

## Herramientas de Gestión para la Optimización del Minado Subterráneo

### Management Tools for Underground Mining Optimization

Ghercy Gustavo Ayala Orihuela <sup>1</sup> ; Fernando Jeremy Palacios Parillo <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

\* Autor correspondiente: [gayala@unitru.edu.pe](mailto:gayala@unitru.edu.pe) (G. Ayala)

DOI: [10.17268/rev.cyt.2024.03.01](https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2024.03.01)

#### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue el de optimizar la productividad y disminuir los costos en las operaciones mineras subterráneas mecanizadas; para lo cual se aplicaron herramientas de gestión como el Mantenimiento Productivo Total (TPM), el cual permitió asegurar la confiabilidad prevista de los equipos; y los indicadores de Gestión (KPI), contribuyendo a una mayor efectividad en las operaciones y herramientas estadísticas para mejorar la calidad, gráficas de Pareto y diagramas de Ishikawa. Se empleó una metodología descriptiva, consistente en la recolección diaria de datos que figuran en los registros de operaciones mina, para analizarla e identificar oportunidades de mejora en cada proceso, determinando así, demoras improductivas en la perforación, limpieza de mineral y acarreo. Dentro de resultados, se identificó que la disponibilidad del equipo de perforación H 357 tuvo un incremento del 6,80% después de poner en práctica herramientas de gestión. También se evidenció que la productividad aumentó considerablemente en el tiempo efectivo de trabajo del Scoop medido en tons/horas, gracias a la implementación del TPM, de 79,90 a 85. En definitiva, la aplicación de herramientas de gestión permitió un cambio filosófico dentro de la organización, orientando a una gestión de operaciones más efectivas de la compañía minera.

**Palabras clave:** Indicadores de Gestión (KPI); Mantenimiento Productivo Total (TPM); Productividad; Herramientas Estadísticas y Costos de Operación.

#### ABSTRACT

The objective of this research work was to optimize productivity and reduce costs in mechanized underground mining operations; for which management tools such as TPM (Total Productive Maintenance) were applied, which made it possible to ensure the expected reliability of the equipment and Management Indicators (KPIs), contributing to greater effectiveness in operations and statistical tools to improve quality, Pareto charts and Ishikawa diagrams. A descriptive methodology consisting of the daily collection of data contained in the mine operations records, to analyze it and identify opportunities for improvement in each process, thus determining unproductive delays in drilling, ore cleaning and hauling. Among the results, it was identified that the availability of the H 357 drilling equipment had an increase of 6.80% after implementing management tools. It was also evident that productivity increased considerably in the effective working time of the Scoop measured in tons/hour, thanks to the implementation of TPM, from 79.90 to 85. Ultimately, the application of management tools allowed a philosophical change within the organization, guiding a more effective management of operations of the mining company.

**Keywords:** Total Productive Maintenance; Key Performance Indicator; Productivity; Statistical tools; Costs.

#### 1. INTRODUCCIÓN

Los autores Gonzales, Leal, Martínez & Morales (2019) definen a las herramientas de gestión como “recursos, técnicas o sistemas utilizados por las organizaciones para facilitar la planificación, organización, dirección y control de sus actividades con el fin de alcanzar sus objetivos y metas de manera eficiente y efectiva” (p.5). Además, Bastidas & Jiménez (2019) afirman que la optimización “se refiere al proceso de encontrar la mejor solución posible para un problema específico, generalmente maximizando o minimizando una función objetivo, sujeta a ciertas restricciones” (p.6). En ese sentido, la relevancia de esta investigación se centró en evidenciar como las herramientas de gestión proporcionaron datos y procesos para identificar las áreas de mejora. Asimismo, estos datos fueron utilizados en procesos de optimización para mejorar la



eficiencia y la efectividad de una organización, mediante la toma de decisiones informadas y la implementación de acciones correctivas y mejoras. Por consiguiente, el presente trabajo abordó la influencia de las herramientas de gestión para la optimización del minado subterráneo.

Con base a ello, esta compañía ha realizado el método de explotación mecanizado Sub Level Stopping a yacimientos de cuerpo mineralizados (Ore body) de mineral de Zinc de un promedio de ley de 18 %, cuyas dimensiones son de una potencia de 25 m, longitud de cuerpo 2,0 km y una altura de 750 m. En ese sentido, se identificó que la problemática latente fue la ineficiencia con el uso de los recursos disponibles, que se traduce en pérdidas para la ganancia bruta, lo que conlleva a una falta de economía de escala. Cabe indicar que, la utilización inexistente de herramientas de gestión como TPM y KPI's, fue la causante para no optimizar estos activos tangibles. A continuación, se presentan antecedentes con respecto a ello:

Narváez, Pérez & Giubergia (2020), en su artículo acerca del control de administración de datos a utilizarse en mina subterránea, manifiesta que el uso del KPI permitió la optimización de la administración de los datos, minimizando la incertidumbre reduciendo así la posibilidad de cometer errores, permitiendo una mejora eficiente y operativa al usar óptimamente los recursos, consiguiendo una buena rentabilidad (p.12).

Canahua (2021), en la hipótesis de su investigación demuestra que el uso y desarrollo de la aplicación TPM-Lean Manufacturing, mejora la eficiencia global de los equipos (OEE), logrando un incremento de 32.80% a 85.60%, excediendo el promedio mundial de 85% (p. 57).

Chávez, Lozano & Mejía (2020) sostienen la gran importancia que tienen los KPI en el mejoramiento continuo de los procesos productivos y operativos que se llevan a cabo en las minas, ya que sirven como métrica para describir diferentes patrones de comportamientos existentes dentro de las mismas (p.1).

Ortiz & Salas (2022), indican que la implementación del TPM, determinó las principales fallas que pudieran presentarse dentro del proceso de operación. (p.12).

Rodríguez (2022) señala que con la implementación del TPM enfocada al mantenimiento mecánico, se obtuvo la mejora del indicador de gestión de la línea de envasado hotfill, incrementándose de 73% a un 92%, obteniendo así una optimización del 25% (p.125).

Espinoza & Armas (2022) determinan que con la implementación del TPM, la productividad en la gestión de mantenimiento en la industria que actualmente es de 87%, subiría a 95%, aumentando o variando la productividad en 0.08, lo cual es un aumento significativo para la mano de obra. (p.103).

García (2011) afirma que, para aumentar la disponibilidad de los equipos y maquinarias de producción y obtener mejoras económicas para la empresa, el TPM es la herramienta más usada en las áreas productivas de las industrias (p.1).

Por tanto, esta investigación tuvo como objetivo, mejorar la productividad para disminuir los costos de producción en mina subterránea. aplicando el método sobre las herramientas estadísticas para mejorar la calidad, tales como el diagrama de Pareto y Causa efecto.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Material y Métodos**

El método usado fue descriptivo, basándose en identificar los problemas del ciclo operacional como perforación, limpieza de mineral y relleno en mina subterránea mecanizada. Para ello, se plasmó la data técnica de los equipos LHD y de perforación con una recolección de data del formato correspondiente a TPM de equipos en mina; e inclusive, se precisaron las etapas para la gestión moderna para el control de operaciones mineras subterráneas. Además, se utilizaron diversos KPI's para la mejora de la eficiencia en uso de los recursos disponibles. Finalmente, se utilizaron las gráficas de Pareto y causa-efecto, los cuales ayudaron a identificar y destacar las causas o problemas más importantes y relevantes que contribuyeron a un resultado no deseado.

### **2.2 Metodología para la Investigación**

El presente estudio de investigación fue aplicado al ciclo de operaciones unitarias en una mina subterránea mecanizada en el ciclo operacional de la perforación, limpieza de mineral y relleno.



**Figura 1.** Ciclo de operaciones en el método sublevel stoping.

### 2.2.1. Descripción de los Equipos en estudio

**Tabla 1.** Datos técnicos de los equipos de perforación para el método Sublevel Stoping

Información Técnica de los Equipos de Perforación		
Marca	Atlas Copco	Sandvik
Perforación	Simba H357	DD 210
Taladros	64 mm	51 mm
Tipo Barras Perforación	HM 38	R 32
Longitud Perforación	9,4 m	3,2 m
Velocidad Avance	12,5 km/hr	13 km/hr

*Nota.* Información Técnica de los equipos de perforación concerniente a Atlas Copco y Sandvik



**Figura 2.** Simba Sandvik H357

**Tabla 2.** Datos técnicos de los equipos de limpieza Scoops para el método Sublevel Stopping

Datos Técnicos de los Equipos de Limpieza Scoops		
Marca	CAT	CAT
Modelo	R 1600 G	R 1300 G
Capacidad Cuchara	6 Yd3	4,2 Yd3
Potencia de Motor	270 hp	210 hp
Alt. Max de Descarga	4,5 m	4,0 m
Velocidad Desplazamiento	de 30,6 km/hr	31,2 km/hr

*Nota.* Datos técnicos de equipos de limpieza Scoops concerniente a la marca CAT



**Figura 3.** Scoops CAT R 1600G 6 Yd 3

**2.2.2. Formatos de recolección de la data**

**Tabla 3.** Formato de Mantenimiento Productivo Total para Equipo  
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EQUIPOS

Equipo móvil:		
Componente:		
Operador:		
Turno:		
Fecha:		
<b>Actividad</b>		
Descripción:	Estado	
	Bueno	Malo
		Observación:
<b>Limpieza</b>		
Descripción:	Realizado	
		Observación:
<b>Ajustes</b>		
Descripción:	Realizado	
		Observación:
<b>Lubricación</b>		

*Nota.* Se evalúa en función de actividad, limpieza, ajustes y lubricación

**Tabla 4. Formato Diario para el Reporte de Perforación**

Reporte de Equipo de Perforación											
Guardia:							Fecha:				
Perforista:											
Simba				Ing. Guardia							
ID Código	Tiempo		Unidad Minera	Ore	Cota	N° Tajo	Broca	Taladros (cantidad)	Taladros (longitud)	Perforación (m)	Perforación (ft)
	Inicial	Final									
Orómetro	H. Inicio										
	H. Final										
Observaciones de campo											
	Perforista Firma			Ing. de guardia firma					Firma Mecánico		
Código de Paradas – Perf. Simba											
1. Actividad											
	Mina						Perforación Horizontal Desmante				
	Cuerpo Mina 1						Perforación Horizontal Mineral – Galería				
	Cuerpo Mina 2						Perforación Horizontal Mineral – Crucero				
	Cuerpo Mina 3						Perforación Vertical Mineral – Chimenea				
							Perforación Vertical Mineral – Tajo				
							Repaso de taladros				
							Auxiliar Perforación				
							Sostenimiento Perforación				
2. Horas de Disponibilidad							3. Horas de Parada de Mantenimiento – Simba				
Inducción de Seguridad							Reparación Preventiva (Horas)				
Traslado del Operador							Reparación Eléctrica (Horas)				
Revisión de Maquinaria (Freno, Combustible, Aceite, etc)							Reparación Mecánica (Horas)				
Traslado de Máquina							Falta de Fluido Eléctrico				
Revisión de Labor							Para Mecánica y/o Eléctrica				
Toma de Alimentos											
Falta de Labores (Marcado, Obstrucción)											
Falta de Operadores											
Limpieza de Acceso											

Nota. Se evidencia un reporte de equipo de perforación Simba

### 2.2.3. Etapas para la Gestión Moderna en el Control de Operaciones Mineras Subterráneas

#### Etapa 1

Se analizó la situación de operaciones mineras estableciendo una línea base, iniciando con el ciclo de operaciones unitarias subterráneas.

#### Etapa 2

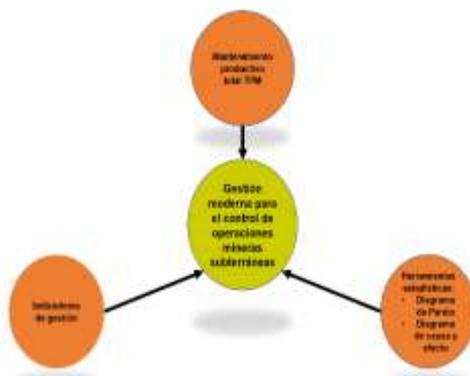
Hubo un reconocimiento de los recursos y maquinaria minera con los que contaba la mina, la organización interna del área de mina y sus procedimientos operacionales.

#### Etapa 3

Se elaboraron propuestas para reducir los costos operativos de la Mina; para ello, se evaluó y aplicó herramientas estadísticas Diagrama de Pareto y Causa efecto para solucionar los problemas identificados y el mantenimiento productivo total TPM.

### 2.2.4. Herramientas de Gestión para la optimización del minado subterráneo

Las herramientas de Gestión que se implementaron para la gestión son: Mantenimiento productivo total (TPM), Indicadores de gestión (KPI's), Diagrama de Pareto y de Causa efecto.



**Figura 4.** Herramientas para la gestión moderna para el control de las operaciones en las minas.

#### 2.2.4.1. Diagramas de Pareto para la Perforación

Esta herramienta de gestión ayudó a distinguir y dar prioridad a los problemas más resaltantes o a las causas principales que afectan un resultado, permitiendo priorizar los esfuerzos en las áreas más críticas.

**Tabla 5.** Datos a partir del TPM para Diagrama de Pareto para Jumbo

Parada	Perforación de Taladros Largos			%Relativo	%Relativo Acumulado
	Horas de parada	Tiempo de parada			
Código	Jumbo 281	Boomer	Min	$ri\% = \frac{ni \times 100}{Total}$	$R_j = \sum_{i=1}^j ri$
C	Labor Inestable		45,5	29,35	29,35
B	Reparación Mecánica		30,0	19,35	48,71
O	Reparación Eléctrica		27,5	17,74	66,45
I	Falta de Agua		18,0	11,61	78,06
M	Instalaciones de Accesorios		15,0	9,68	87,74
S	Refrigerio		10,0	6,45	94,19
T	Traslado a la Labor		9,0	5,81	100,00
	Total		155,0	100,00	

Nota. Datos bases del TPM para diagrama de Pareto para Jumbo Boomer



**Figura 5.** Diagrama de Pareto del Jumbo

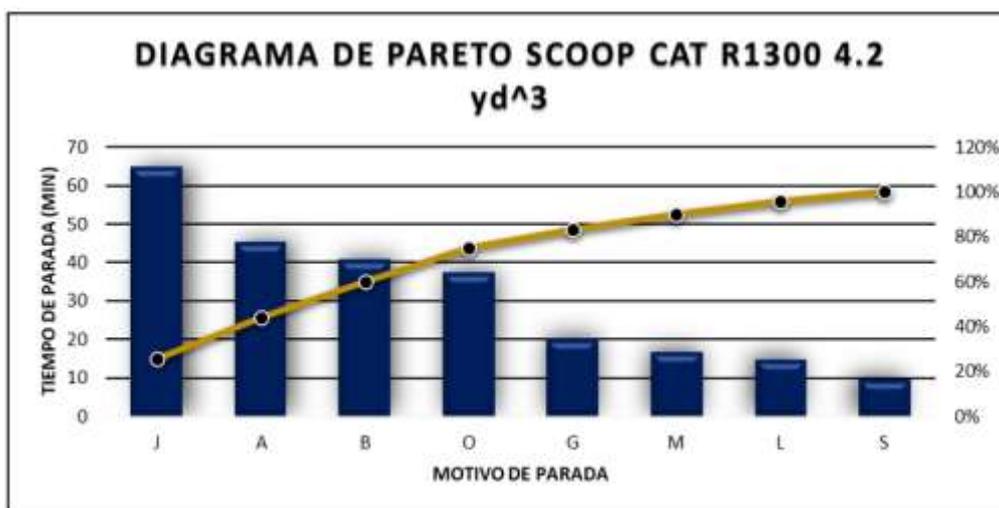
### 2.2.4.2. Diagramas de Pareto para la limpieza del Mineral

Además, proporcionó una representación visual clara y concisa de la distribución de los problemas o causas, facilitando la toma de decisiones informadas y estratégicas. Asimismo, permitió asignar recursos de manera más eficiente al centrarse en resolver los problemas que tienen el mayor impacto, maximizando así el retorno de la inversión

**Tabla 6.** Datos a partir del TPM para Diagrama de Pareto Limpieza de Mineral

Limpieza de Mineral Parada	Horas de parada	Tiempo Parada	%Relativo	%Relativo Acumulado
Código	Scoop CAT R 1300 (4.2yd3)	ni	$ri\% = \frac{ni \times 100}{Total}$	$R_i = \sum_{i=1}^j ri$
J	Falta de Ventilación	65,0	25,84	25,84
A	Planificado para no trabajar	45,5	18,09	43,94
B	Reparación Mecánica	41,0	16,30	60,24
O	Reparación Eléctrica	37,5	14,91	75,15
G	Orden de Trabajo	20,5	8,15	83,30
M	Reparación de tuberías	17,0	6,76	90,06
L	Desatado	15,0	5,96	96,02
S	Refrigerio	10,0	3,98	100,00
	Total	251,5		

Nota. Datos base del TPM para diagrama de Pareto Limpieza de Mineral



**Figura 6.** Diagrama de Pareto CAT R 1300 4.2 yd3

2.2.4.3. Diagramas de Ishikawa



Figura 7. Diagrama de Causa Efecto para la Perforación Vertical Jumbo Simba H 357

Con base en ello, se identificó que, para una correcta perforación de taladros largos, incurren factores como operadores, supervisor, equipo y sistema; causales imprescindibles para llegar al objetivo, dentro de los cuales estuvo como cimiento la eficiencia de los operadores y el cumplimiento de los objetivos planteados; en conjunto de un equipo eficaz como el jumbo o el LHD y por ende la disponibilidad en cualquier momento. Incluso, se observó que una adecuada perforación contribuye a una mejora continua con relación a la obtención de una disolución rica in situ.



Figura 8. Diagrama de Causa Efecto para la Limpieza de mineral Scoop CAT R 1300 G 4.2 Yd3.

De acuerdo con ello, se identificó que, para una correcta limpieza de mineral, incurren factores como personal, equipo y sistema; causales imprescindibles para llegar al objetivo, dentro de los cuales está como base la capacitación, la existencia de supervisores, en conjunto de un equipo eficiente como el LHD y por ende la disponibilidad en cualquier momento; incluso, una adecuada contrata con mejora continua e ingeniería en cada uno de los procesos.

#### 2.2.4.4. Indicadores Claves de Desempeño

##### 2.2.4.4.1. Indicadores Mecánicos

Disponibilidad Mecánica (%): Es el porcentaje de tiempo en que el equipo se encuentra disponible para trabajar en la guardia de trabajo y se mide en porcentaje.

Ecuación (1). Disponibilidad mecánica de los equipos

$$\text{Disponibilidad Mecánica (DM) (\%)} = \frac{[(\text{Horas Hábiles (HH)} - \text{Horas Máquinas Operativas (HMO)}) / \text{HH}] * 100\%}{}$$

Utilización Neta (%): Mide la utilización efectiva de los equipos durante una guardia de trabajo.

Ecuación (2). Utilización neta de los equipos

$$\text{Utilización Neta (UN) (\%)} = [\text{Horas Efectivas (HEF)} / (\text{HH} - \text{HMO})] * 100\%$$

##### 2.2.4.4.2. Indicadores Mineros

Voladura en Tajos Mecanizados

Ecuación (3). Principales KPI's en voladura en tajos mecanizados

$$\text{Kg de explosivo/Toneladas rotas} = \text{kg} / \text{ton}$$

$$\text{Toneladas rotas/Cantidad de disparo} = \text{ton} / \text{disparo}$$

$$\text{Costo total de voladura/Toneladas rotas} = \text{US\$/ton}$$

Carguío y Acarreo

Ecuación (4). Principales KPI's en carguío y acarreo

$$\text{Toneladas extraídas/ horas netas de operación} = \text{ton} / \text{hr}$$

$$\text{Toneladas extraídas/cantidad de guardias necesarias} = \text{ton/día}$$

$$\text{Costo total de carguío y acarreo/toneladas extraídas} = \text{US\$/ton}$$

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Índices Operaciones Mecánicas

**Tabla 7.** Tabla de resultado antes y después de la investigación

Equipo de Perforación H 357		Antes de la Investigación	Después de la Investigación	Incremento %
Disponibilidad (DM) %	Mecánica	88,00	94,00	6,80
Utilización (UO)%	Operativa	50,00	70,00	40,00
Limpieza de Mineral Scoop CAT R1300 G				
Disponibilidad (DM) %	Mecánica	80,00	89,00	11,25
Utilización (UO)%	Operativa	47,00	68,00	44,60
Limpieza de Mineral Scoop CAT R1600 G				
Disponibilidad (DM) %	Mecánica	82,00	95,00	15,80
Utilización (UO)%	Operativa	48,00	69,00	64,50

*Nota.* Incremento porcentual de disponibilidad y utilización con respecto a los equipos de perforación y de limpieza

### 3.2 Costos Operacionales

La aplicación de Indicadores para la Gestión KPI's nos permitió usar con eficiencia los recursos disponibles en las operaciones mineras subterráneas.

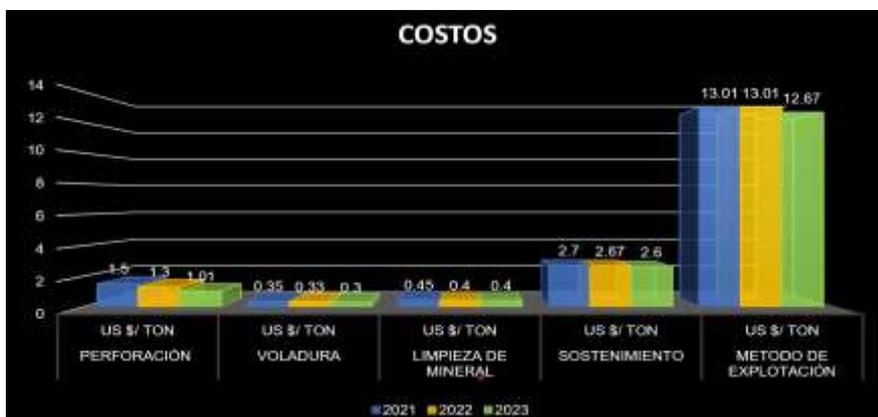


Figura 9. Costos de cada operación unitaria

### 3.3 Eficacia de las operaciones mineras subterráneas

La Herramientas de Gestión para la optimización del minado subterráneo permitió medir la eficacia de las operaciones mineras subterráneas maximizando el rendimiento de los equipos mineros.

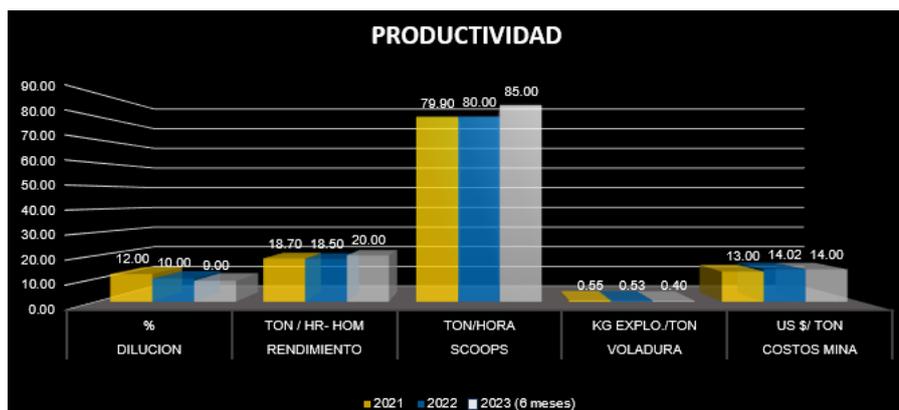


Figura 10. Productividad alcanzada en las operaciones unitarias

### 3.4 Benchmarking en el entorno minero

Tabla 8. KPI's para cada ciclo operacional

Ciclo Operaciones	KPI's	Gestión Moderna	Mina 01	Mina 02
Perforación	Tm/Mt	4,50	4,00	3,50
Voladura				
Factor Potencia Labor Horizontal	Kg Explos. /Tm	0,50	0,70	0,75
Factor Potencia Labor Vertical				
Limpieza de Mineral				
Rendimiento Scoop 6 yd3	Tm/ Hr	140,00	120,00	95,00
Rendimiento Scoop 4.2 ys3				
Costo de Minado	US \$/Tm			
Método de Explotación Sublevel Stopping		13,00	15,00	18,00

Nota: Benchmarking en conjunto a KPI's

En la tabla 7, se reconoce que la disponibilidad del equipo de perforación H 357 tuvo un incremento del 6,80% después de poner en práctica herramientas de gestión como el TPM en conjunto con la influencia de los KPI's, que conllevaron a un mejor monitoreo y a una correcta toma de decisiones antes situaciones adversas. Canahua (2021), señala que con la implementación del TPM, y la eficiencia general de los equipos en la producción de repuestos para la maquinaria en minería subterránea en la empresa contratista metal mecánica FRESEP SAC se ha logrado un incremento de 32,80% a 85,60% (p.57). Es por ello que, en la experimentación se han obtenido estos datos, los cuales cuentan con una confiabilidad científica.

Asimismo, en esta misma tabla se evidencia que la utilización operativa del Scoop CAT R1300 G en la limpieza del mineral tuvo un 47% previo a la aplicación y haciendo uso de KPI's con análisis de data y a la minimización de errores conllevó a un mejor resultado, reflejado en un acrecentamiento del 44,60% lo que conllevó al 68% en cuestión. En ese sentido, Narváez, Pérez & Giubergia (2020), en su artículo titulado Administración y Control de los datos en una mina de plata y oro coinciden, puesto que con el uso del KPI se optimizó esta administración de datos, minimizando la incertidumbre reduciendo así la posibilidad de cometer errores permitiendo una mejora en la eficiencia de las operaciones en un 36%, optimizando el uso de los recursos disponibles, logrando una mejor rentabilidad. (p.13).

Con respecto a la figura 9, se determinó que mediante la utilización del TPM los costes entre el intervalo del 2021 al 2023 se redujeron, reflejado en los \$/ton en perforación, de pasar de 0,35 a 0,30. Aquello, lo ratifica García (2011) quien afirma que el incremento en la disponibilidad de los equipos, la maquinaria de producción, y la obtención de mayor rentabilidad para la empresa, se debe al uso de la herramienta ampliamente usada en las áreas productivas, como es el Mantenimiento Productivo Total (p.1).

De acuerdo con la figura 10, se identifica que la productividad aumentó considerablemente en el tiempo efectivo de trabajo del Scoop medido en tn/horas, gracias a la implementación del TPM, de 79,90 a 85. Con base en ello, Espinoza & Armas (2022) determinan que con la propuesta del TPM la productividad de las acciones de la gestión del mantenimiento de la empresa que es actualmente de 87% subiría a 95%, aumentando o variando la productividad en 0.08, lo cual es un aumento significativo para la mano de obra. (p.103).

Por último, en la tabla 8 se determina que mediante el KPI's del costo de minado del sublevel stoping (método de explotación) con gestión moderna es de 13 US\$/Tm, un costo inferior al de mina 01 y 02. Aquello, guarda relación con Chávez, Lozano & Mejía (2020) quienes sostienen la gran importancia que tienen los KPI en la mejora de los procesos productivos y operativos que se llevan a cabo en las industrias y en el sector minero, ya que sirven como métrica para describir los diferentes patrones de comportamientos existentes dentro de las mismas (p.1).

#### **4. CONCLUSIONES**

Aplicando el mantenimiento productivo total TPM, indicadores de gestión KPI's y herramientas estadísticas de la calidad, se logró mejorar la productividad reduciendo los costos de producción en minería subterránea mecanizada. Asimismo, con las herramientas de gestión para la optimización del minado se identificaron los principales problemas que incrementaron los costos en la superintendencia de mantenimiento mina como son: la falta de mantenimiento oportuno, inexistencia de procedimientos estandarizados para el mantenimiento, falta de mantenimiento productivo total y la inexistencia de gestión por indicadores KPIs. Cabe resaltar que, se elaboraron propuestas para bajar los costos operativos en la Mina; evaluando y aplicando herramientas estadísticas como el Diagrama de Pareto y Causa efecto para solucionar los problemas identificados y el mantenimiento productivo total TPM, lográndose dicho objetivo. Además, permitió un uso racional de los recursos disponibles; mejorando la eficacia, así como la eficiencia de los equipos y actividades, alineados con el objetivo de la mina. Cabe indicar que, el diseño de los indicadores claves de desempeño KPIs han permitido recibir información en tiempo real para una buena gestión y tomar mejores decisiones en el área mina.

La participación de las áreas productivas involucradas ha permitido generar un planeamiento conjunto y toma de decisiones para dirigir las operaciones hacia los objetivos planificados. De igual manera, la implementación de estas herramientas de gestión permitió un cambio filosófico dentro de la organización; desde los gerentes, supervisores, personal, orientando a una gestión de las operaciones más eficientes y eficaces de la compañía minera, teniendo en cuenta que el recurso humano es el agente decisivo en la creación de valor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastidas, M., & Jiménez, Y. (2019). Optimización de Residuos Mineros de Carbón para el Mejoramiento de Suelos Viales. *Revista Información Tecnológica*. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000400249>
- Canahua, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmeccánica. *Industrial Data*, 24(1), 49-76. <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>
- Chávez, L.; Lozano, D. & Mejía, D. (2020). Impacto de los kpis en los procesos productivos de la industria. *Revista SENA*, 100 -111. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/CDITI/article/download/3836/4287/18733>
- Espinoza, H. & Armas, J. (2022). *Gestión de mantenimiento productivo total para mejorar la productividad en la empresa Mb Renting SA, Lima-2021*. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/10541/Espinoza%20Garcia%2C%20Hernando%20Jesus.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- García, J. (2011). Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (60), 129-140. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012062302011000400013&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012062302011000400013&lng=en&tlng=es).
- González, A., Leal, L., Matínez, D., & Morales, D. (2019). Herramientas para la gestión por procesos. *Revista Latinoamericanos de Administración*, 26(05), 50-55. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409659500003>
- Narváez, D.; Pérez., B. & Giubergia, A. (2020). Control y administración de datos en una mina subterránea de oro y plata. *Tecnura*, 24(64). 66-80 <https://doi.org/10.14483/22487638.15587>
- Ortiz, J. & Salas, J. (2022). Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antinflama de Lima - Perú. *Industrial Data*, 25(1), 103-135. <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v25i1.21501>
- Rodríguez, R. (2022). Propuesta de mantenimiento productivo total para mejorar la eficiencia de la línea de envasado hotfill en una empresa de bebidas no alcohólicas. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/6183>