

Propuesta de un Modelo Gerencial Basado en TPM Para Agilizar los Mantenimientos de
Equipos de Seguridad Electrónica en la Mina de Drummond.

Diego Fernando Juvinao Domínguez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

Alexander Antonio Castro Beltrán

Ingeniero Electrónico. Especialista en Alta Gerencia

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

A mi amada esposa, fuente inagotable de apoyo y comprensión. A mi padre, aunque ya no esté presente, cuyo legado de confianza en el poder de la educación sigue guiando mi camino. Su memoria vive en cada logro alcanzado.

Agradecimientos

A Drummond Ltd., por proporcionar el entorno propicio para el aprendizaje y la puesta en marcha de las actividades sobre las cuales se basa el presente trabajo.

Al ingeniero Alexander Castro, por su orientación experta, invaluable conocimientos, su contribución activa a mi formación y a la creación de esta obra.

El compromiso y la colaboración de cada uno de ustedes han sido piedras angulares en la construcción de este logro. Mi más sincero agradecimiento.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Objetivos	15
1.1. Objetivo General	15
1.2. Objetivos Específicos.....	15
2. Materiales y métodos	15
2.1. Contexto Operacional de la Seguridad Electrónica	15
2.2. Estado Inicial de la Gestión de Mantenimiento	18
2.3. Análisis de Criticidad.....	23
2.4. Propuesta del Plan de Mantenimiento.....	34
2.5. Formulación de indicadores para la evaluación y seguimiento	37
3. Conclusiones	38
4. Recomendaciones	41
Referencias Bibliográficas	42
Apéndices.....	44

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Cantidades y tipos de equipos de seguridad electrónica en las minas Drummond Colombia</i>	19
Tabla 2. <i>Resultados de la evaluación del Sistema de Mantenimiento en Seguridad Electrónica – Dltid.</i>	22
Tabla 3 <i>Resumen de equipos seleccionados para el análisis de criticidad.</i>	27
Tabla 4 <i>Resultado de la evaluación de criticidad de los equipos en la mina Pribbenow.</i>	31
Tabla 5 <i>Resultado de la evaluación de criticidad de los equipos en la mina El Descanso.</i>	32
Tabla 6 <i>Resumen de equipos críticos de seguridad electrónica en la mina Drummond Colombia 2023.</i>	33
Tabla 7 <i>Master Plan para la implementación del pilar de Mantenimiento Planeado.</i>	35

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Resultado de aplicación Norma Covenin 2500 – 93. Seguridad Electrónica, septiembre 2023.....</i>	23
Figura 2 <i>Historial Georreferenciado de Intrusiones 2023 Vs CCTV – Mina Pribbenow.</i>	25
Figura 3 <i>Historial Georreferenciado de Intrusiones 2023 Vs CCTV – Mina El Descanso.....</i>	26
Figura 4 <i>Matriz de criticidad realizada con el método CTR para evaluación de activos en Drummond.</i>	30
Figura 5 <i>Pirámide de Resistencia.</i>	34
Figura 6 <i>Consolidado de Ocupación del Personal Técnico – Seguridad Electrónica Drummond 2023.....</i>	39

Lista de Apéndices

Apéndice A.

“Los apéndices están adjuntos y se pueden consultar en el Repositorio Institucional”

Resumen

Título: Propuesta de un modelo gerencial basado en TPM para agilizar los mantenimientos de equipos de seguridad electrónica en la mina Drummond*

Autor: Diego Fernando Juvinao Domínguez**

Palabras Clave: TPM, Mantenimiento Planeado, Seguridad Electrónica, CCTV.

Esta monografía presenta el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento que utiliza el principio de "Mantenimiento Planificado" de la filosofía TPM para fomentar una cultura de mantenimiento en el área de seguridad electrónica de las operaciones mineras de Drummond en Colombia. Es importante resaltar que previo a la creación de este documento y las actividades propuestas, el conocimiento y capacitación del personal técnico y administrativo sobre la gestión del mantenimiento y los indicadores estandarizados para su medición era muy básico.

Se analiza el estado inicial de la gestión del mantenimiento utilizando la norma COVENIN 2500-93, se elabora una matriz de criticidad de los equipos instalados utilizando mapas de calor del histórico de intrusiones y eventos de seguridad, se listan algunos diagnósticos preliminares y con base en los resultados, se propone un modelo de aplicación con pasos secuenciales y macro actividades en cada etapa, que faciliten el inicio de un cambio de paradigma en la gestión del mantenimiento.

Por último, se presentan los indicadores de gestión que se utilizarán para evaluar el progreso del plan propuesto, junto con un análisis de un año consecutivo de la gestión del tiempo, la optimización de los recursos y el rendimiento del equipo en la ejecución de sus actividades diarias.

* Trabajo de Grado

** Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Alexander Antonio Castro Beltrán. Ingeniero Electrónico, Especialista en Alta Gerencia.

Abstract

Title: Proposal for a management model based on TPM to streamline maintenance of electronic security equipment at the Drummond mine *

Author(s): Diego Fernando Juvinao Domínguez**

Key Words: TPM, Planned Maintenance, Electronic Security, CCTV Systems.

This monograph presents the development of a maintenance management model that uses the "Planned Maintenance" principle of the TPM philosophy to foster a culture of maintenance in the area of electronic security of Drummond's mining operations in Colombia. It is important to highlight that prior to the creation of this document and the proposed activities, the knowledge and training of the technical and administrative staff on maintenance management and the standardized indicators for its measurement was very basic.

The initial state of maintenance management is analyzed using the COVENIN 2500-93 standard, a criticality matrix of the installed equipment is prepared using heat maps of the history of intrusions and security events, some preliminary diagnoses are listed and based on the results, an application model is proposed with sequential steps and macro activities in each stage, which facilitate the beginning of a paradigm shift in maintenance management.

Finally, the management indicators that will be used to evaluate the progress of the proposed plan are presented, along with an analysis of a consecutive year of time management, resource optimization and team performance in the execution of its activities. daily.

* Degree Work

**School of Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management. Advisor: Alexander Antonio Castro Beltrán, Electronic Engineer. Senior Management Specialist.

Introducción

Drummond Ltd., es la empresa líder en exportación de carbón en Colombia. Ella extrae, transporta y comercializa carbón a nivel nacional e internacional. Esto lo hace por medio de unas actividades de minería a cielo abierto en un área denominada corredor minero en el norte del departamento del Cesar, extrayendo el carbón térmico que luego será transportado hacia su puerto en el departamento del Magdalena, para posteriormente ser comercializado a sus clientes en todos los rincones del mundo.

Mantenerse liderando en este mercado tan competitivo, representa para la compañía una logística y administración de cada una de sus áreas capaz de adaptarse, de afrontar nuevos retos y de mantenerse alerta de nuevos riesgos latentes. Una de las divisiones administrativas que se encarga de proteger las más de 54.000 hectáreas de extensión que tiene el contrato de exploración y explotación (Drummond Ltd., 2023), es el departamento de Seguridad Física. Desde él, se lideran actividades que buscan minimizar los riesgos de atentados, hurtos, ocupación ilegal de tierras, violación de Derechos Humanos, integridad y protección de activos, entre otras funciones, tal como se describe en su documento denominado “Protección a personas y bienes procesos e imagen en las operaciones mineras” de su Sistema de Gestión (Drummond Security Mine Department, 2012).

Para esta labor, se apoya en colaboradores altamente capacitados en derechos humanos, protección de personal y demás certificaciones afines de la Superintendencia de Vigilancia y Seguridad Privada; Además de esto, el departamento también consta con una basta variedad de recursos electrónicos tales como: Sistemas de control de acceso, Circuitos Cerrados de Televisión (CCTV), Radares, Drones, Alarmas, plataformas de monitoreo de GPS, entre otras.

La seguridad física y la protección de activos es una actividad que se ve muy afectada por las condiciones sociales del área donde se pretenda establecer, las condiciones políticas, la conciencia cultural de la región, los problemas económicos del área, el valor de los activos objetos de protección, la extensión del área que se pretenda cuidar, la seguridad social de la zona, la existencia de grupos al margen de la ley, el dinamismo propio de la producción.

Cada día se materializan novedosas estrategias de vulneración al estado de la propiedad privada, por lo tanto, para contrarrestar esta situación, es necesario que la seguridad electrónica esté apoyando estos procesos de protección con la tecnología que esté a la vanguardia. Este ha sido el caso del área que maneja la seguridad electrónica en las minas de Drummond Ltd. junto con el aumento en los equipos para lograr cubrir más áreas de la empresa, también se ha visto que tiene una relación directamente proporcional con la variedad de los equipos adquiridos.

A inicios del año 2020, la cantidad de equipos de seguridad electrónica con los que funcionaba la compañía era de 198 en total. No había una variedad notable en las marcas y modelos, puesto que se requerían prácticamente la misma referencia para cubrir estas áreas. En este punto, la intervención técnica de dichos equipos se hacía extendiéndolos todos hasta el mantenimiento correctivo por las dificultades de acceso y de operación en las áreas donde se encontraban instalados. Sin embargo, por la baja cantidad de equipos para entonces, todos los servicios podían atenderse y mostrar una eficiencia promedio del grupo de trabajo en la realización de los servicios del 89%, según el análisis de la base de datos de servicios del departamento (Electronic Security, 2020).

Para mediados del año 2023, la cantidad de equipos aumentó un 159% lo que ocasionó que la planificación en los mantenimientos se convierta en una necesidad inminente. La cantidad de horas/hombre requeridas para efectuar las mismas labores fue mayor. Teniendo en cuenta

todo esto, se esperaba que la relación en la eficiencia de los servicios programados y realizados se mantuviera estable, pero no pasó así; por el contrario, fueron aumentando los equipos fuera de servicio y el porcentaje de ocupación del personal que labora en el área se disparó.

Haciendo una abstracción con la intención de encontrar posibles causas a la problemática que nos atañe, se han encontrado ciertos patrones en la literatura concerniente a los principios del mantenimiento que hacen referencia a los “síntomas de una deficiente gestión de mantenimiento” algunas de ellas se exponen a continuación:

- Gran cantidad de equipos fuera de servicio de forma inesperada.
- Como lo menciona Pistarelli, se complica cumplir a cabalidad la programación de los servicios para el día, puesto que es “normal” que ocurran muchas emergencias durante la operación de los equipos.
- No hay documentos, ni preparación previa para tener un plan de reemplazo de los dispositivos que se mantienen (Pistarelli, 2012).
- La urgencia por atacar las emergencias diarias, dificulta la posibilidad de contar con espacios en los que se aporten ideas para mejorar técnicamente los talleres y herramientas.
- No se le saca el máximo provecho a los sistemas de información con los que se cuenta, desencadenando de esta forma que los indicadores para presentar el desempeño del equipo de trabajo no presenten datos veraces. (Gonzales, 2003).
- Falta de capacitación del personal en la operación de la variedad de los equipos que se buscan mantener.

Teniendo en cuenta lo anterior nace la presente propuesta que busca no sólo centrarse en la creación de un plan de mantenimiento, sino que desea ir más allá sugiriendo desde la visión

holística gerencial, tener mejoras en la programación de las tareas, estandarizar procesos, buscar mejores prácticas de manejo de personal empoderándolos en su campo de acción, creación de una cultura empresarial y sentar las bases para un análisis estadístico posterior que justifique una reestructuración jerárquica que vaya en pro a los objetivos propuestos por el departamento y el cumplimiento de su rol dentro de la compañía.

Dicho esto, y tomando de apoyo la literatura citada, se puede notar que el departamento de seguridad electrónica adolece de una gestión de mantenimiento sólida que se vaya adaptando a las necesidades y la agilidad con que se mueven las demás áreas de la compañía; esto muchas veces se ve reflejado en retrasos de los trabajos, incumplimientos y algunas observaciones para mejoras. De ahí, la importancia de la pregunta, ¿Cómo se podría mejorar la eficiencia del grupo de trabajo y reducir los costos asociados al mantenimiento de los equipos con los que se trabaja?

La finalidad de este ejercicio académico es poder demostrar la importancia de trabajar tácitamente con tareas, ejercicios y rutinas estandarizadas para las labores diarias y notar su impacto en la mejora continua de las operaciones que se llevan a cabo en el departamento de seguridad electrónica, proponiendo funciones para cada nivel jerárquico y formulando los indicadores con los que serán medidos los avances obtenidos.

Uno de las mayores motivaciones para la ejecución de esta investigación es la convicción de que por su naturaleza integral, los grandes resultados ligados a la optimización de recursos, se esperan en un área, pero la metodología que se empleará para conseguir este objetivo creará una cultura laboral que no sólo beneficiará a los usuarios con equipos por mantener, sino también:

- A los técnicos que ejecutan la labor, debido a que la eficiencia que se pretende alcanzar los hará trabajar de una mejor manera;

- A los supervisores del área de seguridad electrónica, ya que se podrán planificar las labores del turno;
- A los equipos electrónicos que se mantienen, debido a que con un plan serio de trabajo y acorde a sus necesidades se logrará extender su vida útil y cambiar de la estrategia de correr sus servicios hasta que llegan a la falla.

Sin embargo, no sólo lo que rodea la parte técnica de las operaciones se verá favorecido, también se debe tener en cuenta que las unidades administrativas superiores podrán exponer mejores resultados de su grupo de trabajo, reducción de fallas del CCTV en zonas críticas de monitoreo y/o custodia, lo que generaría mayor confianza y documentación de los eventos identificados; Por otro lado, desde el punto de vista económico, con una buena gestión de mantenimiento, se reducirán los costos asociados a la compra por reemplazo de equipos existentes debido a fallas irreparables.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Proponer un plan gerencial de mantenimiento basado en TPM para agilizar los mantenimientos de equipos de seguridad electrónica en la mina Drummond.

1.2. Objetivos Específicos

Documentar estado actual de la gestión del mantenimiento en el área de seguridad electrónica.

Realizar un análisis de criticidad que permita la jerarquización de los sistemas y equipos dependiendo a los criterios de la organización.

Aplicar la teoría del TPM basados en el pilar de “Mantenimiento Planeado” para establecer un plan de mantenimiento óptimo.

Formular indicadores de gestión para seguimiento y evaluación de la teoría propuesta.

2. Materiales y métodos

En esta sección, se presentará la metodología utilizada para llevar a cabo los objetivos propuestos en este ejercicio académico; se detallan las herramientas, áreas del saber y teorías empujadas, los procedimientos seguidos y la justificación del enfoque seleccionado para el desarrollo de la monografía.

2.1. Contexto Operacional de la Seguridad Electrónica

A medida que transcurre el tiempo, la empresa Drummond Ltd. en sus operaciones mineras se ve inmersa en una variación de condiciones internas y externas con las que debe

lidiar, puesto que de ellas depende el éxito de su razón social. Algunas de ellas son las fluctuaciones socio-políticas de la región, la necesidad de salvaguardar sus grandes extensiones de tierra, el uso de cada vez mayor recurso humano para la cumplir con los objetivos internos de producción, el aumento en la cantidad y el valor de sus activos usados para la actividad minera, entre otros. Esto convierte a la empresa en un blanco predilecto para que grupos externos intenten permear el esquema de seguridad adoptado por la compañía para llevar a cabo sus actividades ilícitas. Según los indicadores propios del departamento, esta problemática ha venido en ascenso en los últimos años. Es por esto, que recobra importancia el apoyo desde la parte ingenieril al personal de seguridad privada, sacándole el máximo provecho a la tecnología existente instalada y futura, disminuyendo tiempos muertos en los equipos e identificando la criticidad de los dispositivos en las diferentes zonas del complejo minero.

La implementación de un plan gerencial de mantenimiento que apunte a la agilización de los procesos asociados a la conservación óptima de los equipos de seguridad electrónica permitirá aumentar la satisfacción de los clientes a los cuales se les vigila el área, ayudará a que el centro de control haga mejor sus labores al disminuir las variaciones de los tiempos de operación de los equipos, identificará los puntos críticos de intrusiones/custodia y se adaptarán estrategias de contingencia y mantenimientos especiales con el fin de evitar tiempos muertos del CCTV en dichos sitios. Esto contribuirá a una mejora de procesos que hará más eficiente la labor de proteger el recurso humano que labora en la compañía y sus activos.

Este trabajo de investigación utilizó el enfoque mixto, ya que se analizaron cifras, recopilaron datos para posteriormente contrastarlos con los iniciales, pero además desde la parte cualitativa hay un gran mérito por implantar una cultura de mejora continua de procesos en cada uno de los colaboradores que hacen parte de la cadena de servicios.

La teoría del conocimiento que se empleó para abordar la problemática descrita en líneas anteriores, es el método de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Los antecedentes que requirió la investigación se recopilaron de una base de datos propia del departamento y se trataron con estadística descriptiva para lograr tenerlos de una forma más amigable para su proyección y análisis.

Se elige el método de mejora “Mantenimiento Productivo Total (TPM)” debido a que, por experiencia y por el conocimiento propio del área de trabajo, se puede lograr que a futuro se implante esta metodología y obtener todos sus beneficios. Se iniciará este camino, sentando las bases de trabajo sobre el pilar denominado “Mantenimiento Planeado”, puesto que se puede garantizar que se cumplen todas sus propiedades para su aplicación, seguimiento y evaluación, como lo son:

Identificación de Equipos Críticos: En el área se cuenta con mapas de calor y estadísticas para seleccionar y priorizar equipos críticos para la seguridad de las instalaciones, los cuales requerirán un programa de mantenimiento planeado para maximizar la eficiencia operativa.

Programación de Mantenimiento Preventivo: Se puede establecer un programa detallado de actividades de mantenimiento preventivo basado en el ciclo de vida de los equipos, con el objetivo de minimizar las fallas y maximizar la disponibilidad.

Registro y Análisis de Historiales de Mantenimiento: Con los sistemas de información que se manejan, es posible mantener registros detallados de las actividades de mantenimiento realizadas y analizarlos para identificar patrones, tendencias y oportunidades de mejora.

Uso de Tecnologías Predictivas: La alta gerencia y las directivas de la empresa están interesados en el uso de tecnología para optimizar sus procesos. Existe un rubro enfocado hacia

las inversiones en la implementación de tecnologías predictivas y softwares de análisis para anticipar posibles fallas y programar intervenciones antes de que ocurran problemas graves.

Capacitación del Personal: La compañía cuenta con los recursos para brindar formación adecuada al personal de mantenimiento con la finalidad de llevar a cabo las actividades planificadas de manera efectiva y segura.

Establecimiento de Indicadores de Desempeño: Uno de los resultados de la presente monografía es definir indicadores clave de rendimiento (KPIs) para evaluar la eficacia del mantenimiento planeado, como la disponibilidad del equipo, la reducción de tiempo de inactividad y el aumento de la vida útil de los equipos.

Mejora Continua: La disciplina operacional es un pilar de la compañía; razón por la cual, implementar un ciclo de mejora continua para ajustar y mejorar constantemente las estrategias de mantenimiento planeado, basándose en la retroalimentación y los resultados obtenidos, estará alineado a la misión y visión institucional.

2.2. Estado Inicial de la Gestión de Mantenimiento

En el marco de esta monografía, se abordará una exploración de 617 equipos cruciales en el ámbito de la seguridad electrónica de la compañía. Estos equipos se han organizado en grandes grupos según su función en el dispositivo de seguridad. La variedad de equipos incluye cámaras de diferentes tipos como: Domos, Fisheye, Bala, Doble lente, Minidomo, Pinholes, entre otras; elementos del control de acceso como: Torniquetes, Arcos detectores de metales, talanqueras y demás; grabadores como: DVR, NVR... cada uno de estos elementos desempeñando un papel esencial en su área.

La comprensión detallada de estos equipos, el discernimiento de sus funciones y el entendimiento de sus contextos operacionales permitirá avanzar en el estudio a una evaluación integral y facilitará la formulación de recomendaciones por parte del área de ingeniería hacia los encargados de la seguridad física, generando de esta forma un trabajo conjunto que aúne esfuerzos en la creación de estrategias para la mejora continua en lo que respecta a sus rutinas de mantenimiento.

Sin más, se presenta en la tabla No. 1 la síntesis de lo expresado en los párrafos anteriores:

Tabla 1.

Cantidades y tipos de equipos de seguridad electrónica en las minas Drummond Colombia.

ELEMENTOS	UBICACIÓN EN EL COMPLEJO MINERO					TOTALES
	Pribbenow	El Descanso	El Corozo	DEI	Operaciones	
Cámaras	180	107	10	24	81	402
Control de Acceso	78	49	1	4	0	132
DVR, NVR	32	6	1	2	19	60
Alarmas y Radars	9	9	2	0	0	20
UAV	1	1	1	0	0	3
TOTALES	300	172	15	30	100	617

Para evaluar el estado actual de la gestión de mantenimiento al interior de la dependencia de seguridad electrónica en la empresa, se utilizó la norma COVENIN 2500 – 93. Esta norma tiene la cualidad de poder analizar aspectos que van desde la organización de la empresa, organización del mantenimiento, calidad de los proveedores, recursos, herramientas, entre otros elementos. En la aplicación de la norma, cada área de la gestión que se evalúa, tiene unos puntajes obtenibles totales. Estos puntos se van ganando en la medida que cada uno de los aspectos abordados cumple o no cumple con su función o principio básico. En caso tal de no

cumplir, o de cumplimiento parcial, también existen unos deméritos. Estos deméritos restan sobre el total obtenible de cada principio.

El principal objetivo de iniciar con este estudio, es identificar posibles deficiencias en el proceso y gestión actual. Esta medida permitirá establecer un marco objetivo de evaluación y proporcionará datos claves que servirán como base para la implementación de acciones gerenciales correctivas que se formularán, mejorando así la eficiencia y la calidad del mantenimiento.

Al analizar los resultados de la evaluación obtenida se logró identificar aspectos específicos en los que la gestión del departamento es realmente robusta y otros en los que hay oportunidades de mejora.

Comprobando la hipótesis que motivó al desarrollo de este trabajo de investigación y evaluación de procesos internos, las áreas en las que sumó más deméritos el departamento de seguridad electrónica fueron: Planificación del Mantenimiento, Mantenimiento Rutinario y Mantenimiento Programado. Un aspecto beneficioso de la herramienta seleccionada para encontrar estas falencias, es que durante la evaluación presentan claramente los temas a mejorar. Los aspectos más relevantes se muestran en las siguientes líneas:

En cuanto a la “Planificación del Mantenimiento”, se ha detectado que una de las carencias es la ausencia de objetivos claramente definidos por escrito. Sin un punto de referencia, el horizonte se vuelve vasto y dificulta al personal la consecución de los objetivos. Como resultado, surgen consecuencias como no disponer de un plan que especifique las necesidades reales de los elementos a mantener, carecer de un orden claro de prioridades, extender la mayoría de las tareas de mantenimiento a medidas correctivas y, por último, no disponer de un repositorio

de manuales de mantenimiento y parámetros de funcionamiento de los equipos, lo que dificulta el análisis de la información para la toma de decisiones futuras.

Teniendo en cuenta los aspectos presentados en el apartado "Mantenimiento rutinario", los inconvenientes del área se centraron en demostrar que, sin documentación, no se podían generar acciones de mantenimiento rutinario. Las tareas identificadas como rutinarias no cumplen la frecuencia estipulada, lo que hace que se realicen de forma variable, ocasional y sin un estándar. Por tanto, la información recogida no es suficiente para evaluar el componente de mantenimiento rutinario en cuanto a los recursos utilizados, su impacto en el sistema, así como para compararlos con otros tipos de mantenimiento.

Por otro lado, existen oportunidades de mejora en relación con el "Mantenimiento Programado" que se centran en la falta de estudios previos que determinen las cargas de trabajo y los ciclos de inspección de los objetos a mantener. Además, la información utilizada para crear instrucciones técnicas para el mantenimiento programado y sus procedimientos de ejecución es inadecuada, lo que provoca la ausencia de planes de programación anuales divididos por semanas con las acciones de mantenimiento a realizar, así como su posterior evaluación y análisis.

Aunque la evaluación del "Mantenimiento preventivo" obtuvo una puntuación ligeramente superior al 50%, hay aspectos que pueden mejorarse. Por ejemplo, aunque se recogen los datos técnicos y el historial de intervenciones de los equipos, faltan estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las inspecciones y las sustituciones de componentes. Esto da lugar a una falta de conocimiento sobre el tiempo de inactividad y el tiempo entre averías. Además, se observó que es importante atenerse a indicadores que midan la eficacia de los procedimientos para comprender el camino hacia la consecución de los resultados deseados.

A continuación, en la tabla No. 2 se muestra el resultado en la ficha de evaluación de la norma COVENIN 2500 – 93.

Tabla 2.

Resultados de la evaluación del Sistema de Mantenimiento en Seguridad Electrónica – D ltd.

FECHA		30/Septiembre/2023				
EVALUADOR		Alexander Castro B.				
EMPRESA		Drummond Ltd.				
		AREA				
		Seguridad Electrónica				
SISTEMA DE MANTENIMIENTO						
FICHA DE EVALUACIÓN						
AREA	PRINCIPIO BÁSICO	PTS	DEMÉRITOS	TOTAL DEMÉRITOS	PTS	CALIFICACIÓN PORCENTUAL
I. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	1. Funciones y responsabilidades	60	0 0 5 - - - - -		5	55
	2. Autoridad y autonomía	40	0 0 5 0 - - - - -		5	35
	3. Sistema de información	50	8 5 5 5 0 0 - - - - -		23	27
	Total Obtenible	150			Total Obtenido	117
II. ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO	1. Funciones y responsabilidades	80	10 10 5 0 0 0 - - - - -		25	55
	2. Autoridad y autonomía	50	0 0 5 0 - - - - -		5	45
	3. Sistema de información	70	15 5 10 5 5 0 - - - - -		40	30
	Total Obtenible	200			Total Obtenido	130
III. PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	1. Objetivos y metas	70	20 20 15 5 - - - - -		60	10
	2. Políticas para planificación	70	10 10 10 5 - - - - -		35	35
	3. Control y evaluación	60	0 5 5 10 0 5 3 5 - - - - -		33	27
	Total Obtenible	200			Total Obtenido	72
IV. MANTENIMIENTO RUTINARIO	1. Planificación	100	15 10 5 0 0 0 - - - - -		30	70
	2. Programación e implantación	80	15 10 10 0 5 0 0 5 - - - - -		45	35
	3. Control y evaluación	70	5 10 5 10 5 0 20 - - - - -		55	15
	Total Obtenible	250			Total Obtenido	120
V. MANTENIMIENTO PROGRAMADO	1. Planificación	100	20 10 15 20 5 10 5 - - - - -		85	15
	2. Programación e implantación	80	10 5 15 5 10 5 - - - - -		50	30
	3. Control y evaluación	70	5 5 10 5 5 0 10 - - - - -		40	30
	Total Obtenible	250			Total Obtenido	75
VI. MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL	1. Planificación	100	10 10 0 0 0 - - - - -		20	80
	2. Programación e implantación	80	0 5 0 0 10 - - - - -		15	65
	3. Control y evaluación	70	5 15 0 5 20 - - - - -		45	25
	Total Obtenible	250			Total Obtenido	170
VII. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	1. Planificación	100	5 0 0 0 - - - - -		5	95
	2. Programación e implantación	80	5 0 10 5 - - - - -		20	60
	3. Control y evaluación	70	0 15 10 20 - - - - -		45	25
	Total Obtenible	250			Total Obtenido	180
VIII. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	1. Determinación de parámetros	80	0 15 20 10 0 - - - - -		45	35
	2. Planificación	40	10 5 - - - - -		15	25
	3. Programación e implantación	70	5 10 0 0 5 - - - - -		20	50
	4. Control y evaluación	60	5 15 0 15 - - - - -		35	25
Total Obtenible	250			Total Obtenido	135	54
IX. MANTENIMIENTO POR AVERÍA	1. Atención a las fallas	100	0 15 0 0 15 0 - - - - -		30	70
	2. Supervisión y ejecución	80	0 0 5 5 2 5 0 3 - - - - -		20	60
	3. Información sobre las averías	70	0 0 0 10 - - - - -		10	60
	Total Obtenible	250			Total Obtenido	190
X. PERSONAL DE MANTENIMIENTO	1. Cuantificación de las necesidades del personal	70	0 0 20 - - - - -		20	50
	2. Selección y formación	80	0 0 0 2 0 5 0 0 - - - - -		7	73
	3. Motivación e incentivos	50	10 5 10 5 - - - - -		30	20
	Total Obtenible	200			Total Obtenido	143
XI. APOYO LOGÍSTICO	1. Apoyo administrativo	40	0 10 0 2 0 - - - - -		12	28
	2. Apoyo gerencial	40	0 5 2 0 0 - - - - -		7	33
	3. Apoyo general	20	0 0 - - - - -		0	20
	Total Obtenible	100			Total Obtenido	81
XII. RECURSOS	1. Equipos	30	0 0 0 5 0 5 - - - - -		10	20
	2. Herramientas	30	0 2 0 0 5 - - - - -		7	23
	3. Instrumentos	30	0 0 0 0 0 0 - - - - -		0	30
	4. Materiales	30	0 0 0 3 0 1 1 0 0 3		8	22
	5. Repuestos	30	0 0 0 3 1 0 0 0 0 3		7	23
	Total Obtenible	150			Total Obtenido	118
		2500			1531	

En la ilustración que se muestra a continuación se presenta gráficamente el resultado obtenido en la ficha de calificación de la Norma COVENIN.

Figura 1

Resultado de aplicación Norma Covenin 2500 – 93. Seguridad Electrónica, septiembre 2023.

Resultado de la evaluación de la gestión del mantenimiento - Drummond Ltd.



2.3. Análisis de Criticidad

Para comenzar con el análisis de criticidad de los equipos de seguridad electrónica en las minas de Drummond Colombia, se utilizará el modelo de criticidad semicuantitativo “CTR”, o

de Criticidad Total por Riesgo. Se trata de un modelo práctico que permitirá clasificar los activos en función de la frecuencia de los fallos de un equipo y de la gravedad de dichos fallos.

Debido al gran número de equipos implicados, el primer paso será realizar una selección inicial. A esta altura, la investigación se apoyará en los datos recopilados por el centro de control y los planificadores de seguridad física, junto con un mapa de calor georreferenciado de intrusiones, robos y activos más implicados en eventos de seguridad. El objetivo de este ejercicio es determinar qué sistemas de seguridad electrónica están más cerca o más implicados en las zonas de mayor actividad, puesto que este parámetro clasificaría el equipo en “crítico” ya que se le debe garantizar la mayor disponibilidad posible y confiabilidad en su operación.

Los mapas de intrusiones y eventos de seguridad serán segmentados por minas, destacando claramente las áreas de mayor riesgo identificadas en rojo y amarillo; Para asegurar un estudio preciso de equipos con alta criticidad, la atención se centrará exclusivamente en los sistemas electrónicos ubicados en estas zonas críticas, convirtiéndose esto, en un filtro inicial para abordar la situación.

Una vez se tengan los equipos seleccionados, el paso siguiente en la metodología usada fue el de establecer mediante el método de CTR una valoración semicuantitativa de la criticidad de cada uno de estos activos, con la finalidad de conformar la primera matriz del departamento de priorización de equipos. Esta matriz se usó en la creación de rutinas de mantenimiento para los equipos ubicados en la máxima valoración de riesgo según lo que exija el área de la instalación y las recomendaciones del fabricante, los resultados obtenidos confluirán en la necesidad imperativa de formar la cultura de los mantenimientos planeados en el personal que conforma el departamento de seguridad electrónica, iniciando desde las directivas, hasta los técnicos.

En la figura No. 2, se presenta el mapa de una de las minas de Drummond en Colombia, llamada “Pribbenow”. Se pueden identificar en el mapa intrusiones referenciadas con círculos de color verde, hurtos con círculos de color negro y equipos de CCTV en los cuadrados amarillos. Adicional a esto, se presentan polígonos amarillos y rojos, los amarillos representan gran cantidad de eventos de seguridad y los rojos, zonas donde han existido eventos con afectaciones muy graves a la producción y/o a los bienes de la compañía.

Figura 2

Historial Georreferenciado de Intrusiones 2023 Vs CCTV – Mina Pribbenow.



Además de lo anterior, se identificó otro grupo de equipos que se encontraban muy cerca de las rutas de entrada y salida ilegales conocidas. También se consideró que corrían un mayor riesgo de sufrir daños o robos y se incluyeron en la matriz para su análisis.

Por último, había ciertos equipos asignados a la política de protección de personalidades de la compañía. Se consideró que eran esenciales para garantizar la seguridad del personal VIP. Por lo tanto, también se incluyeron en la matriz para un examen más detallado.

Todas estas categorías de equipos se consideraron activos de alto riesgo y se sometieron a un análisis exhaustivo para determinar su grado de criticidad. Esta calificación se utilizaría entonces para priorizar sus programas de mantenimiento y reparación, así como para determinar el nivel de medidas de seguridad necesarias para protegerlos de robos o daños.

De esta forma, se redujo la cantidad de equipos para el análisis a 48, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 3

Resumen de equipos seleccionados para el análisis de criticidad.

EQUIPOS CRÍTICOS	UBICACIÓN		TOTALES
	Pribbenow	El Descanso	
Cámaras	23	15	38
Control de Acceso	2	1	3
Alarmas y Radars	1	4	5
UAV	1	1	2
TOTALES	27	21	48

Como se había mencionado en líneas anteriores, una vez se tuvo el consolidado de los equipos críticos, se procedió a realizar el análisis de criticidad basados en la metodología “CTR” con la intención de configurar la matriz.

Basándose en lo expuesto por XXX en su documento XXX, la expresión para la jerarquización de los sistemas se hace con la siguiente expresión:

$$CTR = FF \times C$$

En donde, CTR, expresa la “Críticidad Total por Riesgo”; FF, hace referencia a la “Frecuencia de Fallos”, estos deben medirse en un tiempo determinado (año, semestre, mes); y C son las “Consecuencias de fallo”.

Por su parte, las consecuencias también se pueden cuantificar teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA$$

Las siglas significan: IO, “Impacto en la Producción”, FO, “Flexibilidad Operacional”, “CM” esta se asocia a los costos de mantenimiento; Por último, SHA es el factor de “Seguridad, Higiene y Ambiente”.

Por lo que la expresión para la jerarquización quedaría así:

$$CTR = FF \times [(IO \times FO) + CM + SHA]$$

Tal Como lo expresa el autor, las escalas y los parámetros pueden variar dependiendo del uso y de la industria en dónde se esté aplicando el análisis; Siendo así, la escala con las que se trabajó fueron las siguientes:

Frecuencia de Falla:

1. Excelente: 1 evento o ninguno anual.
2. Bueno: Entre 2 y 3 eventos anuales.
3. Promedio: Entre 4 y 5 eventos anuales.
4. Frecuente: Más de 5 eventos anuales.

Impacto en la operación:

1. Pérdidas y/o exposición de activos valuados en menos de 5.000 USD
3. Pérdidas y/o exposición de activos valuados entre 5.000 USD y 7.500 USD.
5. Pérdidas y/o exposición de activos valuados entre 7.500 USD y 10.000 USD.
7. Pérdidas y/o exposición de activos valuados entre 10.000 USD y 12.500 USD.
10. Pérdidas y/o exposición de activos valuados en más de 12.500 USD.

Flexibilidad Operacional,

1. Hay repuestos o equipos de reemplazo y el tiempo de acción es bajo.
2. Hay repuestos o equipos de reemplazo y el tiempo de acción es intermedio.
4. No hay repuestos, ni equipos de reemplazo y el tiempo de acción es muy alto.

Coste de mantenimiento:

1. Reparación inferior a 10.000 USD
2. Reparación superior a 20.000 USD

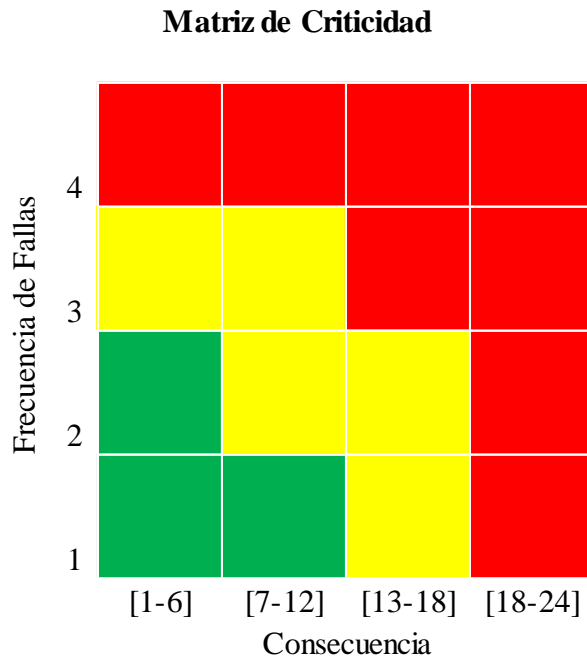
Seguridad, Higiene y Ambiente:

1. No hay riesgo de pérdida de la vida o afectaciones a la salud de ningún implicado, no se le ocasionan daños al medio ambiente.
2. Existe un riesgo mínimo de pérdida de la vida o afectaciones a la salud de algún implicado, se ocasionan daños al medio ambiente ligeros y fáciles de resarcir.
3. Existe un riesgo medio de pérdida de la vida o afectaciones a la salud de algún implicado, se ocasionan daños importantes al medio ambiente, con incidentes difíciles de tratar.
4. Existe un alto riesgo de pérdida de la vida de una persona, se causan daños graves al medio ambiente, con pérdidas irreparables o catastróficas.

Tras analizar cada equipo seleccionado en el screening inicial y evaluarlo mediante los parámetros presentados, se procedió a ubicarlo en la matriz de criticidad para conocer su valor. La escala de evaluación utilizada fue la siguiente:

Figura 4

Matriz de criticidad realizada con el método CTR para evaluación de activos en Drummond.



El siguiente paso consistió en evaluar los equipos citados en la tabla No.3, para determinar su ubicación dentro de la matriz de criticidad presentada e la figura No. 4. En este punto, vale la pena recordar que, se centrará la atención exclusivamente en los equipos que estén en la zona crítica de la matriz, mismos a los cuales se les propondrá un plan de mantenimiento que posteriormente se analizará y se revisará con indicadores de gestión.

El plan de mantenimiento propuesto para cada equipo de la zona crítica se adaptará específicamente a sus necesidades y requisitos únicos. Este enfoque personalizado garantiza que los esfuerzos de mantenimiento se optimicen y sean eficaces a la hora de abordar los problemas

particulares a los que se enfrenta cada equipo. Se utilizarán indicadores de rendimiento para hacer un seguimiento del éxito del plan de mantenimiento y realizar los ajustes o modificaciones que sean necesarios.

Los equipos críticos para la mina Pribbenow se ubican a continuación:

Tabla 4

Resultado de la evaluación de criticidad de los equipos en la mina Pribbenow.

MINA PRIBBENOW				
No.	Equipo o Máquina	Frecuencia de Fallas	Calificación de Consecuencias	Jerarquización
1	UAV Pribbenow	1	24	Crítico
2	Alarma Casa VIP	1	17	Medio - Crítico
3	Acceso Portería PBN	4	14	Crítico
4	Acceso Casa VIP	1	17	Medio - Crítico
5	Cámara PTZ Zona Chile	2	18	Medio - Crítico
6	Cámara PTZ Zona Cables	4	14	Crítico
7	Cámara PTZ Vehículos y Repuestos	3	16	Crítico
8	Cámara PTZ Vehículos y Repuestos	3	16	Crítico
9	Cámara PTZ Apoyo Labores Varias	3	16	Crítico
10	Cámara PTZ Apoyo Labores Varias	3	16	Crítico
11	Cámara PTZ Apoyo Labores Varias	3	16	Crítico
12	Cámara PTZ Patio de Carbón	1	16	Medio - Crítico
13	Cámara PTZ Zona Central	2	17	Medio - Crítico
14	Cámara PTZ Zona Explosivos	4	19	Crítico
15	Cámara PTZ Zona Explosivos	4	19	Crítico
16	Cámara PTZ Portería	2	13	Medio - Crítico
17	Cámara PTZ Aeródromo	1	17	Medio - Crítico
18	Camara 360 Vehículos	2	16	Medio - Crítico
19	Cámara 360 Bodega	3	24	Crítico
20	Cámara 360 Bodega	3	24	Crítico
21	Cámara 360 Bodega	3	24	Crítico
22	Cámara 360 Ingreso Operarios	2	14	Medio - Crítico
23	Cámara 360 Ingreso Operarios	2	14	Medio - Crítico
24	Cámara 360 Ingreso Operarios	2	14	Medio - Crítico
25	Cámara Bala Portería	3	10	Medio - Crítico
26	Cámara Bala Portería	3	10	Medio - Crítico
27	Cámara Bala Portería	3	10	Medio - Crítico

Tabla 5

Resultado de la evaluación de criticidad de los equipos en la mina El Descanso.

MINA EL DESCANSO				
	Equipo o Máquina	Frecuencia de Fallas	Calificación de Consecuencias	Jerarquización
1	UAV El Descanso	1	24	Crítico
2	Acceso Portería ED	4	14	Crítico
3	Alarma Rampa Norte	4	14	Crítico
4	Domo Motobomba	4	16	Crítico
5	Radar Motobomba	4	16	Crítico
6	Domo Subestacion Sur	2	17	Medio - Crítico
7	Domo Comedor	2	10	Medio - Crítico
8	Domo Operaciones Central	2	17	Medio - Crítico
9	Domo Bodega	2	14	Medio - Crítico
10	Domo Zona Explosivos	2	19	Crítico
11	Domo Zona Explosivos	2	19	Crítico
12	Domo Zona Explosivos	2	19	Crítico
13	Domo Becerril	1	17	Medio - Crítico
14	Domo Subestacion La Paz	2	24	Crítico
15	Radar Subestacion La Paz	2	24	Crítico
16	Domo Subestacion Becerril	2	24	Crítico
17	Radar Subestacion Becerril	2	24	Crítico
18	Cámara 360 Ingreso Operarios	2	14	Medio - Crítico
19	Cámara 360 Ingreso Operarios	2	14	Medio - Crítico
20	Cámara 360 Ingreso Operarios	2	14	Medio - Crítico
21	Cámara 360 Ingreso Operarios	2	14	Medio - Crítico

Después de haber realizado esta discriminación de equipos con la ayuda de la matriz de criticidad, se procedió a sintetizar todos los datos en una tabla que refleja la criticidad de los equipos de seguridad electrónica y en los que se centrará el plan de mantenimiento. Esto se presenta en la Tabla No. 6.

Tabla 6

Resumen de equipos críticos de seguridad electrónica en la mina Drummond Colombia 2023.

EQUIPOS CRÍTICOS SEGURIDAD ELECTRÓNICA			
Equipo o Máquina	Frecuencia de Fallas	Calificación de Consecuencias	Jerarquización
1 UAV El Descanso	1	24	Crítico
2 Acceso Portería ED	4	14	Crítico
3 Alarma Rampa Norte	4	14	Crítico
4 Domo Motobomba	4	16	Crítico
5 Radar Motobomba	4	16	Crítico
6 Domo Zona Explosivos	2	19	Crítico
7 Domo Subestacion La Paz	2	24	Crítico
8 Radar Subestacion La Paz	2	24	Crítico
9 Domo Subestacion Becerril	2	24	Crítico
10 Radar Subestacion Becerril	2	24	Crítico
11 UAV Pribbenow	1	24	Crítico
12 Acceso Portería PBN	4	14	Crítico
13 Cámara PTZ Zona Cables	4	14	Crítico
14 Cámara PTZ Vehículos y Repuestos	3	16	Crítico
15 Cámara PTZ Apoyo Labores Varias	3	16	Crítico
16 Cámara PTZ Zona Explosivos	4	19	Crítico
17 Cámara 360 Bodega	3	24	Crítico

Teniendo en cuenta que los equipos reportados como críticos son de la misma referencia y las condiciones de instalación son muy parecidos, se procedió a seleccionar los modelos y a crear planes de mantenimiento basándose en lo especificado por los manuales técnicos y las hojas de datos de cada equipo. Buscando maximizar el uso de los activos mencionados, se basará el desenlace de esta investigación en el pilar “Mantenimiento Planeado” de la teoría del TPM para el planteamiento del plan gerencial de mantenimiento objeto de este documento.

2.4. Propuesta del Plan de Mantenimiento

El TPM es una filosofía que pretende maximizar la eficiencia de todo un sistema de producción. Emplea métodos y técnicas para reducir las pérdidas en los procesos deseados. Se eligió trabajar con este método para implantar la presente propuesta porque involucra todos los niveles operativos del departamento. Como ya se ha mencionado, el área de seguridad electrónica carece de una cultura de mantenimiento entre su personal, salvo para las medidas correctivas. La implantación del TPM se centró primero en sensibilizar a los directivos acerca de la importancia que tendría el desarrollo de la actividad y consiguientemente la formación del personal técnico.

Dicho lo anterior, la propuesta gerencial que se presentó al equipo de trabajo consistió en cronogramas y actividades para lograr “escalar” la “pirámide de la resistencia” expuesta por Abraham Maslow en su artículo “A theory of human motivation”.

Figura 5

Pirámide de Resistencia.



Nota: Tomado de “Resistencia al cambio”, <https://acortar.link/yc3JM4>.

Una vez definido los límites del caso de estudio tanto de recursos como de equipos a intervenir, se consolidó un equipo de trabajo con roles y tareas que tenían como principal objetivo buscar la optimización de la configuración de seguridad electrónica desplegada por la extensión de las minas, sin dejar de lado la responsabilidad con el personal en temas que implican su formación y compromiso con el proyecto. Gracias a esto, se creó un “Plan Maestro” donde se establecen tiempos estimados y actividades alineadas a los pasos de implementación del del pilar de Mantenimiento Planeado del TPM.

Tabla 7

Master Plan para la implementación del pilar de Mantenimiento Planeado.

MASTER PLAN TPM - PILAR MANTENIMIENTO PLANEADO													
		2023				2024				2025			
		Primer Trimestre	Segundo Trimestre	Tercer Trimestre	Cuarto Trimestre	Primer Trimestre	Segundo Trimestre	Tercer Trimestre	Cuarto Trimestre	Primer Trimestre	Segundo Trimestre	Tercer Trimestre	Cuarto Trimestre
Implementación Mantenimiento Planeado	Pasos	1. Documentación de la situación Actual		2. Restaurar el deterioro y corregir las fallas		3. Crear sistema de gestión de información		4. Consolidar Sistema de Mantenimiento Periódico		5. Consolidar Sistema de Mantenimiento Predictivo		6. Evaluación del mantenimiento	
	Actividades	Actualización DB para cuantificación de equipos; Revisión de procedimientos, manuales de máquinas, herramientas; Verificación de aptitudes técnicas del personal; Estudio del nivel de conocimiento filosofía TPM en equipo de trabajo.		Conformación de grupos de trabajo con roles específicos para corrección de condiciones anormales en los equipos; Planificación de espacios dentro de las actividades rutinarias para corrección de fallas que permitan tener un estado inicial		Evaluación de funcionalidad de bases de datos; Análisis de tipos y cantidad de datos recopilados; Comparación de sistemas de información con los implementados en otras áreas/empresas de		Establecimiento y cumplimiento de políticas de mantenimiento, rutas de mantenimiento, actividades de rutina ajustadas a las recomendaciones del fabricante, planes de mantenimiento personalizados a los equipos dependiendo de sus condiciones		Contar con datos y personal centrado en el análisis de la información recopilada de las máquinas tratadas; Monitorear, comparar e incluir dentro de los parámetros de estudio del area los porcentajes de averías, porcentaje de reprocesos, porcentaje de disponibilidad de los equipos; Establecer un programa de ejecución de mantenimiento predictivo para los equipos de		Comparación de estados iniciales con los estados actuales; Medición del nivel de gestión de mantenimiento por medio de indicadores; Retroalimentación de eventos; Formación y capacitación del personal del área.	

El plan maestro presentado es una herramienta esencial para fijar un horizonte claro que permita alcanzar el objetivo de implantar el mantenimiento planificado en el equipo de trabajo. Este plan esboza los pasos necesarios para garantizar que el equipo esté siempre en las mejores condiciones y que las operaciones se desarrollen con fluidez y eficientemente. Sin embargo, se debe reconocer la naturaleza dinámica de las operaciones mineras y, por tanto, se tendrá que revisar y actualizar el plan anualmente para estar al día de cualquier cambio o nuevo reto que pueda surgir.

El plan director incluye varios elementos cruciales destinados a garantizar el éxito de nuestro programa de mantenimiento. Uno de los componentes clave es la recopilación de información de calidad que permita el establecimiento de un programa de mantenimiento exhaustivo que tenga en cuenta las necesidades específicas de cada equipo. Este programa empezará con un análisis de la situación actual, proseguirá con una restauración inicial de los equipos para tener un punto de referencia de cómo y con cuáles parámetros deberían trabajar estas máquinas y posteriormente incluirá inspecciones periódicas, reparaciones y sustituciones según sea necesario para aprovechar al máximo los equipos instalados.

Otro aspecto crítico del plan maestro es la formación y el desarrollo de nuestro equipo de mantenimiento. Es bien sabido que los miembros del equipo son el activo más valioso y, como tal, se buscará la inversión en su educación y formación para asegurar de que tienen las habilidades y los conocimientos necesarios para desempeñar sus funciones con eficacia. Esto incluirá formación continua en nuevas tecnologías y técnicas que se están adoptando actualmente, lo que se espera que se vea reflejado en oportunidades de desarrollo y crecimiento profesional.

Además de estos elementos, el plan rector también incluirá un presupuesto detallado y un plan sugerido de asignación de recursos. Se entiende que implantar con éxito un programa de mantenimiento requiere una importante inversión de tiempo, dinero y recursos, razón por la cual, el primer paso fue incluir a los directivos del departamento para que se hicieran partícipes de la propuesta, buscando el apoyo necesario para garantizar su éxito.

En general, el master plan presentado representa un importante paso adelante en los esfuerzos por implantar un programa de mantenimiento sólido y eficaz. Aunque se reconoce la necesidad de un examen y una revisión continua, técnicamente este plan servirá para

proporcionar una base sólida sobre la que se pueda construir un programa de mantenimiento de categoría mundial que contribuya al éxito a largo plazo de la organización.

2.5. Formulación de indicadores para la evaluación y seguimiento

En el ámbito del mantenimiento industrial, la formulación de indicadores desempeña un papel crucial para evaluar la eficacia y eficiencia de los planes establecidos. Este apartado se centra en la formulación de indicadores específicos para la evaluación y seguimiento del plan de mantenimiento propuesto. Además, se implementarán listas de chequeo de mantenimiento de los equipos críticos basados en la norma ANSI TAPPI TIP 0305-34:2008 proporcionando un marco estructurado para la supervisión y mejora continua del proceso, estas listas podrán ser consultadas en los Anexos.

Los indicadores de mantenimiento y la planificación adecuada de estas actividades permiten evaluar el rendimiento operacional de los equipos objetos de mantenimiento. En este caso concreto, se utilizarán los siguientes indicadores para optimizar y medir el trabajo y las tareas propuestas mediante el análisis y la mejora continua de los procesos.

Tiempo Promedio Para Fallar (MTTF): Esta métrica se usará para estimar el tiempo promedio transcurrido entre el estado inicial de los equipos seleccionados como críticos y la ocurrencia de una falla. Es decir, se medirá la confiabilidad del sistema proporcionando una estimación estadística de la próxima ocurrencia de una falla antes de que ocurra.

Tiempo Promedio Para Reparar (MTTR): Esta será el tiempo que en promedio se utiliza para la restauración de la función del equipo que se interviene, luego de que falló. Este parámetro toma valor al evaluar la eficiencia y la capacidad de respuesta de un grupo de mantenimiento en

la reparación de incidentes y la restauración de servicios operacionales después de una interrupción.

Tiempo Promedio Entre Fallos (MTBF): Con esta medición se estimará el tiempo promedio entre dos fallas consecutivas de un equipo. Con este dato se pretende obtener la duración esperada de operación continua de los equipos cruciales para la seguridad en la mina. Se mirará y se tomarán las medidas a las que haya lugar cuando se tenga un dato real sobre la estabilidad y resistencia del sistema ante las interrupciones.

Disponibilidad: Con la obtención de todos los datos anteriores, se busca agregar nuevos parámetros de medición a las estadísticas que se presentan en el área de seguridad electrónica. Una de ellas es la fiabilidad y eficiencia del sistema para estar operativo y disponible cuando se requiere. No se podría dejar de lado la medida de la disponibilidad en el sistema propuesto.

Confiabilidad: También se medirá la confiabilidad, entendiéndola como esa capacidad del sistema para funcionar continuamente y sin fallas durante un periodo de tiempo determinado. Es una medida que ilustra la probabilidad de que un sistema funcione correctamente y cumpla con sus especificaciones en las condiciones normales de operación durante un periodo específico, esto se logrará una vez se logren recopilar los indicadores mencionados en líneas pasadas.

3. Conclusiones

La implementación de la fase inicial de la gestión propuesta en esta tesis ha demostrado ser un catalizador fundamental para la mejora significativa de las actividades relacionadas con el mantenimiento de los equipos de seguridad electrónica en la mina de Drummond en Colombia.

A lo largo de este estudio se ha explorado la forma de abordar un cambio de paradigma y la implantación de la cultura del TPM y eso ha influido notablemente en la optimización de los recursos materiales y humanos con los que cuenta el área.

En el gráfico que se presenta a continuación se puede ver el contraste entre la cantidad de actividades realizadas en el primer semestre del año 2023 y las realizadas entre el segundo semestre del mismo año. En la parte de abajo, se presenta el porcentaje de ocupación del personal técnico del área y los colores significan el aprovechamiento del tiempo en turno.

Figura 6

Consolidado de Ocupación del Personal Técnico – Seguridad Electrónica Drummond 2023.

CONSOLIDADO DE SERVICIOS - SEGURIDAD ELECTRÓNICA DRUMMOND 2023												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DIA												
1	5	4	3	5	29	23	16	7	19	15	20	10
2	3	14	2	8	12	13	10	14	15	9	7	11
3	7	12	7	8	10	17	10	9	17	11	19	15
4	8	9	3	8	3	14	12	14	16	29	21	11
5	11	13	7	14	0	11	13	12	28	17	30	18
6	12	6	1	6	8	7	13	14	19	22	24	27
7	9	3	4	6	5	12	8	16	17	21	24	16
8	5	7	1	10	2	5	8	23	9	19	24	9
9	5	1	3	8	7	15	10	13	26	15	10	12
10	4	2	8	5	9	13	9	18	29	15	11	18
11	2	8	1	7	9	12	15	13	21	12	15	9
12	2	6	3	3	20	27	18	12	29	12	16	15
13	6	0	1	7	11	11	15	13	17	11	13	11
14	6	2	9	6	22	9	8	13	16	8	11	9
15	8	3	11	9	6	6	10	14	18	23	21	19
16	3	2	6	2	2	2	10	20	23	10	18	24
17	9	5	5	13	0	11	8	15	14	19	22	15
18	8	3	11	8	14	2	14	23	17	13	25	11
19	11	4	8	11	7	1	7	22	21	17	30	16
20	6	6	14	6	17	15	5	15	21	12	25	8
21	10	8	12	8	18	26	10	6	12	11	19	11
22	4	6	6	9	12	23	38	26	8	16	10	10
23	1	3	10	9	7	11	14	17	19	13	10	8
24	1	8	1	5	7	6	6	14	13	15	11	10
25	5	4	3	14	9	12	20	26	12	17	28	9
26	8	9	7	1	7	12	12	28	7	11	16	19
27	4	6	8	1	13	1	10	22	17	16	10	10
28	5	1	5	8	8	3	10	25	9	32	8	15
29	4		9	2	10	5	10	30	8	21	7	12
30	3		11	2	11	5	12	18	9	18	12	15
31	0		2		22		9	17		26		15

No. Servicios	175	155	182	209	317	330	370	529	506	506	517	418
	47%	46%	42%	50%	73%	79%	85%	100%	100%	100%	100%	96%

Con el desarrollo del presente trabajo se alcanzó con éxito varias metas, que se expondrán a continuación:

Se elaboró un documento en el que se detalla el estado inicial de la gestión de mantenimiento del área de seguridad electrónica en la mina Drummond.

Para crear la primera matriz de criticidad departamental y jerarquizar los equipos, se llevó a cabo un proceso de cruce de información con otras dependencias. Esto permitió la preselección operativa de la criticidad de las cámaras, controles de acceso y UAV's; información que luego se utilizó para desarrollar un plan piloto de mantenimiento basado en la filosofía del TPM.

Teniendo en cuenta los pasos de implementación y la metodología del pilar del Mantenimiento Planeado de la filosofía del TPM, se creó un plan de mantenimiento para los equipos ubicados en rojo de la matriz de criticidad.

Por último, se definieron los parámetros e indicadores de gestión del mantenimiento extrayendo los aspectos claves de cada uno y su aplicación dentro del plan propuesto.

En general, se cumplió con el objetivo de la creación de la propuesta gerencial de mantenimiento, lo que se tradujo en una reducción de los tiempos muertos y el aumento de la calidad del servicio prestada en cada una de las actividades que se desarrollan al interior del departamento.

Como se puede evidenciar en la tabla presentada, la eficiencia de las actividades ligadas del mantenimiento tuvo una mejoría significativa. Este progreso tangible no solo valida la importancia de la presente investigación, sino que también señala un camino hacia un entorno más eficiente, seguro y confiable en el ámbito de la seguridad electrónica en la compañía.

4. Recomendaciones

Gracias a los resultados beneficiosos obtenidos en la fase incipiente de esta ardua labor se recomiendan las siguientes acciones para lograr andando el camino hacia una gestión del mantenimiento óptima y poder alcanzar un mantenimiento productivo total:

Priorizar la capacitación del personal en nuevas metodologías y tecnologías asociadas al mantenimiento, esto ayudará a optimizar la eficiencia operativa.

Es crucial invertir tiempo en la consolidación de una sólida cultura del mantenimiento, fomentando la responsabilidad compartida y la conciencia de las prácticas preventivas.

Para asegurar el éxito continuo, se sugiere establecer mecanismos de retroalimentación y evaluación periódica, ajustando el plan según las necesidades y desafíos emergentes.

Considerando la magnitud de la transformación en curso, se recomienda la implementación dentro del equipo de trabajo de una posición de liderazgo que dirija integralmente el proceso de cambio. Este líder desempeñará un papel fundamental en la alineación de los esfuerzos de la organización hacia la excelencia en mantenimiento, asegurando una transición suave y el éxito continuo de la iniciativa.

Estas fases adicionales, no sólo fortalecerán la implementación actual, sino que también sentarán las bases para un enfoque sostenible y progresivo en el ámbito del mantenimiento del departamento de seguridad electrónica.

Referencias Bibliográficas

- American National Standards Institute. (2008). TAPPI TIP 0305-34. Technical Association of the Pulp and Paper Industry .
- Comité Técnico de Normalización CT3. (1 de Diciembre de 1993). COVENIN 2500-93 . Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento de la Industria. Caracas.
- Drummond Ltd. (Agosto de 2023). Drummond Ltd. Página Principal. Obtenido de Nuestras Operaciones: <https://www.drummondLtd.com/nuestras-operaciones/proyectos-mineros/>
- Drummond Security Mine Department. (2012). SG-PTS-DSM-001 - Protección a personas y bienes procesos e imagen en las operaciones mineras. SG-PTS-DSM-001 (págs. 1-5). La Loma, Cesar: Sistema de Gestión, Drummond Ltd.
- Electronic Security. (2020). Informe Mensual 2020 - Service DB . La Loma, Cesar.
- Gonzales, C. (2003). Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Organización Internacional de Normalización. (2003). ISO 13374-1:Condition monitoring and diagnostics of machines — Data processing, communication and presentation — Part 1: General guidelines. ISO/TC 108/SC 5.
- Organización Internacional de Normalización. (2014). ISO 55000: Gestión de activos — Aspectos generales, principios y terminología. Comité de Proyecto ISO/PC 251.
- Organización Internacional de Normalización. (2014). ISO 55001: Gestión de activos — Sistemas de gestión — Requisitos. Comité del Proyecto ISO/PC 251.

- Organización Internacional de Normalización. (2018). ISO 55002: Gestión de activos — Sistemas de gestión — Directrices para la aplicación de la ISO 55001. Spanish Translation Task Force (STTF) del Comité Técnico ISO/TC 251.
- Pistarelli, A. J. (2012). Manual de mantenimiento: Ingeniería, gestión y organización. Buenos Aires: Buenos Aires.

Apéndices

Los apéndices están adjuntos y se pueden visualizar en el Repositorio Institucional.