

**Evaluación del estado técnico de los equipos de procesamiento minero con mantenimiento preventivo planificado en la cantera San Joaquín 2 de la empresa Mapeagre cía. Ltda**

*Evaluation of the technical condition of mining processing equipment with planned preventive maintenance at the San Joaquín 2 quarry of Mapeagre Cia. Ltda.*

Rosa Angélica Ruiz-Naranjo<sup>1</sup>, Viviana Marcela López-Auquilla <sup>2</sup>, Ángel Marcelo Tello-Cóndor<sup>3</sup>  
Evelín Lisseth Loor-Hernández<sup>4</sup>

DOI: <https://doi.org/10.61236/ciya.v9i1.1061>

**RESUMEN:**

En la cantera San Joaquín 2 de la empresa MAPEAGRE Cía. Ltda., las extremas condiciones de trabajo presentes implican que los equipos siempre están sometidos al desgaste y deterioro de su vida útil, por lo que resulta significativo tener estrategias de mantenimiento adecuadas. En el presente trabajo se analiza el estado técnico de los equipos de procesamiento minero con mantenimiento preventivo, con la finalidad de implementación del sistema alternativo de mantenimiento, para el cual se inició de la determinación de los factores negativos que influyen en la operación eficiente de los equipos, siendo el más significativo el inadecuado sistema de mantenimiento aplicado a las máquinas. Se consideran criterios de mantenimiento adecuados a nivel de máquinas y de elementos según los historiales de fallas de los equipos y los impactos generados por estas. Como resultado de la evaluación del estado técnico del equipamiento se obtuvo que los equipos con sistema de mantenimiento preventivo planificado alcanzan una evaluación de 80,27 %, calificado como estado regular, por lo que se propone una mejora en los ciclos de mantenimiento y las reparaciones.

**Palabras claves:** Equipos de procesamiento minero; mantenimiento preventivo, fallas de equipos.

Recibido 12 de septiembre de 2024; revisión aceptada 22 de diciembre de 2024

**ABSTRACT:**

*In the San Joaquín 2 quarry of MAPEAGRE Cía. Ltda., the present extreme working conditions imply that the equipment is always subjected to wear and deterioration of its useful life, so it is significant to have adequate maintenance strategies. In the present work the technical state of the mining processing equipment with preventive maintenance is analyzed,*

<sup>1</sup> MAPEAGRE Cía. Ltda, Quito, Pichincha, Ecuador, [rosita\\_uhu@hotmail.com](mailto:rosita_uhu@hotmail.com)

<sup>2</sup> MAPEAGRE Cía. Ltda, Quito, Pichincha, Ecuador, [vivi\\_1210lopez@hotmail.com](mailto:vivi_1210lopez@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador Ecuador, [angel.tello@utc.edu.ec](mailto:angel.tello@utc.edu.ec)

<sup>4</sup> Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Quito, Pichincha, Ecuador, [eloor@istct.edu.ec](mailto:eloor@istct.edu.ec)

*with the purpose of implementing the alternative maintenance system, for which the negative factors influencing the efficient operation of the equipment, the most significant being the inadequate maintenance system applied to the machines. Appropriate maintenance criteria are considered at the level of machines and elements according to the history of equipment failures and the impacts generated by them. As a result of the evaluation of the technical condition of the equipment, it was obtained that the equipments with planned preventive maintenance system reach an evaluation of 80,27%, qualified as regular state, reason why it is proposed an improvement in the cycles of maintenance and the repairs*

**Keywords:** *Mining processing equipment; preventive maintenance, equipment failures.*

## **1. INTRODUCCIÓN**

La cantera San Joaquín 2 se encuentra ubicada en la parroquia Mulaló, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. El Área en concesión tiene una superficie de 72 has., mientras que la superficie manifestada en producción es de 32 has. El otorgamiento del Título Minero por parte de la DIREMIP fue el 18 de Julio de 1996. Esta cantera está operada por MAPEAGRE que es una compañía limitada dedicada a la prestación de servicios de maquinaria pesada y la producción de agregados y material pétreo triturado. Desde la fundación de la empresa su compromiso ha sido satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes. Uno de los objetivos principales de la empresa es prevenir la contaminación ambiental desde el aspecto de reducir los impactos negativos y los riesgos de seguridad industrial [1].

Para mantener la vida útil de los equipos del procesamiento minero, la empresa no dispone de un plan de mantenimiento, ya que únicamente se procede a aplicar el mantenimiento correctivo a las instalaciones y maquinarias. Los cambios de aceite se realizan de manera empírica de acuerdo a las horas de servicio de las máquinas y equipos. No existe un historial con registro de fallas, ni documentos que certifiquen los daños en la maquinaria y equipos. Esta manera de dar corrección a las fallas implica el paro en la producción de material, deficiencia productiva, disminución en cumplimiento de ventas y aumento de consumo energético debido a la inadecuada lubricación de partes móviles del proceso minero [2].

En este trabajo se evalúa el estado técnico de los equipos de procesamiento minero con mantenimiento preventivo planificado, lo que permitirá adoptar las medidas pertinentes para garantizar la buena utilización de los tiempos asignados para realizar las tareas de mantenimiento necesarias por cada equipo y de esta manera minimizar los periodos de inactividad, aumentar el rendimiento de producción, la utilización efectiva de las horas programadas de producción y mantener la regularidad lo más óptimo posible en producción.

## 2. METODOLOGÍA

La explotación de los materiales de construcción existente en el área minera San Joaquín 2, se la realiza a cielo abierto, por cuanto presenta buenas características geométricas horizontales, la explotación se la ha realizado a través de excavaciones, las mismas que se disponen con bancos descendentes desde la superficie hasta el límite inferior de la cantera.

El proceso general de la actividad minera y beneficio de los áridos, se resume en el siguiente flujograma (Figura 1).

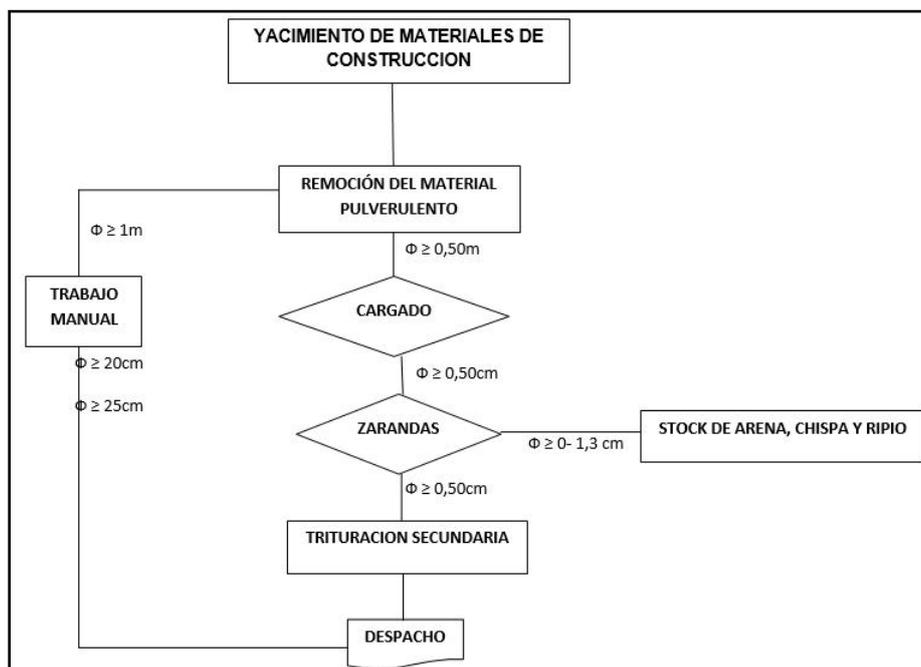


Figura 1. Flujograma de operación de la planta [1].

El sistema de procesamiento del material, permite aprovechar la mayor parte del material útil, con lo que se evita una explotación exhaustiva y la creación de grandes áreas de escombros especialmente de piedra bola y material no condicionado. En la cantera las extremas condiciones de trabajo presentes implican que los equipos siempre están sometidos al desgaste y deterioro de su vida útil, por lo que resulta significativo tener estrategias de mantenimiento adecuadas.

El mantenimiento en las industrias ha evolucionado significativamente [3], [4], donde se siguen aplicando las operaciones a realizar dividiéndolas en cuatro categorías: revisión (R), reparación pequeña (P), reparación mediana (M) y reparación general (G). El tiempo que se invierte en las revisiones y durante las reparaciones no forman parte del ciclo, ya que un mismo trabajo puede tener mayor o menor duración en talleres diferentes. Cada máquina o



$$\eta = \frac{Z}{n} \cdot 100 \quad (3)$$

Donde:  $\eta$ : Eficiencia obtenida al efectuar la defectación; [%].  $n$ : Número de elementos evaluados del equipo; [u].

Para clasificar el estado técnico del equipo de acuerdo con la eficiencia que se obtuvo al efectuar la defectación es necesario tomar como referencia la semejanza siguiente (Tabla 1):

**Tabla 1.** Determinación del estado técnico según la eficiencia actual.

Eficiencia actual	Estado técnico	Se comienza por
90 – 100 %	Bueno	Revisión
75 – 89 %	Regular	Reparación pequeña
50 – 74 %	Malo	Reparación media
Menos del 50 %	Muy mal	Reparación general

Fuente: [8].

## b Determinación de los tiempos para actividades de mantenimiento

### Tiempo medio entre fallas

El tiempo medio entre fallas es calculado para ítems que son reparados tras la ocurrencia de una falla [9].

$$TMEF = \frac{HROP}{NTMC} \quad (4)$$

Donde:  $HROP$ : Tiempo real de operación por equipo en el mes; [horas].  $NTMC$ : Cantidad total de fallas en cada mes; [u].

### Tiempo medio para la reparación

Este índice debe ser usado, para ítems en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación [9].

$$TMPR = \frac{HTMC}{NTMC} \quad (5)$$

Donde:  $HTMC$ : Tiempo para la eliminación de las fallas; [horas].  $NTMC$ : Cantidad total de fallas en cada mes; [u].

### Disponibilidad de equipos

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF+TMPR} \quad (6)$$

Donde:  $TMEF$ : Tiempo medio entre fallas; [horas].  $TMPR$ : Tiempo medio para la reparación; [horas].

### **Duración del ciclo de reparación**

La duración del ciclo de reparación no es más que las horas que debe trabajar un equipo entre dos reparaciones generales o entre la puesta en marcha y la primera reparación general [10], y se determina mediante la fórmula:

$$T = N \cdot M \cdot Y \cdot Z \cdot K \quad (7)$$

Donde:  $T$ : Duración del ciclo de reparación [horas].  $N$ : Coeficiente que relaciona el tipo de producción [adimensional].  $M$ : Coeficiente que relaciona el tipo de material que trabaja la máquina [adimensional].  $Y$ : Coeficiente que relaciona las condiciones ambientales donde se encuentra el equipo [adimensional].  $Z$ : Coeficiente que relaciona el peso del equipo [Adimensional].  $K$ : Duración teórica del ciclo.

### **Determinación del tiempo entre operaciones del ciclo**

Después de calcular el tiempo de duración del ciclo  $T$  y de seleccionar su estructura conveniente, se puede determinar el tiempo entre las operaciones utilizando la siguiente fórmula [10]:

$$t_o = \frac{T}{R+P+M+1} \quad (8)$$

Donde:  $t_o$ : Tiempo entre operaciones [horas].  $T$ : Duración del ciclo [horas].  $R$ : Cantidad de revisiones en el ciclo [u].  $P$ : Cantidad de reparaciones pequeñas en el ciclo [u].  $M$ : Cantidad de reparaciones medianas en el ciclo [u].

Lo que quiere decir que cada  $t_o$  de trabajo del equipo debe efectuarse un trabajo de MPP, como es natural pueden ocurrir alteraciones ya que este cálculo se hace con vistas a la planificación y puede apartarse de la realidad.

### **Cálculo del tiempo entre reparaciones**

Según [10] el tiempo entre reparaciones se determina mediante la fórmula:

$$t_r = \frac{T}{P+M+1} \quad (9)$$

Donde:  $t_r$ : Tiempo entre reparaciones [horas].  $T$ : Duración del ciclo [horas].  $P$ : Cantidad de reparaciones pequeñas en el ciclo [u].  $M$ : Cantidad de reparaciones medianas en el ciclo [u].

### **c Descripción de los equipos con mantenimiento planificado**

En la tabla 2 se muestran los equipos y elementos corresponden al mantenimiento planificado, planteándose este tipo de mantenimiento a partir de criterios de decisión.

**Tabla 2.** Elementos y equipos de la cantera con mantenimiento planificado.

Caja de piñones reductores de revoluciones
Cardán con crucetas
Reductor
Eje (chumaceras p209)
Rodillos
Tambor cola de pato
Sistema Eléctrico (Relé, contactores, cables)
Mandíbula Fija
Mandíbula Móvil
Sistema de lubricación
Sistema de combustible
Sistema de enfriamiento
Generador

A los equipos y elementos antes citados se realizó el análisis de su estado técnico, tomando como referencia los historiales de fallas que han sido registrados en las hojas de servicio de la empresa.

### **3. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Para la obtención de los resultados se analizan los equipos que se manejan bajo el sistema de mantenimiento preventivo planificado, el cual viene aplicándose a modo de prueba desde el mes de octubre del 2016, se tomó en cuenta la metodología propuesta en el epígrafe anterior, evaluándose la eficiencia de la aplicación del mantenimiento preventivo a partir del estado técnico de los elementos, mostrándose los resultados en la tabla 3.

**Tabla 3.** Evaluación de la eficiencia del mantenimiento preventivo planificado.

<b>Elementos con mantenimiento preventivo</b>	<b>Z<sub>i</sub></b>	<b>e</b>	<b>C</b>
Caja de piñones reductores de revoluciones	1,6	2	0,8
Cardán con crucetas	1,6	2	0,8
Reductor	8	10	0,8
Eje (chumaceras p209)	210	210	1
Rodillos	126	210	0,6
Tambor cola de pato	8	10	0,8
Sistema Eléctrico (relé, contactores, cables)	2	2	1
Mandíbula fija	0,8	1	0,8
Mandíbula móvil	0,8	1	0,8
Sistema de lubricación	1	1	1
Sistema de combustible	1	1	1
Sistema de enfriamiento	1	1	1
Generador	1	1	1
<b>Eficiencia del mantenimiento preventivo</b>	80,27 % Estado regular, para 452 elementos evaluados		

El ciclo de reparaciones constituye la parte medular y más importante del MPP, la elección de un ciclo ordenado significa un mejor aprovechamiento del equipo, seguridad de operación, ahorro de piezas, materiales y mano de obra. Según los resultados del análisis de la tabla 3 se obtiene que la planificación del mantenimiento preventivo planificado hasta la actualidad alcanza el 80,27 %, clasificado como estado regular, para los 452 elementos evaluados.

Se recomienda que el ciclo de reparación para el equipo que se encuentra en funcionamiento sea entre dos reparaciones generales. Las operaciones a realizar en el ciclo han sido divididas en 4 categorías: Revisión (R), Reparación Pequeña (P), Reparación Mediana (M), Reparación General (G); para el análisis general realizado a nivel de máquinas se han planificado los periodos de reparaciones de acuerdo al estado técnico que presentan.

En este caso los sistemas fueron calificados en estado regular, por lo que se propone iniciar el ciclo de reparaciones por reparaciones pequeñas. El ciclo de reparaciones para cada sistema queda establecido según se indica en la tabla 4.

**Tabla 4.** Estructura del ciclo entre reparaciones.

Equipos	Elementos con mantenimiento preventivo planificado	Estructura del ciclo de reparación	Número de operaciones				Duración del ciclo de reparación (h)	Tiempo entre operaciones del ciclo (h)	Tiempo entre reparaciones del ciclo (h)
			G	R	P	M			
Tolvas dosificadoras	Caja de piñones reductores de revoluciones	G-R-R-P-R-R-M-R-R-P-R-R-G	2	8	2	1	42525	3543,75	10631,25
	Cardán con crucetas								
Transportadores de banda	Reductor	G-R-R-R-M-R-R-R-P-R-R-M-R-R-R-P-R-R-R-G	2	15	2	2	42525	2126,25	8505
	Eje (chumaceras p209)								
	Rodillos								
	Tambor cola de pato								
Zaranda vibratoria	Sist. Eléctrico (Relé, contactores, cables)	G-R-R-P-R-R-M-R-R-P-R-R-G	2	8	2	1	42525	3543,75	10631,25
Trituradora 9026	Mandíbula fija	G-R-P-R-M-R-P-R-M-R-G	2	5	2	2	42525	4252,5	8505
	Mandíbula móvil								
Motogenerador	Sistema de lubricación	G-R-R-R-R-R-P-R-R-R-R-R-M-R-R-R-R-R-P-R-R-R-R-R-G	2	20	2	1	43200	1800	10800
	Sistema de combustible								
	Sistema de enfriamiento								
	Generador								

Los ciclos de reparaciones de cada máquina se aplican solamente a los sistemas de dichas máquinas que se le designó el mantenimiento preventivo planificado, para los cuales se

diseñaron sus respectivos planes de mantenimiento, a partir de las recomendaciones dadas por los resultados que se indican en la tabla 4.

Para la planificación, ejecución y control de la actividad de mantenimiento en la cantera, se propone partir de todos los documentos que rigen la actividad del mantenimiento en función del sistema alterno, donde se tiene en cuenta el análisis de confiabilidad a partir del historial de fallas que han tenido las máquinas. En la figura 2 se muestra la tendencia obtenida de fiabilidad para cada tipo de máquina de la cantera, donde se comparan las tendencias de confiabilidad de todas las máquinas con distintos tipos de mantenimiento.

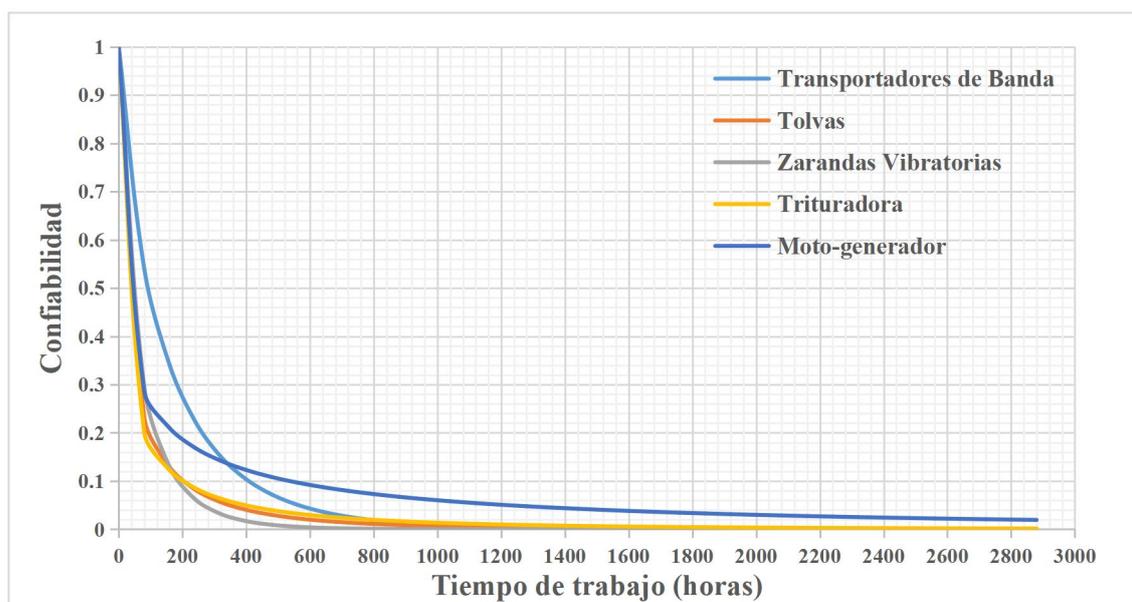


Figura 2. Confiabilidad de los equipos según sus horas de trabajo.

De manera general se puede observar que el motogenerador el cual posee mantenimiento planificado, tiene mayor confiabilidad en el tiempo, relativo a los demás equipos. Mediante este resultado el supervisor de mantenimiento y el jefe de planta pueden tener la referencia del pronóstico de fallas en función de las horas trabajadas de cada equipo.

#### 4. CONCLUSIONES

- Al evaluar la gestión del mantenimiento según el INGM, se obtuvo un valor de 80,27 %, lo que significa que la gestión de mantenimiento en la cantera San Joaquín 2 se evalúa como deficiente. La planificación del mantenimiento preventivo planificado hasta la actualidad se clasifica como estado regular, para los 452 elementos evaluados.
- En el estudio se identificó que se cuenta con 11 equipos con mantenimiento preventivo según índices de fiabilidad; donde se han propuesto los ciclos y actividades adecuadas. En este caso los sistemas fueron calificados en estado regular, por lo que se propone iniciar el ciclo de reparaciones por reparaciones pequeñas.

- Mediante el análisis comparativo de la fiabilidad de los equipos se propone la implementación del programa de gestión de mantenimiento, lo que permitirá reducir costos y mantener una producción constante a largo plazo.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

- [1] E. Velóz-Ramírez, «Informe de Auditoría Ambiental. Área Minera San Joaquín 2. Código 5972,» 2008.
- [2] W. Fernández, Interviewee, *Plan de mantenimiento utilizado en la empresa*. [Entrevista]. 2016.
- [3] E. Palomino, *Elementos de Mediciones y Análisis en Máquinas Rotatorias*, La Habana, La Habana: CEIM, 1999.
- [4] E. Navarrete, O. Treto y J. Rodríguez, *La ingeniería del mantenimiento en un binomio Gestión & Calidad*, La Habana, La Habana: CEIM, 2016.
- [5] L. Tavares, «Mantenimiento Productivo Total,» Primera Reimpresión ed., 2012, pp. 149 - 174.
- [6] H. Acosta, *Auditoría y evaluación de la gestión de la calidad en el mantenimiento*, La Habana: CEIM, ISPJAE, 2012.
- [7] F. González , *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*, Madrid: Fundación Cofemental, 2005.
- [8] P. Tedeschi, *Proyecto de Máquinas*, Argentina: Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1979.
- [9] A. Azoy, «Método para el cálculo de indicadores,» *Ingeniería Agrícola*, vol. 4, n° 4, pp. 45-49, 2014.
- [10] M. B. Muñoz, «Tecnología de máquinas,» Leganés, 2003.