdf>

Además, es primordial hacer mención que el investigador debe solicitar a la empresa en estudio el permiso para el acceso a la información sensible relacionada al objetivo, el alcance, el tiempo estimado y los beneficios del desarrollo de la investigación, lo cual debe ser explicado oportunamente y de forma clara; asimismo se debe respetar la confidencialidad de la data de la empresa de estudio que no desee que sean publicados o expuestos, de esta manera se protege la seguridad de los datos organizacionales (Meo, 2010).

IV. RESULTADOS

Análisis estadístico descriptivo

Variable independiente: Mantenimiento productivo total (TPM)

Dimensiones: Cumplimiento de preparación pre datos y pos datos 2021

Tabla 32. Datos estadísticos descriptivas de % de cumplimiento de preparación

Nivel de cumplimiento (Preparación)		
N	Válidos	8
	Perdidos	0
Media		.5555
Error típ. de la media		.02099
Mediana		.5555
Moda		.50 ^a
Desv. típ.		.05937
Varianza		.004
Asimetría		.936
Error típ. de asimetría		.752
Curtosis		.350
Error típ. de curtosis		1.481
Rango		.17
Mínimo		.50
Máximo		.67
Suma		4.44

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los

Nivel de cumplimiento (Preparación)		
N	Válidos	8
	Perdidos	0
Media		.8472
Error típ. de la media		.02033
Mediana		.8333
Moda		.83
Desv. típ.		.05751
Varianza		.003
Asimetría		.386
Error típ. de asimetría		.752
Curtosis		-.446
Error típ. de curtosis		1.481
Rango		.17
Mínimo		.78
Máximo		.94
Suma		6.78

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 31, la estadística descriptiva del % de cumplimiento de preparación comparativa de los 8 datos pre y 8 datos post del 2021 se tiene que la media en pre (0.55) frente a la media del post (0.84) se obtuvo un incremento de

(0.29), así mismo la desviación estándar en pre (0.059) y la desviación del post (0.057), la varianza tuvo un grado de variabilidad pre (0.004) y el post (0.003), la concentración de datos más cercanos a la media de la curtosis en el pre (0.35) y post (-0.44) donde especifica que hay mayor concentración de datos apilados a la línea de tendencia central y por ultimo para hallar el rango se calcula el valor máximo menos el valor mínimo donde tenemos los datos pre (0.17) y post (0.17).

Dimensiones: Cumplimiento de Implantación pre datos y pos datos 2021

Tabla 33. Datos estadísticos descriptivas de % de cumplimiento de Implantación

Nivel de cumplimiento (Implantación)		
N	Válidos	8
	Perdidos	0
Media		.5833
Error típ. de la media		.03150
Mediana		.5833
Moda		.56 ^a
Desv. típ.		.08909
Varianza		.008
Asimetría		.000
Error típ. de asimetría		.752
Curtosis		-.311
Error típ. de curtosis		1.481
Rango		.28
Mínimo		.44
Máximo		.72
Suma		4.67

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los

Nivel de cumplimiento (Implantación)		
N	Válidos	8
	Perdidos	0
Media		.8819
Error típ. de la media		.03551
Mediana		.8889
Moda		.89 ^a
Desv. típ.		.10043
Varianza		.010
Asimetría		-.335
Error típ. de asimetría		.752
Curtosis		-.930
Error típ. de curtosis		1.481
Rango		.28
Mínimo		.72
Máximo		1.00
Suma		7.06

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 32, la estadística descriptiva del % de cumplimiento de la implantación comparativa de los 8 datos pre y 8 datos post del 2021 se tiene que la media en pre (0.58) frente a la media del post (0.88) se obtuvo un incremento de (0.30), así mismo la desviación estándar en pre (0.089) y la desviación del post (0.10), la varianza tuvo un grado de variabilidad pre (0.008) y el post (0.010), la concentración de datos más cercanos a la media de la curtosis en el pre (-0.31) y post (-0.93) donde especifica que hay mayor concentración de datos apilados a la línea de tendencia central y por ultimo para hallar el rango se calcula el valor máximo menos el valor mínimo donde tenemos los datos pre (0.28) y post (0.28).

Variable dependiente: eficiencia global de los equipos (OEE)

Tabla 34. Datos estadísticos descriptivos de % de OEE CH N°01

Estadística decriptiva de abril a junio 2021 en % de OEE		
		OEE
N	Válidos	91
	Perdidos	7
Media		0.7692
Error típ. de la media		0.0204
Mediana		0.8125
Moda		1.0000
Desv. típ.		0.1944
Varianza		0.0378
Asimetría		-0.7582
Error típ. de asimetría		0.2527
Curtosis		0.0023
Error típ. de curtosis		0.5003
Rango		0.8333
Mínimo		0.1667
Máximo		1.0000
Suma		70.00

Estadística decriptiva de agosto a octubre 2021 en % de OEE		
		OEE
N	Válidos	92
	Perdidos	6
Media		0.9028
Error típ. de la media		0.0132
Mediana		0.9583
Moda		1.0000
Desv. típ.		0.1271
Varianza		0.0161
Asimetría		-1.4615
Error típ. de asimetría		0.2513
Curtosis		1.7435
Error típ. de curtosis		0.4977
Rango		0.5375
Mínimo		0.4625
Máximo		1.0000
Suma		83.05

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 33, la estadística descriptiva del % de disponibilidad comparativa de los 91 datos pre de los meses de (abril, mayo y junio del 2021) y 92 datos post de los meses (agosto, septiembre y octubre del 2021) de la chancadora N°01 , la media en pre (0.77) frente a la media del post (0.90) se obtuvo un incremento de (0.13), así mismo la desviación estándar en pre (0.19) y la desviación del post (0.13), la varianza tuvo un grado de variabilidad pre (0.04) y el post (0.02), la concentración de datos más cercanos a la media de la curtosis en el pre (0.0023) y post (1.74) donde especifica que hay mayor concentración de datos apilados a la línea de tendencia central y por ultimo para hallar el rango se calcula el valor máximo menos el valor mínimo donde tenemos los datos pre (0.83) y post (0.54).

Dimensiones: disponibilidad pre datos y pos datos 2021

Tabla 35. Datos estadísticos descriptivas de % de disponibilidad CH N°01

Estadística decriptiva de abril a junio 2021 en % de disponibilidad			Estadística decriptiva de agosto a octubre 2021 en % de disponibilidad		
		Disponibilidad (D)			Disponibilidad (D)
N	Válidos	91	N	Válidos	92
	Perdidos	7		Perdidos	6
Media		0.89	Media		0.95
Error típ. de la media		0.01	Error típ. de la media		0.01
Mediana		0.90	Mediana		1.00
Moda		0.88	Moda		1.00
Desv. típ.		0.10	Desv. típ.		0.08
Varianza		0.011	Varianza		0.006
Asimetría		-1.75	Asimetría		-2.09
Error típ. de asimetría		0.25	Error típ. de asimetría		0.25
Curtosis		4.14	Curtosis		4.24
Error típ. de curtosis		0.50	Error típ. de curtosis		0.50
Rango		0.50	Rango		0.33
Mínimo		0.50	Mínimo		0.67
Máximo		1.00	Máximo		1.00
Suma		80.57	Suma		87.59

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 34, la estadística descriptiva del % de disponibilidad comparativa de los 91 datos pre de los meses de (abril, mayo y junio del 2021) y 92 datos post de los meses (agosto, septiembre y octubre del 2021) de la chancadora N°01, la media en pre (0.89) frente a la media del post (0.95) se obtuvo un incremento de 0.06, así mismo la desviación estándar en pre (0.10) y la desviación del post (0.08), la varianza tuvo un grado de variabilidad pre (0.011) y el post (0.006), la concentración de datos más cercanos a la media de la curtosis en el pre (4.14) y post (4.24) donde especifica que hay mayor concentración de datos apilados a la línea de tendencia central y por ultimo para hallar el rango se calcula el valor máximo menos el valor mínimo donde tenemos los datos pre (0.50) y post (0.33).

Dimensiones: Rendimiento pre datos y pos datos 2021

Tabla 36. Datos estadísticos descriptivos de % de rendimiento CH N°01

Estadística descriptiva de abril a junio 2021 en % de rendimiento			Estadística descriptiva de agosto a octubre 2021 en % de rendimiento		
		Rendimiento (R)			Rendimiento (R)
N	Válidos	91	N	Válidos	92
	Perdidos	7		Perdidos	6
Media		0.9278	Media		0.9700
Error típ. de la media		0.0079	Error típ. de la media		0.0060
Mediana		0.9520	Mediana		1.0000
Moda		1.0000	Moda		1.0000
Desv. típ.		0.0757	Desv. típ.		0.0578
Varianza		0.0057	Varianza		0.0033
Asimetría		-0.7705	Asimetría		-2.5110
Error típ. de asimetría		0.2527	Error típ. de asimetría		0.2513
Curtosis		0.0756	Curtosis		7.0118
Error típ. de curtosis		0.5003	Error típ. de curtosis		0.4977
Rango		0.3333	Rango		0.2900
Mínimo		0.6667	Mínimo		0.7100
Máximo		1.0000	Máximo		1.0000
Suma		84.43	Suma		89.24

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 35, la estadística descriptiva del % de rendimiento comparativa de los 91 datos pre de los meses de (abril, mayo y junio del 2021) y 92 datos post de los meses (agosto, septiembre y octubre del 2021) de la chancadora N°01, la media en pre (0.92) frente a la media del post (0.97) se obtuvo un incremento de 0.05, así mismo la desviación estándar en pre (0.08) y la desviación del post (0.06), la varianza tuvo un grado de variabilidad pre (0.006) y el post (0.003), la concentración de datos más cercanos a la media de la curtosis en el pre (0.08) y post (7.01) donde especifica que hay mayor concentración de datos apilados a la línea de tendencia central y por último para hallar el rango se calcula el valor máximo menos el valor mínimo donde tenemos los datos pre (0.33) y post (0.29).

Dimensiones: Calidad pre datos y pos datos 2021

Tabla 37. Datos estadísticos descriptivas de % de calidad CH N°01

Estadística decriptiva de abril a junio 2021 en % de calidad			Estadística decriptiva de agosto a octubre 2021 en % de calidad		
		Calidad (C)			Calidad (C)
N	Válidos	91	N	Válidos	92
	Perdidos	7		Perdidos	6
Media		0.9144	Media		0.9727
Error típ. de la media		0.0101	Error típ. de la media		0.0048
Mediana		0.9495	Mediana		1.0000
Moda		1.0000	Moda		1.0000
Desv. típ.		0.0961	Desv. típ.		0.0465
Varianza		0.0092	Varianza		0.0022
Asimetría		-1.2767	Asimetría		-1.6834
Error típ. de asimetría		0.2527	Error típ. de asimetría		0.2513
Curtosis		2.4593	Curtosis		2.0807
Error típ. de curtosis		0.5003	Error típ. de curtosis		0.4977
Rango		0.5000	Rango		0.1838
Mínimo		0.5000	Mínimo		0.8162
Máximo		1.0000	Máximo		1.0000
Suma		83.21	Suma		89.49

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 36, la estadística descriptiva del % de calidad comparativa de los 91 datos pre de los meses de (abril, mayo y junio del 2021) y 92 datos post de los meses (agosto, septiembre y octubre del 2021) de la chancadora N°01 , la media en pre (0.91) frente a la media del post (0.97) se obtuvo un incremento de 0.06, así mismo la desviación estándar en pre (0.10) y la desviación del post (0.05), la varianza tuvo un grado de variabilidad pre (0.009) y el post (0.002), la concentración de datos más cercanos a la media de la curtosis en el pre (2.46) y post (2.08) donde especifica que hay mayor concentración de datos apilados a la línea de tendencia central y por ultimo para hallar el rango se calcula el valor máximo menos el valor mínimo donde tenemos los datos pre (0.50) y post (0.18).

Análisis estadístico inferencial

Variable dependiente: eficiencia global de los equipos (OEE)

Contrastación de las hipótesis general

siendo:

- Hi: La aplicación del TPM mejorará la OEE de la gestión de mantenimiento de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.
- H0: La aplicación del TPM no mejorará la OEE de la gestión de mantenimiento de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.

H0: OEE_{pre} > OEE_{post}

Para contrastar la hipótesis, tenemos que definir qué estadígrafo vamos a utilizar por lo que comenzaremos verificando la normalidad, como la muestra es mayor a 50 datos, se procederá con Kolmogorov Smirnov.

Tabla 38. Análisis de normalidad de la disponibilidad con Kolmogorov Smirnov

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Eficiencia Global de los equipos	Eficiencia Global de los equipos
N		91	92
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,7692	,9028
	Desviación típica	,19440	,12705
Diferencias más extremas	Absoluta	,157	,224
	Positiva	,118	,222
	Negativa	-,157	-,224
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,501	2,145
Sig. asintót. (bilateral)		,022	,000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 37, el nivel de significancia en ambos casos (pre y post) es menor a 0.05, en este caso es no paramétrico y se usara el estadígrafo de Wilcoxon.

Tabla 39. Análisis de prueba no paramétrica

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Eficiencia Global de los equipos	91	,17	1,00	,7692	,19440
Eficiencia Global de los equipos	92	,46	1,00	,9028	,12705
N válido (según lista)	90				

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 38, de análisis no paramétrico, la calidad en los pre datos era de (0.77) y en el post datos de (0.90) evidenciando una mejora de 0.13. Finalmente se verifica lo mencionado y procede con la contrastación de la significancia del análisis.

Tabla 40. Análisis estadístico de prueba – Wilcoxon

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Eficiencia Global de los equipos - Eficiencia Global de los equipos	Rangos negativos	9 ^a	35,50	319,50
	Rangos positivos	67 ^b	38,90	2606,50
	Empates	14 ^c		
	Total	90		

a. Eficiencia Global de los equipos < Eficiencia Global de los equipos

b. Eficiencia Global de los equipos > Eficiencia Global de los equipos

c. Eficiencia Global de los equipos = Eficiencia Global de los equipos

Estadísticos de contraste^a

	Eficiencia Global de los equipos - Eficiencia Global de los equipos
Z	-5,922 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia

Se verifica en la tabla 39, la significancia es igual a 0.000, por ende, al ser menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación, señalando que la OEE del pre test es menor que la OEE post test.

$$H_0: OEE_{pre} < OEE_{post}$$

Dimensiones: Disponibilidad

Contrastación de la hipótesis específica 1

siendo:

- Hi: La aplicación del TPM mejorará la disponibilidad del equipo de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.
- H0: La aplicación del TPM no mejorará la disponibilidad del equipo de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.

$$H_0: D_{pre} > D_{post}$$

Para contrastar la hipótesis, tenemos que definir qué estadígrafo vamos a utilizar por lo que comenzaremos verificando la normalidad, como la muestra es mayor a 50 datos, se procederá con Kolmogorov Smirnov.

Tabla 41. Análisis de normalidad de la disponibilidad con Kolmogorov Smirnov

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Disponibilidad post datos (D)	Disponibilidad pre datos (D)
N		92	91
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,9520	,8853
	Desviación típica	,07679	,10253
Diferencias más extremas	Absoluta	,277	,273
	Positiva	,266	,132
	Negativa	-,277	-,273
Z de Kolmogorov-Smirnov		2,660	2,604
Sig. asintót. (bilateral)		,000	,000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 40, el nivel de significancia en ambos casos (pre y post) es menor a 0.05, en este caso es no paramétrico y se usara el estadígrafo de Wilcoxon.

Tabla 42. Análisis de prueba no paramétrica

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Disponibilidad pre datos (D)	91	,50	1,00	,8853	,10253
Disponibilidad post datos (D)	92	,67	1,00	,9520	,07679
N válido (según lista)	90				

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 41, de análisis no paramétrico, la calidad en los pre datos era de (0.89) y en el post datos de (0.95) evidenciando una mejora de 0.06. Finalmente se verifica lo mencionado y procede con la contrastación de la significancia del análisis.

Tabla 43. Análisis estadístico de prueba – Wilcoxon

Rangos				
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Disponibilidad post datos (D) - Disponibilidad pre datos (D)	Rangos negativos	9 ^a	34,39	309,50
	Rangos positivos	60 ^b	35,09	2105,50
	Empates	21 ^c		
	Total	90		

a. Disponibilidad post datos (D) < Disponibilidad pre datos (D)

b. Disponibilidad post datos (D) > Disponibilidad pre datos (D)

c. Disponibilidad post datos (D) = Disponibilidad pre datos (D)

Estadísticos de contraste^a

	Disponibilidad post datos (D) - Disponibilidad pre datos (D)
Z	-5,379 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Fuente: Elaboración propia

Se verifica en la tabla 42, la significancia es igual a 0.000, por ende, al ser menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación, señalando que la disponibilidad del pre test es menor que la disponibilidad post test.

$$H_0: D_{pre} < D_{post}$$

Dimensiones: Rendimiento

Contratación de la hipótesis específica 2

siendo:

- H_1 : La aplicación del TPM mejorará el rendimiento del equipo de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.
- H_0 : La aplicación del TPM no mejorará el rendimiento del equipo de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.

$$H_0: R_{pre} > R_{post}$$

Para contrastar la hipótesis, tenemos que definir qué estadígrafo vamos a utilizar por lo que comenzaremos verificando la normalidad, como la muestra es mayor a 50 datos, se procederá con Kolmogorov Smirnov.

Tabla 44. Análisis de normalidad de rendimiento con Kolmogorov Smirnov

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Rendimiento pre datos (R)	Rendimiento post datos (R)
N		91	92
Parámetros normales ^{a, b}	Media	,9278	,9700
	Desviación típica	,07565	,05778
Diferencias más extremas	Absoluta	,237	,372
	Positiva	,170	,302
	Negativa	-,237	-,372
Z de Kolmogorov-Smirnov		2,259	3,568
Sig. asintót. (bilateral)		,000	,000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 43, el nivel de significancia en ambos casos (pre y post) es menor a 0.05, en este caso es no paramétrico y se usara el estadígrafo de Wilcoxon.

Tabla 45. Análisis de prueba no paramétrica

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Rendimiento pre datos (R)	91	,67	1,00	,9278	,07565
Rendimiento pre datos (R)	92	,71	1,00	,9700	,05778
N válido (según lista)	90				

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 44, de análisis no paramétrico, la calidad en los pre datos era de (0.89) y en el post datos de (0.95) evidenciando una mejora de 0.06. Finalmente se verifica lo mencionado y procede con la contrastación de la significancia del análisis.

Tabla 46. Análisis estadístico de prueba – Wilcoxon

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Rendimiento pre datos (R) - Rendimiento pre datos (R)	Rangos negativos	6 ^a	31,17	187,00
	Rangos positivos	50 ^b	28,18	1409,00
	Empates	34 ^c		
	Total	90		

a. Rendimiento pre datos (R) < Rendimiento pre datos (R)

b. Rendimiento pre datos (R) > Rendimiento pre datos (R)

c. Rendimiento pre datos (R) = Rendimiento pre datos (R)

Estadísticos de contraste^a

	Rendimiento pre datos (R) - Rendimiento pre datos (R)
Z	-4,985 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia

Se verifica en la tabla 45, la significancia es igual a 0.000, por ende, al ser menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación, señalando que el rendimiento del pre test es menor que el rendimiento post test.

$$H_0: R_{pre} < R_{post}$$

Dimensiones: Calidad

Contrastación de la hipótesis específica 3

siendo:

- Hi: La aplicación del TPM mejorará la Calidad del equipo de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.
- H0: La aplicación del TPM no mejorará la Calidad del equipo de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.

$$H_0: C_{pre} > C_{post}$$

Para contrastar la hipótesis, tenemos que definir qué estadígrafo vamos a utilizar por lo que comenzaremos verificando la normalidad, como la muestra es mayor a 50 datos, se procederá con Kolmogorov Smirnov.

Tabla 47. Análisis de normalidad de la calidad con Kolmogorov Smirnov

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Calidad pre datos (C)	Calidad post datos (C)
N		91	92
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,9144	,9727
	Desviación típica	,09614	,04646
Diferencias más extremas	Absoluta	,220	,406
	Positiva	,187	,279
	Negativa	-,220	-,406
Z de Kolmogorov-Smirnov		2,098	3,896
Sig. asintót. (bilateral)		,000	,000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 46, el nivel de significancia en ambos casos (pre y post) es menor a 0.05, en este caso es no paramétrico y se usará el estadígrafo de Wilcoxon.

Tabla 48. Análisis de prueba no paramétrica

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Calidad pre datos (C)	91	,50	1,00	,9144	,09614
Calidad post datos (C)	92	,82	1,00	,9727	,04646
N válido (según lista)	90				

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 47, de análisis no paramétrico, la calidad en los pre datos era de (0.91) y en el post datos de (0.97) evidenciando una mejora de 0.06. Finalmente se verifica lo mencionado y procede con la contrastación de la significancia del análisis.

Tabla 49. Análisis estadístico de prueba – Wilcoxon

Rangos				
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Calidad post datos (C) - Calidad pre datos (C)	Rangos negativos	10 ^a	26,15	261,50
	Rangos positivos	51 ^b	31,95	1629,50
	Empates	29 ^c		
	Total	90		

a. Calidad post datos (C) < Calidad pre datos (C)

b. Calidad post datos (C) > Calidad pre datos (C)

c. Calidad post datos (C) = Calidad pre datos (C)

Estadísticos de contraste^a

	Calidad post datos (C) - Calidad pre datos (C)
Z	-4,914 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia

Se verifica en la tabla 48, la significancia es igual a 0.000, por ende, al ser menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación, señalando que la calidad del pre test es mayor que la calidad post test.

$$H_0: C_{pre} < C_{post}$$

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se verifico que la implementación del mantenimiento productivo total (TPM), enfocado en la mejora de la eficiencia global de los equipos tuvo un impacto positivo en la disponibilidad, rendimiento y calidad de la chancadora N°01, cumpliendo las expectativas dentro de la empresa minera los Quenuales S.A.

Los resultados de OEE comprueba la hipótesis general de la investigación fue aceptada con un nivel de significancia de 0.000 en tal sentido, se puede afirmar que la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) manifiesta un incremento de la OEE de 77% a 90% debido a que en el pre test la media obtuvo un 0.769 y en el post dato se alcanzó un 0.902. Esto lo respalda los autores, Nallusamy et al. (2018), en su artículo "Implementation of Total Productive Maintenance to enhance the overall equipment effectiveness in medium scale industries", tuvo como objetivo mejorar la efectividad de los equipos y la implementación de un mantenimiento autónomo en una industria de fabricación de tubos PVC de mediana escala. Según el método de estudio se determinó que la eficiencia estaba por debajo del nivel aceptable en términos de mantenimiento planificado, que apoyado en la presencia de una OEE fue muy baja. La implementación del TPM fue necesario para levantar el nivel actual de la OEE más cerca del promedio mundial de 60%. Como resultado se pudo determinar que la implementación del TPM mejoró el OEE, teniendo como dato inicial 55.45%, y después de la implementación un aumento a 68.04%.

El resultado de disponibilidad comprueba la hipótesis específica 1 de la investigación el cual fue aceptada con un nivel de significancia 0.000 en ese sentido se puede afirmar que la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM), manifiesta una mejora la disponibilidad del equipo de 89% a 95%, debido a que en el pre test la media obtuvo un 0.885 y en el post dato se alcanzó un 0.952. Esto lo

respalda los autores, Mesías (2017) en su tesis titulada “Mejorar la gestión de mantenimiento en la planta de procesados cárnicos San Carlos aplicando mantenimiento productivo total TPM” Como resultados se obtuvo mejoras en la implementación del TPM para la gestión de mantenimiento, incrementando las órdenes de trabajo a 90% y la disponibilidad de los equipos alcanzó un valor de 94%. El OEE obtuvo un crecimiento hasta el 72%. Del estudio se concluyó que a través de la implantación del TPM se mejoró el nivel de cumplimiento de los mantenimientos preventivos, se redujeron los costos incurridos en compras de repuestos, ello apoyado de las reuniones con los colaboradores.

El resultado de rendimiento comprueba la hipótesis específica 2 de la investigación el cual fue aceptada con un nivel de significancia 0.000 en ese sentido se puede afirmar que la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM), manifiesta una mejora el rendimiento del equipo de 93% a 97%, debido a que en el pre test la media obtuvo un 0.927 y en el post dato se alcanzó un 0.970. Esto lo respalda los autores, Castillo et al. (2018), con su artículo “Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas” teniendo como objetivo evaluar si el TPM impactaba positivamente en el desempeño operativo de las compañías industriales, teniendo como indicadores, la disponibilidad, confiabilidad y calidad. Los resultados obtenidos fueron que las dimensiones que causaban un impacto positivo en el desempeño operativo del área de mantenimiento eran la tecnología, el mantenimiento autónomo, y la cultura integradora.

El resultado de calidad comprueba la hipótesis específica 3 de la investigación el cual fue aceptada con un nivel de significancia 0.000 en ese sentido se puede afirmar que la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM), manifiesta una mejora la calidad del equipo de 91% a 97%, debido a que en el pre test la media obtuvo un 0.914 y en el post dato se alcanzó un 0.972. Esto lo respalda los autores, Mientras que, Marín y Mateo (2013), han expuesto que los objetivos de la implementación de esta herramienta, están conformados por cero paradas de producción, la consecución de cero accidentes y cero defectos, en donde la minimización de estos, no solo puede llegar a generar que se cuente con un aporte significativo esto va depender de la calidad de servicio que se brinda el área de mantenimiento a los equipos.

En relación con los resultados de la presente investigación, se contó con condiciones poco favorables, en relación con la gestión de mantenimiento del equipo implementado dentro del ámbito minero, en donde el equipo que conto con una mayor cantidad de afectaciones fue: la chancadora N°01. De igual forma, Xiang y Feng (2020) expusieron que, todo empleo de equipos no solo conlleva a que se alcance a optimizar el proceso de mantenimiento dentro del ámbito de la línea de procesos, en donde la eficiencia de los equipos que encontraron los investigadores fue del 77%. A consecuencia de estas condiciones en las que se encontraron, se requirió de la implementación de la metodología TPM, la cual se ha encontrado distribuida en un promedio de tres etapas, las cuales fueron las siguientes: el conocimiento, la planificación y el área de mantenimiento, en donde la mejora de la eficiencia de los equipos alcanzó un valor mayoritario de 90%.

Así mismo, las condiciones iniciales en las que se ha encontrado la chancadora N°01, en el mes de abril se ha contado con una disponibilidad del 86%, en donde el rendimiento del equipo ha sido de 91% durante el tiempo que se ha encontrado operativo. Cabe señalar que la mantenibilidad (MTTR) ha contado con un promedio de 1.1 horas y la confiabilidad (MTBF) contó con un promedio de 16.8 horas. Además de ello, se expone una calidad del 89%, la cual se ha debido a paradas relacionadas directamente con la hora del almuerzo, las capacitaciones de los colaboradores, el cambio de turnos, entre otros aspectos que no fueron optimizados por el área de gestión de procesos. Mientras que, en el mes de mayo se ha contado con una disponibilidad del 90%, en donde el rendimiento del equipo ha sido de sólo 94% durante el tiempo que se ha encontrado operativo. Además, la mantenibilidad (MTTR) ha contado con un promedio de 0.9 horas y la confiabilidad (MTBF) contó con un promedio de 19.0 horas. En el mes de junio se ha contado con una disponibilidad del 90%, en donde el rendimiento de este equipo ha sido de 93% durante el tiempo que se ha encontrado operativo. Así mismo, cabe señalar que la mantenibilidad (MTTR) ha contado con un promedio de 0.9 horas y la confiabilidad (MTBF) contó con un promedio de 18.5 horas y la calidad fue del 92%.

Esto mismo, se vio complementado por el mal rendimiento que obtuvieron los profesionales que se han hecho cargo de la evaluación básica del TPM, en donde los resultados demostraron que el TPM no se ha cumplido conforme lo esperado, en donde se contó con un índice de cumplimiento que se ha encontrado en el 56%,

a consecuencia de que los representantes del área de mantenimiento contaron con una nota promedio de 10. Así mismo, para el caso de la implantación, se contó con un índice promedio del 57%, en donde se obtuvo una nota promedio de 10.20, demostrando la necesidad de contar con la incurrencia de contar con un cronograma de implementación y capacitación del TPM. Esto lo respalda los autores, Nallusamy et al. (2018), han señalado que, para poder mejorar la efectividad y la disponibilidad de los equipos, ha sido necesaria la motivación del colaborador, mediante el aumento de la participación y de forma consecuente, la mejora de la calidad, en donde Marín y Mateo (2013) señalan que debe existir una conexión lógica entre la implementación del TPM y el desarrollo del programa en la empresa, de este modo la implantación se logrará de forma exitosa.

Díaz et al. (2017) expuso que la gestión del mantenimiento en las plantas de producción, no solo permiten que se diagnostique la condición o el estado de mantenimiento de las plantas, sino que corresponde a contar con una mayoritaria posibilidad de toma de decisiones, en donde se puede demostrar una mejora del 90.80%. Así mismo, los resultados finales que se obtuvieron demostraron que, se ha cumplido conforme lo esperado, en donde se contó con un índice de cumplimiento que se ha encontrado en el 83%, a consecuencia de que los representantes del área de mantenimiento contaron con una nota promedio de 15. Así mismo, para el caso de la implantación, se contó con un índice promedio del 84%, en donde se obtuvo una nota promedio de 15.2, demostrando la necesidad de contar con la incurrencia de contar con un cronograma de implementación y capacitación del TPM.

Además, los valores del análisis económico y financiero expusieron un valor de VAN de S/ 8 071.46 y un valor de TIRE de 5.11%. señalando una clara evidencia de que la propuesta ha gozado de viabilidad económica como financiera.

VI. CONCLUSIONES

Se concluyó que, la aplicación del TPM se encontró distribuida en un total de tres meses, en donde se estableció un total de tres etapas, dentro de las cuales se tuvo a la preparación, la introducción y la consolidación, teniendo un total de tres evaluaciones, en donde el equipo evaluado ha sido el CH N°01.

Conclusión general

Se concluye que la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM), mejora la eficiencia global de los equipos (OEE) en la empresa minera los Quenuales, donde se obtuvo como resultado de la evaluación de pre datos de 77% y post datos de 90% obteniendo una mejora de eficiencia del equipo de 13%, esta mejora que se ve reflejado en las operaciones de la planta.

Conclusión específica 1

Se concluye que la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM), mejora la disponibilidad (D) del equipo en la empresa minera los Quenuales, donde se obtuvo como resultado de la evaluación de pre datos de 89% y post datos de 95% obteniendo una mejora de disponibilidad del equipo de 6%, esta mejora que se ve reflejado en las operaciones de la planta.

Conclusión específica 2

Se concluye que la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM), mejora el rendimiento (D) del equipo en la empresa minera los Quenuales, donde se obtuvo como resultado de la evaluación de pre datos de 93% y post datos de 97% obteniendo una mejora de rendimiento del equipo de 4%, esta mejora que se ve reflejado en las operaciones de la planta.

Conclusión específica 3

Se concluye que la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM), mejora la calidad (C) del equipo en la empresa minera los Quenuales, donde se obtuvo como resultado de la evaluación de pre datos de 91% y post datos de 97% obteniendo una mejora de la calidad del equipo de 6%, esta mejora que se ve reflejado en las operaciones de la planta.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda analizar la efectividad que puede llegar a tener la implementación del TPM, en cuanto a los indicadores de confiabilidad y de mantenibilidad, en donde se puede incurrir en la evaluación de la totalidad de equipos con la que cuenta la empresa donde estos indicadores influyen en la disponibilidad, rendimiento y calidad del equipo.

Así mismo, se recomienda que, para mejorar la eficiencia global de los equipos y reducir la mantenibilidad, se debe cumplir el programa de mantenimiento preventivo

de acuerdo a las fechas indicadas, también es necesario que los programas de capacitaciones sean constantes para concientizar a los operadores en los cuidados de los equipos reportando cualquier desperfecto de inmediato al área de mantenimiento y tener una mejor respuesta de servicio para acortar las paradas imprevistas del equipo. Así reducir los costos por mantenimientos correctivos que se realizan por personales terceros.

Mientras que, para la organización se recomienda ser consciente que hoy en día para que se puede llegar a mantener o ser parte de una de las empresas más importantes en el ámbito internacional, se tiene que concientizar y capacitar a la totalidad del personal, en base a la información que este puede llegar a tener en el corto y mediano plazo.

Además, se recomienda a la organización el realizar cursos de capacitación que se centren en la optimización de tiempos, dirigido hacia el personal de gestión y operaciones, con la finalidad de aumentar el nivel de la calidad, en cuanto a tiempo empleado.

REFERENCIAS

1. ÁLVAREZ, Héctor y SÁNCHEZ, Rocío. Modelo Estocástico para la eficiencia global de los equipos (OEE): Consideraciones prácticas para su utilización. *ONTARE* [en línea]. 3(2):53-86, 2015. doi:<https://doi.org/10.21158/23823399.v3.n2.2015.1441>
2. ARIAS, Jesús, VILLASÍS, Miguel y MIRANDA, María. El protocolo de la investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México* [en línea]. 63(2): 201-206, 2016. doi:<https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>
3. BAENA, Guillermina. *Metodología de la investigación: Serie integral por competencias* [en línea]. 3a ed. México: Grupo Editorial Patria, 2017. Disponible en https://www.academia.edu/40075208/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_Grupos_Editorial_Patria
4. BERNAL, César. *Metodología de la Investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales* [en línea]. 3a ed. Colombia: Pearson Educación, 2010. Disponible en <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
5. CASTILLO, Ángela, FERNÁNDEZ, Luis y ÁNGELES, Luis. Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur. *Revista de Ingeniería Industrial* [en línea]. 2(4): 29-35, 2018. Disponible en https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Industrial/vol2num4/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Industrial_V2_N4_4.pdf
6. CUATRECASAS, Lluís y TORREL, Francesca. *TPM en un entorno Lean Management*. 1a ed. Barcelona: Profit Editorial, 2010. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=n5qUDVbPA6wC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

7. DJATNAA, Taufik y MUHARRAM, Alitub (2015). An application of association rule mining in total productive maintenance strategy: an analysis and modelling in wooden doorm manufacturing industry [En Línea]. Diciembre 2015, Vol4. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915011658>
8. DE LA FUENTE, Antonio, GONZÁLEZ, Vicente, CRESPO, Adolfo, GÓMEZ, Juan y GUILLÉN, A. Advanced Techniques for Assets Maintenance Management [Técnicas avanzadas de gestión de mantenimiento de activos]. *IFAC-PapersOnLine* [en línea]. 51(11): 205-210, 2018. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.260>.
9. DÍAZ, Armando, DEL CASTILLO, Alfredo y VILLAR, Leisis. Instrument to assess the status of maintenance management on bioproduct plants: Case study [Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos: Un caso de estudio]. *Revista chilena de ingeniería Ingeniare* [en línea]. 25(2): 306-313, 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000200306>
10. DULZAIDES, María y MOLINA, Ana. Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. *ACIMED* [en línea]. 12(2), 2014. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000200011
11. Estadística para la investigación por Olga Zumaran [et al.]. Perú: Fondo editorial de la Universidad Cesar Vallejo, 2017. p.271. ISBN: 978-612-4158-75-9
12. Gallego, S. y García, M. Industry 4.0 implications in production and maintenance management: An overview [Implicancias de la industria 4.0 en la gestión de mantenimiento y producción: una descripción general]. *Procedia Manufacturing* [en línea], 41: 415-422, 2019. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.027>
13. GIRALDO, Sebastián. *TPM Latino, ¿pierde terreno?* ResaltadorKaizen. (mayo de 2017). Recuperado de <https://resaltadorkaizen.blogspot.com/2017/05/>

14. GUEDES, Micaela, FIGUEREIDO, Paulo, SOUSA, Camila y LOIOLA, Elizabeth. The role of motivation in the results of total productive maintenance [El papel de la motivación en los resultados de la mantenimiento productivo]. *Producción* [en línea]. 1-14, 2020. doi:<https://doi.org/10.1590/0103-6513.20200057>
15. HABIDIN, Nurl, HASHIM, Suzaituladwini, FUZI, Nursyazwani, SALLEH, Mad, SALMUNI, Wan y HUDIN, Norlaile. The Implementation of Total Productive Maintenance in Malaysia Automotive Industry [La implementación del Mantenimiento Productivo Total en la Industria Automotriz de Malasia] . *Research in World Economy*, 10(5): 89-95, 2019. doi:<https://doi.org/10.5430/rwe.v10n5p89>
16. HERNADEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar "Metodología de la investigación 6ta. Edición". México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V., 2010 p.24 ISBN 978-1-4562-2396-0.
17. LARRAÑAGA, Jesus, ZULUETA, Ekaitz, LOPEZ, Jose, RAMOS, Josean, LARRAÑAGA, Ana y AKIZU, Ortzi. Measuring global effectiveness of integrated electric energy systems. *International Journal f Hydrogen Energy* [en línea], 42(28): 18121-18133, 2017. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.04.057>
18. LÓPEZ, Daniel, FRAGA, Verónica, ROSAS, María, CASTRO, Gustavo y THOMPSON, María. Cómo redactar proyectos de investigación. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas* [en línea]. 18(4): 331-338, 2013 Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/473/47329250009.pdf>
19. MARÍN, Juan y MATEO, Rafael. Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. *Intangible Capital* [en línea]. 9(3): 823-853, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.3926/ic.360>
20. MATEO, Rafael. *Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) Aplicación en una empresa industrial*. Valencia: Tesis doctoral. Valencia: Universidad

- Politécnica de Valencia, 2015. Disponible en <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/61492>
21. MANTELERO, Alessandro. AI and Big Data: A blueprint for a human rights, social and ethical impact assessment. [En línea]. Abril – julio 2018, Vol. 34. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267364918302012>
ISSN: 0267-3649
22. MEHMETI, Xhemajl, MEHMETI, Besart y SEJDIU, Rrahim. The equipment maintenance management in manufacturing enterprises [La gestión de mantenimiento de equipos en empresas manufactureras]. *IFAC-PapersOnline* [en línea], 51(30): 800-802, 2018. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.192>
23. MEO, Analía. Consentimiento informado, anonimato y confidencialidad en investigación social: la experiencia internacional y el caso de la sociología en Argentina. *Revista de ciencias sociales aposta*, (44): 1-30, 2010. Disponible en <http://www.apostadigital.com/revistav3/hemeroteca/aines.pdf>
24. MESÍAS, Vicente. *Mejorar la gestión de mantenimiento en la planta de procesados cárnicos San Carlos aplicando Mantenimiento Productivo Total TPM*. Tesis (Licenciado en Ingeniería Mecánica y de Energía). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2017. Disponible en <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2915>
25. MORENO, Pedro y CALVILLO, Oscar. El Mantenimiento Productivo Total “TPM” como factor para el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado. *Revista de Ingeniería Industrial*, 2(3): 1-9, 2018. Disponible en https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Industrial/vol2num3/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Industrial_V2_N3_1.pdf
26. MURAILLE, Eric. Ethical control of innovation in a globalized and liberal world: Is good science still science? [En línea]. Diciembre– febrero 2020, Vol. 43. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160932719300146>

ISSN: 0160-9327

27. NALLUSAMY, S., KUMAR, Vijay, YADAV, Vivek, KUMAR P., Uday y SUMAN, S. Implementation of Total Productive Maintenance to enhance the overall equipment effectiveness in medium scale industries. *International Journal of Mechanical and Production* [en línea]. 8(1): 1027-1038, 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/322909200_Implementation_of_Total_Productive_Maintenance_to_Enhance_the_Overall_Equipment_Effectiveness_in_Medium_Scale_Industries
28. ÑAUPAS, Humberto, VALDIVIA, Marcelino, PALACIOS, Jesús y ROMERO, Hugo. *Metodología de la investigación: Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis* [en línea]. 5a ed. Bogotá: Ediciones de la U., 2018. Disponible en <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>
29. OBESO, Alexandra, YAYA, Javier y CHUCUYA, Roberto. Implementation of Total Productive Maintenance in improving the productivity and maintainability of the fishmeal process [Implementación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora de la productividad y mantenibilidad del proceso de harina de pescado]. *INGnosis* [en línea]. 5(2): 126-138, 2019. Disponible en <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INGnosis/article/view/2334/1959>
30. RODRÍGUEZ, Gonzalo. *Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en el proceso de corte de metales de la empresa EXANCO S.A.C. Lurín-2017*. Tesis (Licenciado en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/21258>
31. SÁNCHEZ, Diego y LOZADA, July. Mantenimiento Productivo Total TPM como herramienta de mejoramiento continuo. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 1-5, 2014. Disponible en <https://www.academia.edu/29765521>

32. SOBRINO, José. *Mantenimiento Productivo Total (TPM)* [Conferencia en línea] Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú, 26 de junio de 2020. Disponible en <https://www.cip.org.pe/events/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
33. SOTO, Roger. La tesis de maestría y doctorado en 4 pasos. 2° ed. Lima: Diograf, 2015. p.111. ISBN: 978-612-00-2104-0
34. SOUSA, Valmi, DRIESSNACK, Martha y COSTA, Isabel. An overview of research designs relevant to nursing: Part 1: quantitative research designs [Revisión de diseños de investigación resaltantes para enfermería Parte 1: Diseños de investigación cuantitativa]. *Revista Latino-americana de Enfermagem* [en línea]. 15(3): 502-507, 2007. doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300022>
35. SURYAPRAKASH, M., GOMATHI, M., YUVARAJA, M. y REVANTH, R. Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm [in press]. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. 1-6, 2020. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.820>
36. UNIVERSIDAD César Vallejo. Resolución del Consejo Universitario N° 0262-2020/UCV, 28 de agosto de 2020. Disponible en <https://www.ucv.edu.pe/wp-content/uploads/2020/11/RCUN%C2%B00262-2020-UCV-Aprueba-Actualizaci%C3%B3n-del-C%C3%B3digo-%C3%89tica-en-Investigaci%C3%B3n-1-1.pdf>
37. VARGAS, Zoila. La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación* [en línea]. 33(1): 155-165, 2009. doi:<https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538>
38. VERENA, José. Modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la eficiencia y optimización de la energía eléctrica. *Saber, Universidad de Oriente* [en línea]. 28(1): 99-105, 2016. Disponible en <http://ve.scielo.org/pdf/saber/v28n1/art10.pdf>.
39. VILLANUEVA, Idalis, DI STEFANO, Marialuisa, GELLES, Laura, VICIOSO, Paul y BENSON, Sheree. A race re-imaged, intersectional approach to

academic mentoring: Exploring the perspectives and responses of womxn in science and engineering research [En línea]. Junio – octubre 2019, Vol. 63, Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0361476X18303540>
ISSN: 0361-4760

40. XIANG, Zhang y FENG, Ching. Implementing total productive maintenance in a manufacturing small or medium-sized enterprise [Implementación del mantenimiento productivo total en una pequeña o mediana empresa manufacturera]. *Revista de Ingeniería y Gestión Industrial* [en línea]. 14(2): 15-175, 2020. doi:<https://doi.org/10.3926/jiem.3286>

ANEXOS

Anexo 1. Carta de autorización de la empresa.



Casapalca, 20 de octubre del 2021

A quien pueda interesar,

Por medio de la presente carta, expreso mi autorización a nuestro colaborador **Sr: Zurita Orihuela Ronald David**, trabajador activo de la empresa, con el cargo de técnico electricista superficie para el uso del nombre de la empresa que represento y de la información obtenidos del área de mantenimiento eléctrico superficie y planta para el trabajo de investigación que está llevando a cabo sobre **“Aplicación de TPM para mejorar la OEE de la gestión de mantenimiento en la minera Los Quenuales S.A., Casapalca, 2021”**

Atentamente,



Ing. Rubén Saturno Cayetano
Jefe de mantenimiento eléctrico superficie y planta

Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 7. Matriz de operacionalización de las variables

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	"Es el conjunto de técnicas para garantizar y aumentar la disponibilidad y rendimiento de los equipos manteniendo en un nivel óptimo de servicio y así incrementar el ciclo de vida, por ende, con la inversión costo mínimo en recursos humanos. (Cooke, 2015)."	Se implementará de forma progresiva durante las dos primeras fases, para ello se verificarán los resultados por medio de indicadores de cumplimiento en la preparación de la implantación mediante un formato de nivel de cumplimiento de la metodología TPM	Preparación	Índice de preparación(%)	$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$ Donde : Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado Obtenido Re=Resultado esperado	Razón
				Implantación	Índice de implantación(%)	$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$ Donde : Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado Obtenido Re=Resultado esperado	
	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable dependiente	OEE de la gestión de mantenimiento	La eficiencia de la gestión de mantenimiento. "Es la búsqueda de la máxima eficiencia de los equipos mediante puesta en práctica de las actividades de mejora continua sobre cada uno de los factores que estén relacionados con el coeficiente de disponibilidad y rendimiento. (Cuatrecasas,2010, p.117)"	La eficiencia de la gestión de mantenimiento se verá incrementado mediante la implementación del mantenimiento preventivo total (TPM). A través del incremento de disponibilidad y efectividad, las cuales serán evaluados mediante un formato de rendimiento de operabilidad.	Disponibilidad	Índice de disponibilidad(%)	$D(\%) = \frac{To}{Tp} * 100\%$ Donde : D= Disponibilidad To= Tiempo operativo Tc=Tiempo de planificado	Razón
				Rendimiento	Índice de rendimiento(%)	$R(\%) = \frac{Tf}{To} * 100\%$ Donde : R= Rendimiento Tf= Tiempo funcionando To=Tiempo operativo	
				Calidad	Índice de Calidad(%)	$C(\%) = \frac{(Tf - Pnp)}{Tf} * 100\%$ Donde : C= Calidad Tf= Tiempo funcionando Pnp=Paradas no previstas	

Fuente: elaboración propia

Anexo 3. Matriz de consistencia

Tabla 8. Matriz de consistencia

Título: Aplicación de TPM para mejorar la OEE de la gestión de mantenimiento en la minera Los Quenuales SA, Casapalca, 2021 Autor: Zurita Orihuela, Ronald David					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
Problema General ¿Cómo la aplicación del TPM mejorará la (OEE) de la gestión de mantenimiento de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021?	Objetivo General Aplicar el TPM para mejorar la (OEE) de la gestión de mantenimiento de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021	Hipótesis general La aplicación del TPM, mejorará la (OEE) de la gestión de mantenimiento de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.	V. Independiente Mantenimiento Productivo Total (TPM)	1. Índice de cumplimiento de preparación(%) $Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$ 2. Índice de cumplimiento de implantación(%) $Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$	Tipo de investigación Aplicada Enfoque, diseño de investigación Cuantitativo-preexperimental Nivel de investigación Explicativo
Problemas específicos: Problema específico 1 ¿Cómo la aplicación del TPM mejorará la disponibilidad de equipos de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021?	Objetivos específicos: Objetivo específico 1 Emplear el TPM para mejorar la disponibilidad de equipos de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.	Hipótesis específicas: Hipótesis específicas 1: La aplicación del TPM, mejorará la disponibilidad de equipos de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.	V. Dependiente OEE de la gestión de mantenimiento	1. Índice de disponibilidad(%) $D(\%) = \frac{To}{Tp} * 100\%$	Población Estará conformada por 183 datos de OEE diarios de la chancadora N°01, de los meses de abril a junio, y agosto a octubre del 2021
Problema específico 2 ¿Cómo la aplicación del TPM mejorará el rendimiento de equipos de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021?	Objetivo específico 2 Emplear el TPM para mejorar el rendimiento de equipos de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.	Hipótesis específicas 2: La aplicación del TPM, mejorará el rendimiento de equipos de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.		2. Índice de rendimiento(%) $R(\%) = \frac{Tf}{To} * 100\%$	Muestra No se utilizará Técnicas Análisis documental
Problema específico 3 ¿Cómo la aplicación del TPM mejorará la Calidad en los equipos de la empresa minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021?	Objetivo específico 3 Emplear el TPM para mejorar la calidad en los equipos de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.	Hipótesis específicas 3: La aplicación del TPM, mejorará la calidad en los equipos de mantenimiento de la minera Los Quenuales S.A., Casapalca 2021.		3. Índice de Calidad(%) $C(\%) = \frac{(Tf - Pnp)}{Tf} * 100\%$	Instrumentos Formato de evaluación de cumplimiento de preparación e implantación. Ficha de registro de disponibilidad, rendimiento y calidad de la chancadora N°01.

Fuente: elaboración propia

Anexo 4. Validación de los instrumentos de medición

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a): Mg. Rodríguez Alegre, Lino Rolando

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa de PFA de ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Este, promoción 2021, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y poder obtener el título de ingeniero industrial.

El título de mi proyecto de investigación es: **“Aplicación del TPM para mejorar la OEE de la gestión de mantenimiento de minera Los Quenuales S.A, Casapalca, 2021.”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Firma

Zurita Orihuela, Ronald David

D.N.I: 42731848

DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y LAS DIMENSIONES

Variable Independiente: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Según Moreno & Calvillo (2018). Es una herramienta de gran importancia no solo para las áreas productivas también para el área de mantenimiento de cualquier empresa. La buena implementación de este sistema donde se involucre en general a todos los colaboradores trae a la organización muchos beneficios.

Dimensiones de la variable: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Dimensión 1: PREPARACIÓN

Para (Marín & Mateo, 2013). Se da inicio la fase de preparación con un comunicado inicial de la aprobación y la decisión de implementar la metodología TPM en la empresa y se da por culminado con cuando se presenta el plan maestro.

Dimensión 2: IMPLANTACIÓN

Para Sánchez & Lozada (2011). Una vez aprobado el plan maestro se da por iniciada la implantación, este paso se hace para generar un ambiente que incentive e inspire dedicación a los trabajadores realizando una reunión con todos los colaboradores resaltando el compromiso e informando los planes a desarrollar.

Variable Dependiente: OEE DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO

La eficiencia de la gestión de mantenimiento. "Es la búsqueda de la máxima eficiencia de los equipos mediante puesta en práctica de las actividades de mejora continua sobre cada uno de los factores que estén relacionados con el coeficiente de disponibilidad y rendimiento. (Cuatrecasas,2010, p.117)"

Dimensiones de la variable: OEE DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO**Dimensión 1: DISPONIBILIDAD**

Para Álvarez & Sánchez (2015, p.58). Es una fracción del tiempo en cual el equipo estuvo listo para poder producir con respecto al tiempo planificado. Es por eso que afecta las paradas por mantenimiento programados y no programados.

Dimensión 2: RENDIMIENTO

Para Álvarez & Sánchez (2015, p.58). Es una proporción del tiempo de operación real del equipo con respecto a la operación ideal deseada, es por eso que el rendimiento es afectado por las pequeñas paradas ocasionado por falla en el equipo.

Dimensión 2: CALIDAD

Para Álvarez & Sánchez (2015, p.58). Es una proporción del tiempo efectivo de operación del equipo con respecto al tiempo real de operación, es por eso que la calidad está afectada por las paradas no previstas en proceso productivo.

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	"Es el conjunto de técnicas para garantizar y aumentar la disponibilidad y rendimiento de los equipos manteniendo en un nivel óptimo de servicio y así incrementar el ciclo de vida, por ende, con la inversión costo mínimo en recursos humanos. (Cooke, 2015)."	Se implementará de forma progresiva durante las dos primeras fases, para ello se verificarán los resultados por medio de indicadores de cumplimiento en la preparación de la implantación mediante un formato de nivel de cumplimiento de la metodología TPM	Preparación	Índice de preparación(%)	$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$ Donde : Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado Obtenido Re=Resultado esperado	Razón
				Implantación	Índice de implantación(%)	$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$ Donde : Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado Obtenido Re=Resultado esperado	
	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable dependiente	OEE de la gestión de mantenimiento	La eficiencia de la gestión de mantenimiento. "Es la búsqueda de la máxima eficiencia de los equipos mediante puesta en práctica de las actividades de mejora continua sobre cada uno de los factores que estén relacionados con el coeficiente de disponibilidad y rendimiento. (Cuatrecasas,2010, p.117)"	La eficiencia de la gestión de mantenimiento se verá incrementado mediante la implementación del mantenimiento preventivo total (TPM). A través del incremento de disponibilidad y efectividad, las cuales serán evaluados mediante un formato de rendimiento de operabilidad.	Disponibilidad	Índice de disponibilidad(%)	$D(\%) = \frac{To}{Tp} * 100\%$ Donde : D= Disponibilidad To= Tiempo operativo Tc=Tiempo de planificado	Razón
				Rendimiento	Índice de rendimiento(%)	$R(\%) = \frac{Tf}{To} * 100\%$ Donde : R= Rendimiento Tf= Tiempo funcionando To=Tiempo operativo	
				Calidad	Índice de Calidad(%)	$C(\%) = \frac{(Tf - Pnp)}{Tf} * 100\%$ Donde : C= Calidad Tf= Tiempo funcionando Pnp=Paradas no previstas	

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

N.º	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL							
	Dimensión 1: PREPARACIÓN							
	Donde: Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado obtenido Re= Resultado esperado $\text{Ndc} = \frac{\text{Ro}}{\text{Re}} * 100\%$	x		X		X		
	Dimensión 2: IMPLANTACIÓN							
	Donde: Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado obtenido Re= Resultado esperado $\text{Ndc} = \frac{\text{Ro}}{\text{Re}} * 100\%$	x		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO							
	Dimensión 1: DISPONIBILIDAD							
	Donde: D= Disponibilidad To= Tiempo operativo Tp= Tiempo planificado $D(\%) = \frac{\text{To}}{\text{Tp}} * 100\%$	x		X		X		
	Dimensión 2: RENDIMIENTO							
	Donde: R= Rendimiento Tf= Tiempo funcionando To= Tiempo operativo $R(\%) = \frac{\text{Tf}}{\text{To}} * 100\%$	x		X		X		
	Dimensión 3: CALIDAD							
	Donde: C= Calidad Tf= Tiempo funcionando Pnp= Paradas no previstas $C(\%) = \frac{(\text{Tf} - \text{Pnp})}{\text{Tf}} * 100\%$	x		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): es pertinente _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. RODRIGUEZ ALEGRE LINO ROLANDO

DNI: 06535058

Especialidad del validador: Ing. Pesquero Tecnólogo Mag. Administración..... CIP 25095

¹ **Coherencia:** El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo

² **Relevancia:** El ítem es esencial o importante, para representar al componente o dimensión específica del constructo

³ **Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

10 de noviembre del 2021



Firma del Experto Informante.

CARTA DE PRESENTACIÓN

Lima, 26 de octubre del 2021

Señor: Mg. Molina Vilchez, Jaime Enrique

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa de PFA de ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Este, promoción 2021, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y poder obtener el título de ingeniero industrial.

El título de mi proyecto de investigación es: "Aplicación del TPM para mejorar la OEE de la gestión de mantenimiento de minera Los Quenuales S.A, Casapalca, 2021." y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Firma

Zurita Orihuela, Ronald David

D.N.I: 42731848

DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y LAS DIMENSIONES

Variable Independiente: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Según Moreno & Calvillo (2018). Es una herramienta de gran importancia no solo para las áreas productivas también para el área de mantenimiento de cualquier empresa. La buena implementación de este sistema donde se involucre en general a todos los colaboradores trae a la organización muchos beneficios.

Dimensiones de la variable: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Dimensión 1: PREPARACIÓN

Para (Marín & Mateo, 2013). Se da inicio la fase de preparación con un comunicado inicial de la aprobación y la decisión de implementar la metodología TPM en la empresa y se da por culminado con cuando se presenta el plan maestro.

Dimensión 2: IMPLANTACIÓN

Para Sánchez & Lozada (2011). Una vez aprobado el plan maestro se da por iniciada la implantación, este paso se hace para generar un ambiente que incentive e inspire dedicación a los trabajadores realizando una reunión con todos los colaboradores resaltando el compromiso e informando los planes a desarrollar.

Variable Dependiente: OEE DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO

La eficiencia de la gestión de mantenimiento. "Es la búsqueda de la máxima eficiencia de los equipos mediante puesta en práctica de las actividades de mejora continua sobre cada uno de los factores que estén relacionados con el coeficiente de disponibilidad y rendimiento. (Cuatrecasas,2010, p.117)"

Dimensiones de la variable: OEE DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO

Dimensión 1: DISPONIBILIDAD

Para Alvarez & Sánchez (2015, p.58). Es una fracción del tiempo en cual el equipo estuvo listo para poder producir con respecto al tiempo planificado. Es por eso que afecta las paradas por mantenimiento programados y no programados.

Dimensión 2: RENDIMIENTO

Para Alvarez & Sánchez (2015, p.58). Es una proporción del tiempo de operación real del equipo con respecto a la operación ideal deseada, es por eso que el rendimiento es afectado por las pequeñas paradas ocasionado por falla en el equipo.

Dimensión 2: CALIDAD

Para Alvarez & Sánchez (2015, p.58). Es una proporción del tiempo efectivo de operación del equipo con respecto al tiempo real de operación, es por eso que la calidad está afectada por las paradas no previstas en proceso productivo.

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	"Es el conjunto de técnicas para garantizar y aumentar la disponibilidad y rendimiento de los equipos manteniendo en un nivel óptimo de servicio y así incrementar el ciclo de vida, por ende, con la inversión costo mínimo en recursos humanos. (Cooke, 2015)."	Se implementará de forma progresiva durante las dos primeras fases, para ello se verificarán los resultados por medio de indicadores de cumplimiento en la preparación de la implantación mediante un formato de nivel de cumplimiento de la metodología TPM	Preparación	Índice de preparación(%)	$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$ Donde : Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado Obtenido Re=Resultado esperado	Razón
				Implantación	Índice de implantación(%)	$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$ Donde : Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado Obtenido Re=Resultado esperado	
	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable dependiente	OEE de la gestión de mantenimiento	La eficiencia de la gestión de mantenimiento. "Es la búsqueda de la máxima eficiencia de los equipos mediante puesta en práctica de las actividades de mejora continua sobre cada uno de los factores que estén relacionados con el coeficiente de disponibilidad y rendimiento. (Cuatrecasas,2010, p.117)"	La eficiencia de la gestión de mantenimiento se verá incrementado mediante la implementación del mantenimiento preventivo total (TPM). A través del incremento de disponibilidad y efectividad, las cuales serán evaluados mediante un formato de rendimiento de operabilidad.	Disponibilidad	Índice de disponibilidad(%)	$D(\%) = \frac{To}{Tp} * 100\%$ Donde : D= Disponibilidad To= Tiempo operativo Tc=Tiempo de planificado	Razón
				Rendimiento	Índice de rendimiento(%)	$R(\%) = \frac{Tf}{To} * 100\%$ Donde : R= Rendimiento Tf= Tiempo funcionando To=Tiempo operativo	
				Calidad	Índice de Calidad(%)	$C(\%) = \frac{(Tf - Pnp)}{Tf} * 100\%$ Donde : C= Calidad Tf= Tiempo funcionando Pnp=Paradas no previstas	

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

N.º	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL							
	Dimensión 1: PREPARACIÓN							
	Donde: Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado obtenido Re= Resultado esperado $Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$	x		X		X		
	Dimensión 2: IMPLANTACIÓN							
	Donde: Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado obtenido Re= Resultado esperado $Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$	x		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO							
	Dimensión 1: DISPONIBILIDAD							
	Donde: D= Disponibilidad To= Tiempo operativo Tp= Tiempo planificado $D(\%) = \frac{To}{Tp} * 100\%$	x		X		X		
	Dimensión 2: RENDIMIENTO							
	Donde: R= Rendimiento Tf= Tiempo funcionando To= Tiempo operativo $R(\%) = \frac{Tf}{To} * 100\%$	x		X		X		
	Dimensión 3: CALIDAD							
	Donde: C= Calidad Tf= Tiempo funcionando Pnp= Paradas no previstas $C(\%) = \frac{(Tf - Pnp)}{Tf} * 100\%$	x		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia_

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. Molina Vilchez, Jaime Enrique DNI: 06019540

Especialidad del validador: Magister en Administración Estratégica de Empresas / Ingeniero Industrial CIP 100497

Lima, 26 de octubre del 2021



Firma del Experto Informante

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado. ²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Señor(a): Mg. Zeña Ramos, José La Rosa

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa de PFA de ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Este, promoción 2021, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y poder obtener el título de ingeniero industrial.

El título de mi proyecto de investigación es: "Aplicación del TPM para mejorar la OEE de la gestión de mantenimiento de minera Los Quenuales S.A, Casapalca, 2021." y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Firma

Zurita Orihuela, Ronald David

D.N.I: 42731848

Variable Independiente: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Según Moreno & Calvillo (2018). Es una herramienta de gran importancia no solo para las áreas productivas también para el área de mantenimiento de cualquier empresa. La buena implementación de este sistema donde se involucre en general a todos los colaboradores trae a la organización muchos beneficios.

Dimensiones de la variable: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Dimensión 1: PREPARACIÓN

Para (Marín & Mateo, 2013). Se da inicio la fase de preparación con un comunicado inicial de la aprobación y la decisión de implementar la metodología TPM en la empresa y se da por culminado con cuando se presenta el plan maestro.

Donde:

Ndc= Nivel de cumplimiento

Ro= Resultado obtenido

Re= Resultado esperado

$$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$$

Dimensión 2: IMPLANTACIÓN

Para Sánchez & Lozada (2011). Una vez aprobado el plan maestro se da por iniciada la implantación, este paso se hace para generar un ambiente que incentive e inspire dedicación a los trabajadores realizando una reunión con todos los colaboradores resaltando el compromiso e informando los planes a desarrollar.

Donde:

Ndc= Nivel de cumplimiento

Ro= Resultado obtenido

Re= Resultado esperado

$$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$$

Variable Dependiente: OEE DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO

La eficiencia de la gestión de mantenimiento. "Es la búsqueda de la máxima eficiencia de los equipos mediante puesta en práctica de las actividades de mejora continua sobre cada uno de los factores que estén relacionados con el coeficiente de disponibilidad y rendimiento. (Cuatrecasas,2010, p.117)"

Dimensiones de la variable: OEE DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO

Dimensión 1: DISPONIBILIDAD

Para Álvarez & Sánchez (2015, p.58). Es una fracción del tiempo en cual el equipo estuvo listo para poder producir con respecto al tiempo planificado. Es por eso que afecta las paradas por mantenimiento programados y no programados.

Donde:

D = Disponibilidad

To = Tiempo operativo

Tp = Tiempo planificado

$$D(\%) = \frac{T_o}{T_p} * 100\%$$

Dimensión 2: RENDIMIENTO

Para Álvarez & Sánchez (2015, p.58). Es una proporción del tiempo de operación real del equipo con respecto a la operación ideal deseada, es por eso que el rendimiento es afectado por las pequeñas paradas ocasionado por falla en el equipo.

Donde:

R = Rendimiento

Tf = Tiempo funcionando

To = Tiempo operativo

$$R(\%) = \frac{T_f}{T_o} * 100\%$$

Dimensión 2: CALIDAD

Para Álvarez & Sánchez (2015, p.58). Es una proporción del tiempo efectivo de operación del equipo con respecto al tiempo real de operación, es por eso que la calidad está afectada por las paradas no previstas en proceso productivo.

Donde:

C = Calidad

Tf = Tiempo funcionando

Pnp = Paradas no previstas

$$C(\%) = \frac{(T_f - Pnp)}{T_f} * 100\%$$

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	"Es el conjunto de técnicas para garantizar y aumentar la disponibilidad y rendimiento de los equipos manteniendo en un nivel óptimo de servicio y así incrementar el ciclo de vida, por ende, con la inversión costo mínimo en recursos humanos. (Cooke, 2015)."	Se implementará de forma progresiva durante las dos primeras fases, para ello se verificarán los resultados por medio de indicadores de cumplimiento en la preparación de la implantación mediante un formato de nivel de cumplimiento de la metodología TPM	Preparación	Índice de preparación(%)	$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$ Donde : Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado Obtenido Re=Resultado esperado	Razón
				Implantación	Índice de implantación(%)	$Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$ Donde : Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado Obtenido Re=Resultado esperado	
	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable dependiente	OEE de la gestión de mantenimiento	La eficiencia de la gestión de mantenimiento. "Es la búsqueda de la máxima eficiencia de los equipos mediante puesta en práctica de las actividades de mejora continua sobre cada uno de los factores que estén relacionados con el coeficiente de disponibilidad y rendimiento. (Cuatrecasas,2010, p.117)"	La eficiencia de la gestión de mantenimiento se verá incrementado mediante la implementación del mantenimiento preventivo total (TPM). A través del incremento de disponibilidad y efectividad, las cuales serán evaluados mediante un formato de rendimiento de operabilidad.	Disponibilidad	Índice de disponibilidad(%)	$D(\%) = \frac{To}{Tp} * 100\%$ Donde : D= Disponibilidad To= Tiempo operativo Tc=Tiempo de planificado	Razón
				Rendimiento	Índice de rendimiento(%)	$R(\%) = \frac{Tf}{To} * 100\%$ Donde : R= Rendimiento Tf= Tiempo funcionando To=Tiempo operativo	
				Calidad	Índice de Calidad(%)	$C(\%) = \frac{(Tf - Pnp)}{Tf} * 100\%$ Donde : C= Calidad Tf= Tiempo funcionando Pnp=Paradas no previstas	

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

N.º	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL							
	Dimensión 1: PREPARACIÓN							
	Donde: Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado obtenido Re= Resultado esperado $Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$	x		X		X		
	Dimensión 2: IMPLANTACIÓN							
	Donde: Ndc= Nivel de cumplimiento Ro= Resultado obtenido Re= Resultado esperado $Ndc = \frac{Ro}{Re} * 100\%$	x		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO							
	Dimensión 1: DISPONIBILIDAD							
	Donde: D= Disponibilidad To= Tiempo operativo Tp= Tiempo planificado $D(\%) = \frac{To}{Tp} * 100\%$	x		X		X		
	Dimensión 2: RENDIMIENTO							
	Donde: R= Rendimiento Tf= Tiempo funcionando To= Tiempo operativo $R(\%) = \frac{Tf}{To} * 100\%$	x		X		X		
	Dimensión 3: CALIDAD							
	Donde: C= Calidad Tf= Tiempo funcionando Pnp= Paradas no previstas $C(\%) = \frac{(Tf - Pnp)}{Tf} * 100\%$	x		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. Zeña Ramos, José la Rosa DNI: 17533125

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

15 de noviembre del 2021



Firma del Experto Informante

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado. ²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, ZURITA ORIHUELA RONALD DAVID estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Aplicación de TPM para mejorar la OEE de la gestión de mantenimiento en la minera Los Quenuales S.A., Casapalca, 2021", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ZURITA ORIHUELA RONALD DAVID DNI: 42731848 ORCID 0000-0002-0113-0793	Firmado digitalmente por: RZURITAO02A el 02-02- 2022 20:25:18

Código documento Trilce: INV - 0589515