



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS
DE WESTFIRE SUDAMÉRICA S.R.L. EN MINERA
CHINALCO PERÚ

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Martín Erickson Alfaro Gonzales

Asesor:

Ing. Mario José Celi Palacios

Cajamarca – Perú

2016

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Martín Erickson Alfaro Gonzales**, denominada:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE WESTFIRE SUDAMÉRICA S.R.L. EN MINERA CHINALCO PERÚ

Ing. Mario José Celi Palacios
ASESOR

Ing. Ricardo Fernando Ortega Mestanza
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Ana Rosa Mendoza Azañero
JURADO

Ing. Karla Rossemary Sisniegas Noriega
JURADO

DEDICATORIA

A mi hija, Luciana Catalina Alfaro Díaz.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, que por su constante apoyo pude lograr terminar con este proyecto.

A mi esposa, por su comprensión y paciencia durante el desarrollo de la tesis.

A mi asesor, quien con su apoyo supo orientarme para la culminación de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

<u>APROBACIÓN DE LA TESIS</u>	ii
<u>DEDICATORIA</u>	iii
<u>AGRADECIMIENTO</u>	iv
<u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u>	v
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	vii
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	viii
<u>RESUMEN</u>	x
<u>ABSTRACT</u>	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Justificación.....	14
1.4. Limitaciones	15
1.5. Objetivos	15
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	15
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	15
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Bases teóricas.....	19
2.2.1. <i>La principal función del mantenimiento es la de sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo</i>	19
2.2.2. <i>Fichero histórico de la máquina</i>	20
2.2.3. <i>Control de la gestión del Mantenimiento</i>	21
2.2.4. <i>El cuadro de mando integral en la gestión del mantenimiento</i>	26
2.2.5. <i>Gestión de stocks</i>	27
2.2.6. <i>Medidas para obtener “Cero Fallos y Cero Averías”</i>	30
2.2.7. <i>Algunas consideraciones para el análisis de problemas en grupos de mejora</i> ...	31
2.2.8. <i>Planes de Recursos Humanos</i>	32
2.2.9. <i>La productividad en el trabajo de conservación</i>	33
2.2.10. <i>Indicadores financieros</i>	35
2.3. Definición de términos básicos	36
2.4. Formulación de la hipótesis.	37

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	38
3.1. Operacionalización de variables	39
3.2. Diseño de investigación	40
3.3. Unidad de estudio	40
3.4. Población	40
3.5. Muestra (muestreo o selección).....	40
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	40
3.6.1. Fuentes primarias	40
3.6.2. Fuentes secundarias	42
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	43
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	44
4.1. Información general de la empresa	44
4.1.1. Reseña histórica	44
4.1.2. Visión	45
4.1.3. Misión	45
4.1.4. Política de Gestión Integrada	45
4.1.5. Valores.....	46
4.1.6. Mapa de procesos	48
4.1.7. Servicio de Inspección y mantenimiento del sistema contra incendios	49
4.2. Diseño de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento	50
4.2.1. Análisis de Pareto de las fallas del sistema contra incendios	50
4.2.2. Administración del mantenimiento.....	52
4.2.3. Planificación del mantenimiento	54
4.2.4. El cuadro de indicadores en la gestión de mantenimiento.....	61
4.3. Desarrollo de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento	62
4.3.1. Inventario de Equipos.....	62
4.3.2. Tipos de repuestos	62
4.3.3. Análisis de Fallos.....	64
4.3.4. Guía de mantenimiento	75
4.4. Indicadores de seguridad en el mantenimiento	82
4.5. Indicadores del impacto del mantenimiento	82
4.6. Indicadores de la productividad del mantenimiento.....	82
4.7. Análisis costo – beneficio de la propuesta.....	83
4.7.1. Escenario Óptimo	83
4.7.2. Escenario Optimista.....	85
4.7.3. Escenario Pesimista	87
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	89
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS.....	93
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Generaciones del mantenimiento	20
Tabla 2: Enfoque del Balanced Scorecard.....	27
Tabla 3: Clasificación de stocks según sus funciones	29
Tabla 4: Operacionalización de variables	39
Tabla 5: Técnicas e instrumentos de recolección de datos de fuentes primarias	40
Tabla 6: técnicas e instrumentos de recolección de datos de fuentes secundarias	42
Tabla 7: Flota de equipos de Minera Chinalco Perú	49
Tabla 8: Tabla de información de fallas	50
Tabla 9: Cuadro de Mando Integral	61
Tabla 10: Gravedad.....	64
Tabla 11: Aparición	64
Tabla 12: Detección	64
Tabla 13: Falla de actuador eléctrico	65
Tabla 14: Falla de detección	67
Tabla 15: Falla de Monitor apagado.....	69
Tabla 16: Falla de descarga.....	71
Tabla 17: Falla de demora en la inspección	73
Tabla 18: Guía de mantenimiento al sistema de actuación	75
Tabla 19: Guía de mantenimiento a los tanques contenedores de PQS.....	76
Tabla 20: Guía de mantenimiento a las mangueras	78
Tabla 21: Guía de mantenimiento al sistema de detección	80
Tabla 22: Guía de mantenimiento a los cartuchos de nitrógeno	81
Tabla 23: Indicadores de seguridad	82
Tabla 24: Indicadores del impacto de mantenimiento	82
Tabla 25: Indicadores de productividad del mantenimiento.....	82
Tabla 26: Costos de inversión proyectados de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento del sistema contra incendios.	83
Tabla 27; Ahorro por parada de equipos en el escenario óptimo	83
Tabla 28: Flujo de ahorro proyectado en el escenario óptimo	84
Tabla 29: Flujo de caja neto en el escenario óptimo.....	84
Tabla 30: Cálculo de la tasa COK.....	85
Tabla 31: Indicadores económicos en el escenario óptimo	85
Tabla 32: Flujo de ahorro proyectado en el escenario optimista	85
Tabla 33: Flujo de caja en el escenario optimista	86
Tabla 34: Indicadores económicos del escenario optimista	86
Tabla 35: Flujo proyectado de ahorro en el escenario pesimista	87
Tabla 36: Flujo de caja en el escenario pesimista	87
Tabla 37: Tabla de indicadores económicos en el escenario pesimista.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Indicadores de la gestión del mantenimiento	22
Ilustración 2: Mapa de procesos	48
Ilustración 3: Diagrama de Pareto.....	51
Ilustración 4: Clasificación de equipos	52
Ilustración 5: Organigrama del proyecto	56
Ilustración 6: Diagrama de flujo Pareto	58
Ilustración 7: Diagrama de Flujo para metodología AMFE	60
Ilustración 8: NPR actuador eléctrico	66
Ilustración 9: NPR falla de detección	68
Ilustración 10: NPR falla de monitor apagado.....	70
Ilustración 11: NPR falla de descarga	72
Ilustración 12: NPR falla de demora en la inspección	74
Ilustración 13: Flujo de caja neto en el escenario óptimo	84
Ilustración 14: Flujo de caja en el escenario optimista	86
Ilustración 15: Flujo de caja en el escenario pesimista.....	87

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	
FLOTA PRINCIPAL DE MINERA CHINALCO PERÚ	95
ANEXO 2	
FLOTA AUXILIAR DE MINERA CHINALCO PERÚ	96
ANEXO 3	
STOCK CRÍTICO.....	97
ANEXO 4	
STOCK DE SEGURIDAD	98
ANEXO 5	
PIEZAS DE DESGASTE SEGURO.....	99
ANEXO 6	
MATERIALES GENÉRICOS	100
ANEXO 7 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	101
ANEXO 8	
Norma para prevención y control de incendios en minería de metal/no metálica e instalaciones de procesamiento de mineral metálico	104

RESUMEN

Actualmente el proyecto no cuenta con un sistema de gestión de mantenimiento que permita identificar las fallas frecuentes para analizarlas y buscar acciones de mejora, lo cual tiene un impacto en la productividad del sistema contra incendios.

La propuesta del sistema de gestión de mantenimiento logra reducir el número de fallas mediante las acciones de mejora.

La información fue recogida del registro de bitácora diario de trabajos, en donde se guarda la información histórica de las intervenciones a los sistemas contra incendios, y se procesó mediante un diagrama de Pareto para identificar las fallas frecuentes, y así puedan ser analizadas y se propongan acciones de mejora.

La propuesta logró aumentar el tiempo medio entre fallas, reduciendo así el número de paradas de campo por fallas del sistema. Disminuyó el tiempo medio de reparación, al tener un estándar de mantenimiento y redujo las descargas innecesarias del sistema contra incendios. Aumentó la disponibilidad del sistema contra incendios de Westfire Sudamérica en la flota de Minera Chinalco Perú, contribuyendo así a mejorar la productividad de su flota.

Se recomienda implementar la propuesta de sistema de gestión de mantenimiento de sistemas contra incendios.

ABSTRACT

Currently in the project does not have a maintenance management system to identify frequent failures to analyze and seek improvement actions, which has an impact on productivity fire system.

By implementing the proposed maintenance management system is able to reduce the number of failures by the improvement actions.

The information was collected log daily log of work, where the historical information interventions fire systems is stored, and processed by a Pareto diagram to identify frequent failures, so you can analyze them to propose actions improvement.

It could achieve higher mean time between failures, thereby reducing the number of field stops by system failures. Decrease the MTTR, having a standard maintenance and reduce unnecessary downloads fire system. Increase system availability fire Westfire South America in the fleet of Minera Chinalco Peru, thereby helping to improve the productivity of its fleet.

It is recommended to implement the proposed management system maintenance of fire protection systems.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Desde el principio de la humanidad, hasta finales del siglo XVII, las funciones de preservación y mantenimiento no tuvieron un gran desarrollo debido a la menor importancia que tenía la máquina con respecto a la mano de obra, ya que hasta 1880 el 90% del trabajo lo realizaba el hombre y la máquina solo hacía el 10%. La conservación que se proporcionaba a los recursos de las empresas era solo mantenimiento correctivo (las máquinas solo se reparaban en caso de paro o falla importante). Con la Primera Guerra Mundial, en 1914, las máquinas trabajaron a toda su capacidad y sin interrupciones, por este motivo la máquina tuvo cada vez mayor importancia. Así nació el concepto de mantenimiento preventivo que, a pesar de ser oneroso, era necesario. (Dominguez, 2011)

Entre 1939 y 1945 la segunda guerra mundial obligó a los países beligerantes, sobre todo a Estados Unidos a trabajar con sus industrias de acero las 24 horas y a tomar a los obreros como administradores de primer nivel a fin de mejorar la comunicación y la toma de decisiones en la línea de trabajo. Se sistematizaron los trabajos de mantenimiento preventivo. A partir de 1950 gracias a los estudios de fiabilidad se determinó que a una máquina en servicio siempre la integraba dos factores: la máquina y el servicio que esta proporciona. De aquí surge la idea de preservar, o sea, cuidar que esté dentro de los parámetros de calidad deseada. (Dominguez, 2011)

Durante 1960 en Japón la necesidad de mejorar la calidad de sus productos los llevó a visitar la industria de la EUA, en la que se trabajaba con la filosofía del mantenimiento productivo, y en su administración intervenían obreros y supervisores. En 1961 los desastres catastróficos con pérdidas de vidas humanas representaban una alta tasa de errores humanos involuntarios, generalmente más en la operación de las máquinas que en el diseño. El operador no se daba cuenta que la máquina presentaba defectos anunciándole la aproximación de la falla. En el año 1970 se comenzó a difundir el uso de computadoras en oficinas y fábricas en forma indiscriminada y sin integración total de las respectivas instalaciones. En esta época, las computadoras se empleaban en los departamentos de producción y mantenimiento solo para el inventario de los activos fijos y no para su administración. (Gonzalez, 2011)

Durante 1971 existían dos problemas perennes: la lucha entre los departamentos de producción y mantenimiento, y la pérdida de oportunidad de no aprovechar al personal de producción para hacer con los activos, trabajos de mantenimiento autónomo. En el año

1980 en las plantas generadoras de electricidad que funcionan con energía nuclear se detectó la existencia de sobre mantenimiento, y se deseó abatir costos, más que mejorar la calidad del producto. Se empezó a aplicar el mantenimiento basado en la confiabilidad. Los avances obtenidos en las plantas aeronáuticas, eléctricas y de energía nuclear dieron la oportunidad de estudiar y probar su aplicación en el resto de las industrias (Gonzalez, 2011)

En 1995 los lugares de trabajo generalmente eran sucios y desordenados, lo que ocasionaba que los tiempos perdidos por accidentes de trabajo y búsqueda de herramientas y refacciones fueran muy elevados, de lo cual no existía consciencia. Hasta el año 2005 existía un gran problema con la palabra mantenimiento, pues se usaba para tratar de explicar dos sistemas de trabajo diferentes. El primero es el cuidado del equipo y el segundo es el cuidado del producto o servicio que proporciona la máquina. Esto se presentaba como una dicotomía, aunque sus efectos se interrelacionan y han traído como consecuencia una gran confusión. (Gonzalez, 2011)

En la actualidad, el mantenimiento es una actividad que tiene un impacto directo sobre la capacidad productiva de un proyecto y es un elemento clave para alcanzar condiciones de seguridad y de protección medioambiental acordes con las políticas de desarrollo sostenible de la empresa. Esta relación será positiva o negativa, dependiendo de la calidad y eficiencia con que se implante el mantenimiento preventivo, para aumentar la disponibilidad de los equipos y aumentar la responsabilidad de cada unidad en la obtención de la producción y cumplan con las metas de producción diarias establecidas para su buen desenvolvimiento y cumplimiento del plan de mantenimiento trazado. (Miranda Reyes, 2015)

El mantenimiento es la única función que aumenta la confiabilidad de los equipos, baja los costos de producción y mejora la calidad de los productos. Sin embargo, por muchos años fue poco valorado e ignorado, no se contaba con personal ni presupuesto para este tipo de actividades, más se ha comprobado que el mantenimiento constante previene accidentes y ayuda a mantener la productividad de la empresa. Una máquina puede ser perfecta en su diseño y construcción, sin embargo, si ésta no tiene un mantenimiento constante o programado la operación del equipo estará por debajo de su estándar y esto como consecuencia puede aumentar los costos, el plazo de entrega y la calidad del producto, afectando directamente la productividad de un equipo y ésta a su vez afecta la producción de la empresa. (Martinez Salvador , 2014)

Actualmente el proyecto no cuenta con un sistema de gestión de mantenimiento, lo que genera que no se pueda hacer un seguimiento adecuado, un análisis de los eventos

que suceden, aprovisionamiento de materiales a tiempo. Del mismo modo no cuenta con una información inmediata sobre el historial de eventos de los equipos.

1.2. Formulación del problema

¿La propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento permitirá incrementar la productividad del servicio de mantenimiento de los sistemas contra Incendios de Westfire Sudamérica S.R.L. en Minera Chinalco Perú?

1.3. Justificación

El presente proyecto brinda la oportunidad a Westfire Sudamérica de establecer un sistema de gestión de mantenimiento del sistema contra incendios para identificar las fallas frecuentes y trabajar en ellas para reducir el número de paradas de campo, lo que se reflejará en el aumento de la productividad del sistema contra incendios.

Desde el punto de vista teórico la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento permitirá incrementar la productividad del sistema contra incendios, utilizando la metodología de análisis de fallas para reducir las paradas en campo por fallas del sistema, o por descargas innecesarias, aumentando el tiempo medio entre fallas, reduciendo el tiempo medio para reparar y aumentando la disponibilidad.

En el sentido aplicativo o práctico, la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento busca identificar las fallas frecuentes mediante estadísticas, para luego realizar un análisis y reducirlas y así mejorar la productividad en el servicio de mantenimiento que ofrece la Empresa.

Valorativamente el presente proyecto puede ser utilizado como base para el desarrollo de actividades de otras empresas que necesiten contar con sistemas contra incendios.

Académicamente este proyecto de tesis analizará el servicio de mantenimiento de sistemas contra incendio, obteniendo datos estadísticos para implementar las mejoras en el sistema de gestión de mantenimiento y aportar información a un tema que no cuenta con muchos antecedentes.

1.4. Limitaciones

Se encuentran limitaciones en conseguir fuentes secundarias de información o antecedentes para la bibliografía, horario atípico de trabajo, insuficiente personal de apoyo dedicado al procesamiento de información.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Proponer un sistema de gestión de mantenimiento, orientado a incrementar la productividad de los sistemas contra Incendios de Westfire Sudamérica S.R.L. en Minera Chinalco Perú.

1.5.2. Objetivos específicos

- a. Identificar cada uno de los equipos de la flota principal y auxiliar de Minera Chinalco Perú que cuentan con sistema contra incendios de Westfire Sudamérica.
- b. Diseñar indicadores para la propuesta de gestión de mantenimiento.
- c. Identificar las fallas frecuentes que conllevan a paradas de campo.
- d. Realizar un análisis de las fallas utilizando la metodología AMFE.
- e. Establecer un estándar de mantenimiento al sistema contra incendios.
- f. Incrementar la productividad del sistema contra incendios tomando acciones correctivas luego del análisis AMFE.
- g. Realizar un análisis costo – beneficio de la propuesta.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

(LICCIEN , 2014) **PROPUESTA DE MEJORA A LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN DE LA PLANTA DE RECIRCULACIÓN N°3 Y REDES DE AGUA EN EL SISTEMA SAP DE LA EMPRESA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO” (SIDOR CA.)**, quien identificó que la planta de regulación de aguas que está conformada por equipos eléctricos y de instrumentación no poseía ningún tipo de plan de mantenimiento preventivo para minimizar las fallas en los mismos y no están registrados en la guías de inspección del sistema SAP, disminuyendo el rendimiento del sistema productivo de la empresa. Surgiendo así la necesidad de proponer mejorar el sistema de gestión de mantenimiento que comprenda operaciones necesarias para su funcionamiento. Liccien aplicó una modalidad de campo, basándose en la recolección de información directamente de la realidad y de tipo descriptiva y documental, debido a que se interpretó y analizó las actividades que ayudaron al desarrollo de la investigación. Diagnosticó que el plan de mantenimiento se encontraba mal estructurado. Elaboró el plan de mantenimiento para los equipos, el cual especifica la realización de actividades periódicas que sirvan de ayuda para su óptimo funcionamiento, diseñó además herramientas de control para garantizar la efectividad del sistema de gestión de mantenimiento. Con la finalidad de mejorar la frecuencia de inspección y mantenimiento para así lograr incrementar la productividad de los equipos.

Análisis de relación: De esta tesis se puede rescatar la importancia de minimizar el número de fallas para contribuir a la mejora de la efectividad de su sistema de gestión de mantenimiento, lo cual llevará a aumentar la productividad de los equipos, que es lo que se está buscando en la presente tesis.

(HERNANDEZ, PIRONA , & TOVAR, 2013) **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LAS CALDERAS ACUOTUBULARES EN EL SERVICIO AUTONOMO HOSPITAL UNIVERSITARIO DE MARACAIBO (S.A.H.U.M.)**, que tuvo como propósito proponer un plan de mantenimiento preventivo para el hospital universitario de Maracaibo para analizar las condiciones y efectos de las fallas para la toma de decisiones en cuanto a las actividades del mantenimiento, elaboración de instrucciones técnicas de trabajo del plan de mantenimiento preventivo, la clasificación de las partes según su grado de criticidad y el diseño de un plan de mantenimiento preventivo a las calderas para el mejoramiento de su

funcionalidad y prolongar su vida útil mediante la realización de una propuesta. Para esto utilizó instrumentos de recolección de datos la observación y las entrevistas no estructuradas. Todo esto con el fin de evitar la inoperatividad de las calderas y disminuir la cantidad de paradas no planificadas.

Análisis de relación: De esta investigación se toma el impacto que tiene el análisis de fallas para tomar decisiones en cuanto a las mejoras que se puedan implementar en la gestión del mantenimiento para reducir las averías que generen un impacto en la productividad de las máquinas, esto está relacionado directamente con la elaboración de esta propuesta de gestión de mantenimiento.

(MURRUGARRA ALARCÓN, 2015) **ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS AL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE SUPRESIÓN DE INCENDIOS DE WESTFIRE SUDAMÉRICA, PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD**, tiene como objetivo realizar un estudio de tiempos y movimientos al servicio de mantenimiento e inspección de los sistemas de supresión de incendios con la finalidad de mejorar la productividad, basado en la realidad de la empresa identificó que los tiempos con los que se trabajaba para realizar los servicios de inspección y mantenimiento no estaban correctamente estimados. Encontró que en todos los casos falta tiempo para realizar los servicios; esta falta de tiempo ocasiona un trabajo apurado por parte del personal y por ende no realizar un trabajo de calidad, demostrado en las paradas de los equipos en campo por problemas con el sistema de supresión de incendios

Los resultados obtenidos fueron:

- ✓ Realizó el estudio de tiempos al servicio de mantenimiento e inspección de los sistemas de supresión de incendios de la empresa Westfire Sudamérica y como resultado se obtuvo tiempos estándar debidamente validados.
- ✓ Detectó posturas inadecuadas en cuanto a posturas forzadas, tareas repetitivas y manipulación de cargas para las cuales se ha generado un programa de rutinas ergonómicas.
- ✓ Mejoró la disponibilidad de los equipos y máquinas en operación minera que fueron inspeccionados con los tiempos estandarizados resultantes del estudio de tiempos, debido a la disminución de paros por fallas del sistema de supresión de incendios en operaciones.
- ✓ La empresa tomó acción para implementar el estudio de tiempos y movimientos en función de los resultados.

Análisis de relación: Mediante esta tesis se logró mejorar la disponibilidad de los equipos mineros, esta mejora de la disponibilidad tuvo una repercusión directa con el aumento de la productividad, esta tesis buscará aumentar la productividad de los sistemas contra incendios con la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento que se basará en analizar los fallos para aumentar la disponibilidad la que implícitamente mejorará la productividad de los equipos.

(MACEDO RAMIRES, 2013) **MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMÁTICO PARA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD EN PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS DE MINERA YANACocha.** Tuvo como objetivo mejorar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de los equipos en planta de producción de alimentos, el proyecto fue enfocado desde el punto de vista de la planificación, organización, dirección y control del mantenimiento aplicando estrategias y orientación a Costo/Efectividad.

Para realizar el estudio dentro de las instalaciones de MYSRL Macedo constató en operación el proceso donde cumplen cada función y aplicación del equipamiento, identificó características de funcionabilidad y criticidades de los mismos, recopiló información para luego procesar y evaluar oportunidades de mejoras con las buenas prácticas de la gestión de mantenimiento.

Análisis de relación: En esta tesis se encuentra que su propuesta busca incrementar la confiabilidad de los equipos, lo cual ayuda en la mejora de la planificación del mantenimiento, enfocado en la funcionabilidad y criticidades de los equipos. Puntos que serán analizados en este trabajo de Tesis.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La principal función del mantenimiento es la de sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo.

(Dominguez, 2011)

El mantenimiento y la reparación son partes esenciales del objeto de estudio de la especialización de la ingeniería, entendiéndose la función de mantenimiento dependiente del ciclo de vida de las máquinas en sus tres etapas: Mantenimiento, reparación o sustitución.

La función de reparación puede considerarse con un estado de uso (o abuso) avanzado del equipo, es decir, como una mantenibilidad más reducida.

El mantenimiento está basado en los principios como: Respeto para todos los empleados y funcionarios, buen liderazgo, trabajo en equipo compartiendo responsabilidades, compromiso con la seguridad y medio ambiente, propiciar ambiente de responsabilidad donde se desarrolle conocimientos y habilidades.

De esto se desprende el siguiente principio: el servicio se mantiene y el recurso se preserva, por esto se hicieron estudios cada vez más profundos sobre fiabilidad y mantenibilidad. Así nació la ingeniería de conservación (preservación y mantenimiento). Siendo por esto necesario un sistema de gestión de mantenimiento que contribuya a preservar los recursos. El año de 1950 es la fecha en que se toma a la máquina como un medio para conseguir un fin, que es el servicio que ésta proporciona.

En cualquier caso, se puede distinguir cuatro generaciones en la evolución del concepto de los sistemas de gestión de mantenimiento:

Primera generación: la más larga, desde la revolución industrial hasta después de la segunda guerra mundial, aunque todavía impera en muchas industrias. El mantenimiento se ocupa solo de arreglar las averías. Es la gestión del mantenimiento Correctivo.

Segunda generación: entre la segunda guerra mundial y finales de los años 70 se descubre la relación entre edad de los equipos y probabilidad de fallo. Se comienza a hacer sustituciones preventivas. Es la gestión del mantenimiento Preventivo.

Tercera generación: surge a principios de los años 80. Se empieza a realizar estudios CAUSA – EFECTO para averiguar el origen de los problemas. Es la gestión del mantenimiento predictivo o detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. Se comienza a hacer partícipe a Producción en las tareas de detección de fallos.

Cuarta generación: aparece en los primeros años 90. El mantenimiento se contempla como una parte del concepto de Calidad Total: “Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos. Es la gestión del mantenimiento basado en el riesgo (MBR): se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos.

Se identifica al mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como “mal necesario”. La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo coste.

Tabla 1 Generaciones del mantenimiento

	Primera Generación	Segunda Generación	Tercera Generación	Cuarta Generación
	Reparar averías Mantenimiento correctivo	Relación entre probabilidad de fallo y edad Mantenimiento preventivo programado Sistemas de planificación	Mantenimiento preventivo condicional Análisis causa - efecto Participación de producción(TPM)	Proceso de mantenimiento Calidad total Mantenimiento fuente de beneficios Compromiso de todos los departamentos Mantenimiento basado en el riesgo(RBM)
	HASTA 1945	1945-1980	1980-1990	1990+

Fuente: (Dominguez, 2011)

2.2.2. Fichero histórico de la máquina

(Dominguez, 2011)

Describe cronológicamente las intervenciones sufridas por la máquina desde la puesta en marcha. Su explotación posterior es lo que justifica su existencia y condiciona su contenido.

Se deben recoger todas las intervenciones correctivas y, de las preventivas, las que se requieran legalmente, como calibraciones o verificaciones de instrumentos incluidos en el plan de calibración.

- Fecha y número de OT (Orden de trabajo)
- Tipo de falla
- Número de horas de trabajo
- Tiempo fuera de servicio
- Datos de la intervención
 - Síntomas
 - Defectos encontrados
 - Correcciones efectuadas
 - Recomendaciones para evitar su repetición

Con estos datos será posible realizar los siguientes análisis:

- Análisis de fiabilidad: cálculos de la tasa de fallos, MTBF, etc.
- Análisis de disponibilidad: cálculos de mantenibilidad, disponibilidad y posibles mejoras.
- Análisis de mejoras de métodos: selección de puntos débiles, análisis AMFE.
- Análisis de repuestos: Datos de consumos y nivel de existencias óptimo, selección de repuestos a mantener en stock.

2.2.3. Control de la gestión del Mantenimiento

(Dominguez, 2011)

2.2.3.1. Control de la gestión del mantenimiento

Gestionar es tomar decisiones con conocimiento de causa. La gestión de mantenimiento se realiza bajo la responsabilidad del jefe del servicio, partiendo de

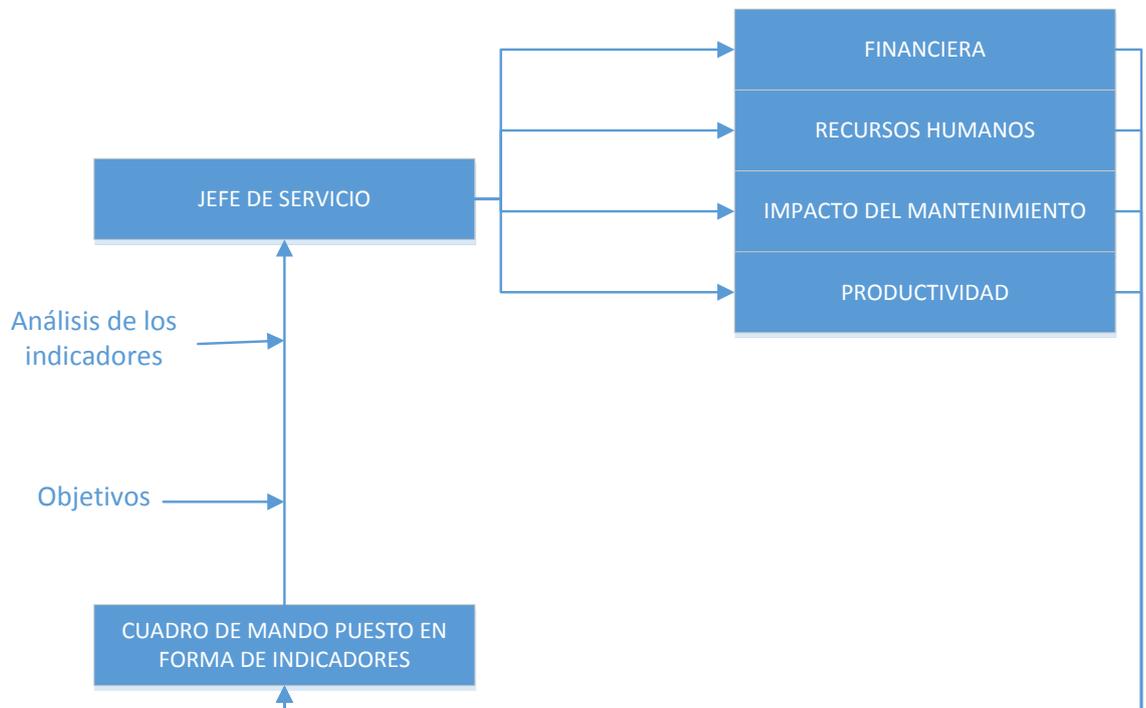
indicadores del cuadro de mando y normalmente con decisiones colegiadas o concertadas con el “grupo de consejeros” que depende del tamaño de la instalación.

El cuadro de mando es el conjunto de informaciones tratadas y ordenadas de forma que permiten caracterizar el estado y la evolución del servicio de mantenimiento mediante:

- Gráficos de evolución.
- Gráficos de reparto.
- Indicadores.

Flujo de informaciones de los distintos campos a gestionar y que se indican en la siguiente figura:

Ilustración 1: Indicadores de la gestión del mantenimiento



Fuente: (Dominguez, 2011)

2.2.3.2. Control de la gestión de la productividad de los equipos

Informaciones a recoger para asegurar el seguimiento de las máquinas:

- Clasificación según estado de la máquina (Marcha, Parada, en reparación, ...)
- Horas de uso
- Desviaciones de comportamiento
- Resultado de inspecciones
- Histórico de fallos
- Ficha de análisis de fallos
- Lista de recambios consumidos.

De forma más precisa el cálculo del MTBF y MTTR permitirá evaluar la DISPONIBILIDAD, que es el indicador de gestión más eficaz.

Las razones de control más usadas en la gestión de equipos se definen a continuación:

- MTBF: tiempo medio entre fallos.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de operación}}{\textit{Número de fallas}}$$

- MTTR: tiempo medio de reparación

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total para la reparación}}{\textit{Número de fallas}}$$

- DISPONIBILIDAD: capacidad de un ítem para desarrollar su función durante un determinado periodo de tiempo.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

2.2.3.3. Control de la gestión de recursos humanos

Se trata de tener recogidos todos los datos necesarios para decidir, mejorar y orientar la gestión de la mano de obra.

La información necesaria normalmente puede ser:

- Datos de formación
- Datos de accidentes
- Datos de absentismo
- Datos de horas extras

Los principales indicadores son:

- Índice de accidentes

$$\text{Índice de frecuencia} = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{horas trabajadas}} * 10^6$$

$$\text{Índice de gravedad} = \frac{\text{Número de jornadas perdidas}}{\text{horas trabajadas}} * 10^3$$

2.2.3.4. Control del impacto del mantenimiento

Toda actividad de mantenimiento da lugar a una OT que, una vez asignados los costos (mano de obra, materiales) permite su valoración. Toda información asociada a las actividades propias de mantenimiento que ya comentamos:

- Preparación
- Programación.
- Lanzamiento.

- Ejecución.
- Retroinformación.

Es almacenada en la base de datos de mantenimiento, y nos facilitará el análisis de la gestión.

El análisis de la gestión permitirá, entre otros, disponer de la siguiente información.

- Evolución y reparto de las actividades en tiempo.
- Evolución y reparto de los gastos.
- OT's por equipos.

Se utiliza los siguientes indicadores de control

- % de OT's preventivas

$$\frac{\textit{Total OT's preventivas}}{\textit{Total OT's}}$$

- % de OT's correctivas

$$\frac{\textit{Total OT's correctivas}}{\textit{Total OT's}}$$

- % de OT's ejecutadas

$$\frac{\textit{Total OT's ejecutadas}}{\textit{Total OT's}}$$

2.2.4. El cuadro de mando integral en la gestión del mantenimiento

(Dominguez, 2011)

La selección de Indicadores Clave de Mantenimiento es una decisión primordial en la implantación de un sistema de gestión. Esta decisión es crítica para el correcto seguimiento de los objetivos y en gran medida para las acciones y trabajos del área.

A fin de elegir correctamente y reducir elementos y practicas negativas que mermen la eficacia del sistema de gestión, se deben tener presente las siguientes consideraciones:

- Los indicadores deben ser medibles y analizables. Es útil, aunque no necesario partir de un histórico de referencia que permita establecer objetivos alineados a la estrategia de la compañía.
- Además de suponer un registro de evolución deben facilitar predicciones y dar orientación de acciones correctivas en caso de desviaciones.
- Un indicador no debe verse bajo la perspectiva de herramienta para el control de la gestión de arriba hacia abajo ni como un útil para revelar culpabilidades. Esto último trabaría la implantación y la correcta recogida de datos.
- La implantación debe centrarse en crear una gestión sistemática orientada al aprendizaje que proporcione información, facilite la toma de decisiones y fomente la motivación.
- Los indicadores deberán formar parte de la cultura del grupo de trabajo y del trabajo en grupo convirtiéndose en una herramienta de participación y mejora continua. Para este fin es primordial que los indicadores sean entendidos por todos los agentes implicados.
- A la hora de implantar un indicador se debe tener presente los estándares internacionales que permitan futuras colaboraciones de benchmarking.

Tabla 2: Enfoque del Balanced Scorecard

Enfoque limitado	Enfoque adecuado
<ul style="list-style-type: none"> • Conjunto de indicadores financieros y no financieros • Sistema de gestión para el control de la organización por parte de la alta dirección. • Centrado en el uso de la herramienta de software que en el contenido. • Enfocado en los cambios en la evaluación del desempeño y en la compensación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conjunto coherente de elementos que conectan las acciones con la estrategia. • Sistema de ayuda a la planificación y gestión que facilita la comunicación y proporciona mejor información a todos los niveles. • Centrado en el contenido. El software es un medio, no un fin en sí mismo • Centrado en los objetivos estratégicos y las iniciativas prioritarias. Los cambios en la evaluación y la compensación son una consecuencia y no la razón de ser del modelo.

Fuente: (Dominguez, 2011)

Antes de asumir un nuevo modelo de gestión es clave entender las razones que justifican el cambio. No en vano, el balanced scorecard es un proyecto que va a requerir tiempo y recursos de la organización y, por tanto, sólo es recomendable si se estima su utilidad. En ningún caso se trata de cambiar por cambiar.

La utilidad del balanced scorecard no depende del tipo de empresa, sino de los problemas a los que se enfrenta. El cuadro de mando integral se ha implantado en empresas grandes y pequeñas, en sectores regulados y no regulados, en organizaciones con y sin ánimo de lucro, así como empresas con alta rentabilidad y con pérdidas. El cambio depende de nuestro grado de satisfacción con el actual modelo de gestión y con la comprensión de la estrategia de la empresa que demuestran las personas de nuestra organización. Al aplicarlo, a través de la relación coherente entre sus elementos, conseguiremos simplificar la gestión, priorizar lo importante, alinear la organización y promover el aprendizaje en ella

2.2.5. Gestión de stocks

(Bureau Veritas Formación, 2009)

Hace años la gestión de stocks tenía, en la mayoría de los casos, un valor especulativo, es decir, se llenaban los almacenes al menor coste posible para hacer frente a las demandas futuras.

Como consecuencia de las posteriores crisis financieras, las empresas se percataron de que las inversiones en stocks constituían inmovilizados financieros que, sin añadir valor al producto, aumentaban los costes de la empresa, produciéndose un cambio tendente a la reducción o eliminación de stocks, es decir, mantener en el almacén el mínimo stock posible para atender a la demanda y servicio al cliente, tan importante en la actualidad.

2.2.5.1. Importancia de los stocks.

(Bureau Veritas Formación, 2009)

El concepto de stock nace con la necesidad de acopio de alimentos y su almacenamiento para cuando son realmente necesarios. Desde el inicio de los tiempos el hombre ha abordado este problema.

Hoy en día se piensa en los stocks como un punto de apoyo de las empresas en la búsqueda de la eficiencia.

Casi todas las empresas tienen stocks de varios tipos y sus consiguientes costes asociados.

Dado que conlleva cierta dificultad coordinar la demanda y el suministro de productos, es inevitable tener variaciones en las cantidades debido a retrasos.

Los costes asociados a la posesión de stocks representan entre el 15 y el 50% del valor de compra del artículo almacenado; por término medio un 25%.

A causa de los altos costes asociados a los stocks, se incentivan políticas de reducción de costes, que comenzaron con el estudio de modelos cuantitativos. En 1915 Ford W. Harris ya desarrolla un trabajo serio sobre costes y operaciones, si bien será más conocido el del consultor R.H. Wilson (conocido por la famosa fórmula que lleva su nombre) en 1934.

Razones que justifican la posesión de stocks:

- Precios menores en pedidos grandes.
- Compra de artículos cuando el precio es pequeño y hay expectativas de que aumente.
- Compra de artículos que ya no se producen o son difíciles de encontrar.
- Soluciones para posibles emergencias.

2.2.5.2. Tipos de stock

(Bureau Veritas Formación, 2009)

Se pueden considerar en principio dos clases de stock:

- Normal: se crea y mantiene a niveles preestablecidos respondiendo a las necesidades de la empresa.
- Extraordinario: aparece por circunstancias no habituales.

Tabla 3: Clasificación de stocks según sus funciones

Clasificación de stocks según sus funciones	
Stock de tránsito	Stock mínimo necesario para poder ejecutar las operaciones usuales del negocio.
Stock de ciclo	Se debe al hecho de que la mayoría de las operaciones de producción y de manejo de materiales son más eficientes si se realizan en lotes.
Stock de anticipación	Se almacena en previsión de periodos de alta demanda, para poder suavizar las tareas de producción. Esto permite que un modelo estacional de ventas sea satisfecho con una tasa de producción estable.
Stock de especulación	Se mantiene a fin de poder especular con los beneficios atípicos a obtener por incrementos de precio
Stock de seguridad	Se mantiene por encima del nivel usado normalmente, para mantener un nivel de servicio satisfactorio cuando la fábrica se enfrente a incertidumbres en sus suministros, en su demanda o en la habilidad de sus propios departamentos.
Stock inútil	La mayoría de las empresas tienen un cierto stock excedente que no satisface ninguna función. Generalmente consiste en productos obsoletos que no pueden ser vendidos.

Fuente: (Bureau Veritas Formación, 2009)

2.2.6. Medidas para obtener “Cero Fallos y Cero Averías”

(Rey Sacristán, 2001)

Las cinco medidas que nos pueden conducir a cero fallos serían:

- Preparar las condiciones básicas de inicio o de referencia para cada equipo.
 - Limpieza.
 - Reaprietes y ajustes.
 - Engrase.
 - Estándares de lubricación y limpieza.

- Actuar con rigor para mantener las condiciones de utilización.
 - No sobrepasar los valores límites de carga, capacidad, etc.
 - Respetar los estándares del proceso (normas y procedimientos)

- Restaurar los deterioros con rapidez.
 - Aplicar normas de inspección diaria para chequear posibles deterioros y restaurar éstos si aparecen con rapidez.
 - Respetar las normas de control y sustitución de elementos o componentes.
 - Aplicar con rigor los métodos de medición y predicción de fallos y defectos.
 - Aplicar correctamente los métodos de reparación.
 - Utilizar componentes estandarizados.
 - Definir herramientas e instrumentos para un mantenimiento eficaz y rápido.
 - Establecer normas de almacenamiento y distribución de piezas de recambio.

- Mejorar con medidas contra los puntos débiles.
 - Mejora de materiales y componentes.
 - Modificaciones, etc.

- Aumentar la capacidad técnica de los empleados.
 - Prevención de los fallos humanos.
 - Normalizar y enseñar métodos de regulación, reglaje y reparación.

- Prevención de los fallos de reparación con métodos de análisis de causas de fallos.
- Medidas destinadas a facilitar el diagnóstico.

2.2.7. Algunas consideraciones para el análisis de problemas en grupos de mejora

(Rey Sacristán, 2001)

En primer lugar, definamos que es un “problema”:

“es una desviación prevista o constatada entre una situación real y una situación normal o deseada que corresponde al estado inicial o de referencia”

La resolución de problemas tiene una lógica de pensamiento:

- Observar: el problema, en primer lugar, debe ser observado físicamente, lo que quiere decir que debe ser observado en términos teóricos, pues todos los fenómenos pueden ser explicados teóricamente. Ejemplo: el freno de mi coche no funciona correctamente.
- Comprender: al efectuar un análisis físico se razona para “comprender” el problema, siendo necesario tener una visión del conjunto del sistema y responder a las preguntas.
 - ¿Cuál es la misión o función del conjunto?
 - ¿Cuáles son las condiciones necesarias y suficientes relacionadas con el fenómeno o problema a tratar?
 - ¿Cuál es la variación de la medida en cantidad, aspecto, etc?

Pero, ¿qué entendemos por “condiciones necesarias”? son las que sabemos que sin ellas el equipo no funciona. Son muy importantes. Ejemplo:

- Mi coche no frena correctamente por falta de líquido en el sistema de frenado.
- El cabezal portapiezas de una rectificadora dispone solamente de una correa de arrastre en lugar de tres especificadas y necesarias.

Son “condiciones suficientes” las deseables que existan para que un equipo siga funcionando. Son las que más nos interesan pues provocan constantemente

paradas por defectos, roturas de herramientas, reglajes o medidas, etc., en general acciones inútiles. Ejemplos:

- En un cabezal portapiezas las tres correas trapezoidales deben cumplir las siguientes “condiciones suficientes”:
 - Deben reemplazarse todas a la vez.
 - La tensión ha de ser uniforme en todas ellas.
 - Deben estar exentas de grietas y aceites.
 - Debe haber una correcta alineación entre el motor y el reductor.
 - En mi coche el líquido de frenos no debe bajar del “nivel mínimo” marcado en el recipiente.
- Actuar: para actuar hay que descubrir en las fases de observación y comprensión las “causas” posibles del problema por métodos deductivos del análisis de su concepción.

2.2.8. Planes de Recursos Humanos.

(Renovetec, 2014)

Los planes de recursos humanos, asentados en la Calidad y el Desempeño Operacional para afrontar las necesidades de desarrollo de toda la fuerza de trabajo, deben estar impulsados por los planes estratégicos generales y han de involucrar a todos los empleados en todos los niveles y todas las funciones.

Se han de promover la participación y la motivación de los empleados y propiciar y apoyar el trabajo en equipo en toda la organización. Los equipos alientan un flujo libre de la participación y de la interacción entre sus miembros.

La evaluación de desempeño, incardinada en la administración de los recursos humanos, es utilizada habitualmente para dar retroalimentación al empleado, que entonces puede reconocer e incrementar sus fortalezas y trabajar sobre sus debilidades, para fijar políticas retributivas, para identificar personas para promoción, entre otros fines.

Los planes de RRHH procuran el mantener un entorno de trabajo que conduce al bienestar y crecimiento de todos los empleados. Empleados satisfechos son empleados productivos.

Los planes de recursos humanos generalmente se enfocan, entre otros ámbitos, al desarrollo de los empleados, a la organización del trabajo, al reclutamiento y a la retención

del talento. Un aspecto esencial de los planes de RRHH es la inversión en Capacitación y educación. Los empleados que reciben formación de manera continuada están totalmente involucrados y son empleados satisfechos y que valoran el esfuerzo empresarial. La formación, ha de integrarse en políticas de mejora continua, ha de estar bien diseñada y ayudar a la mejora de los desempeños.

En estas actividades es recomendable fomentar la involucración de los empleados, participando en decisiones relacionadas con el trabajo y en actividades de mejora, con el objetivo de captar la energía creativa de todos y de incrementar su motivación.

2.2.9. La productividad en el trabajo de conservación

(Dounce Villanueva, 2007)

2.2.9.1. Nivel mano de obra

En este nivel se forman los recursos humanos para los estratos ocupacionales en los que se emplean mano de obra directa, operarios de máquinas y equipos y trabajadores calificados en algún oficio o servicio, su finalidad es proporcionar: oficios calificados, mano de obra directa y técnicos básicos.

2.2.9.2. Nivel Superior

Este nivel llamado “nivel medio superior” tiene por objeto formar bachilleres y técnicos profesionales que ocuparán los mandos intermedios, que en el trabajo tendrán como acciones principales la supervisión control y evaluación de los procesos de producción, su finalidad es proporcionar técnicos profesionales, para supervisión, control y evaluación en la industria.

2.2.9.3. Nivel gerencial

Llamado “nivel superior”, tiene el propósito de formar los cuadros profesionales necesarios para sostener nuestra planta productiva, su finalidad es proporcionar profesionales con funciones de dirección, gerencia, diseño y aplicación de sistemas.

2.2.9.4. Nivel posgrado

Tiene como fin formar los cuadros de alta calidad necesarios para el mejor desarrollo científico y tecnológico; estos estudios se orientan a formar investigadores, profesores y administradores de proyectos de investigación y desarrollo de tecnologías de punta, así como profesionales altamente calificados que determinen las políticas de desarrollo científico y tecnológico de sectores prioritarios y estratégicos.

Para todas las personas es de mucha importancia conocer, aunque sea en forma general, la estructura antes descrita, pues forzosamente estamos colocados en algún nivel de ésta y su conocimiento nos permite una mejor interrelación con los otros niveles, con lo cual mejora nuestra comunicación y, por tanto, la coordinación de nuestras actividades, esto traerá como consecuencia la mejora de nuestra productividad dentro de la calidad del producto o servicio requerida por el mercado que deseamos atender.

Sabemos que todo lo hecho por el hombre es perfectible por lo que si observamos las áreas de oportunidad en este aspecto y por lo que se refiere a la conservación industrial (preservación y mantenimiento de los recursos físicos), encontramos que se ha considerado al “mantenimiento” como parte de una actividad tecnológica, ya que se ha estimado que esta materia debe ser estudiada cuando las personas que cursan una especialidad o carrera, tomen parte de mantenimiento correspondiente a la especialidad cursada.

Como las funciones de conservación industrial forman parte del quehacer humano en cualquier especialidad que éste se desarrolle, es indispensable estudiarlas bajo un punto de vista integral, que junte todos los conocimientos que sobre este tema se están suministrando, con lo cual se podrá construir un “proceso de conservación” de los recursos físicos de las industrias, de acuerdo con sus verdaderas necesidades; además como antes mencionamos todas las personas, independientemente del nivel en que estemos colocados en nuestra planta productiva, tenemos que intervenir en una u otra forma con la

adecuada conservación de los recursos físicos que a todo momento nos rodean y muchos de los cuales los utilizamos, ya sea para hacer nuestro trabajo o para cosas personales.

Con estas ideas y si las enfocamos a la función de conservación, podemos pensar que nuestra planta industrial obtendrá una mejora significativa en la solución de sus problemas de conservación si culturizamos a nuestro personal para que esta materia se atienda en las empresas en forma “orquestada”, así existiría un centro director de la función y cada entidad o persona funcionando en concordancia con el mismo. Con esto podremos obtener empresas de alta calidad en donde se atenderán los recursos físicos (máquinas, instalaciones, etc.) en primer lugar por el usuario, el trabajador, o sea la mano de obra directa (producción), los cuales usarán sus máquinas, herramientas, etc., en forma racional y cuidarán de éstas con trabajos de “primeros auxilios”, y, en segundo lugar, por el personal de mantenimiento, con trabajos especializados. Por lo que respecta al siguiente nivel o sea al supervisor, ya sea de producción o de mantenimiento, estará ajustando planes tácticos, así como controlando, evaluando y adiestrando al personal a su cargo. El tercer nivel que es el gerencial tendrá a su cargo el diseño y aplicación del sistema de conservación, así como la administración adecuada de su área de responsabilidad. El cuarto nivel se ocuparía de hacer proyectos de investigación y desarrollo de tecnologías de punta, y determinar las políticas de desarrollo científico y tecnológico de la empresa, detectando los sectores prioritarios y estratégicos.

2.2.10. Indicadores financieros

(Amendola, 2007)

La tendencia actual es la consideración de los indicadores financieros en el desempeño del negocio de mantenimiento, que merecen atención relevante. La importancia de invertir para crear valor futuro, y no solamente en las áreas tradicionales de desarrollo de nuevas instalaciones o nuevos equipos sino en el mantenimiento de los activos existentes, esto nos lleva a contemplar la implementación de indicadores económicos en la gestión de activos del mantenimiento.

2.3. Definición de términos básicos

- ✓ **AMFE:** Análisis Modal de Fallos y Efectos
- ✓ **Confiabilidad:** Buena funcionalidad de la maquinaria y equipo dentro de una industria en definitiva el grado de confianza que proporcione una planta. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Defecto:** Suceso que ocurre en una máquina que no impide el funcionamiento. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Diagnóstico:** Dar a conocer las causas de un evento ocurrido en el equipo o máquina o evaluar su situación y su desempeño. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Disponibilidad:** Porcentaje de tiempo de buen funcionamiento de una máquina o equipo por ente de toda la industria, es decir, producción óptima. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Entrenamiento:** Preparar o adiestrar al personal del equipo de mantenimiento, para que sea capaz de actuar eficientemente en las actividades de mantenimiento. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Falla o avería:** Daño que impide el buen funcionamiento de la máquina o equipo. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Mantener:** Conjunto de acciones para que las instalaciones y máquinas de una industria funcionen adecuadamente. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Mejorar:** Pasar de un estado a otro de mayor desempeño de una máquina o equipo. (Castillo S., 2014)
- ✓ **NPR:** Número de prioridad de riesgo
- ✓ **Planificar:** Trazar un plan o proyecto de las actividades que se van a realizar en un periodo de tiempo. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Prevención:** Preparación o disposición que se hace con anticipación ante un riesgo de falla o avería de una máquina o equipo. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Producción:** Proceso mediante el cual se genera utilidades a la industria. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Reparación:** Solución de una falla o avería para que la maquinaria o equipo esté en estado operativo. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Seguridad:** Asegurar el equipo y personal para el buen funcionamiento de la planta, para prevenir condiciones que afecten a la persona o a la industria. (Castillo S., 2014)
- ✓ **Sistema de supresión de incendios:** un sistema de inundación total o local consistente de un suministro fijo de agente extintor permanentemente conectado para la distribución fija del agente a boquillas fijas que están dispuestas para descargarlo dentro de un encerramiento (inundación total), directamente sobre un peligro (aplicación local), una combinación de ambos, o un sistema de rociadores automáticos. (National Fire Protection Association, 2010)

2.4. Formulación de la hipótesis.

La propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento incrementará la productividad del sistema contra incendios de Westfire Sudamérica en Minera Chinalco Perú

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

Tabla 4: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES		INDICADORES
Independiente: Gestión de mantenimiento	Todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. (Wikipedia, 2016)	Gestión de mantenimiento	Seguridad y salud en el trabajo	Número de incidentes de trabajo
				Reporte de actos y condiciones de seguridad
		Impacto del mantenimiento	% OT's preventivas	
			% OT's correctivas	
	% OT's ejecutadas			
Dependiente: Productividad	Reacción o respuesta, de las personas, máquinas y materiales, para dar un mantenimiento de acuerdo a estándares previamente establecidos. (Martinez Salvador , 2014)	Productividad		MTBF
				MTTR
				DISPONIBILIDAD

Fuente: Elaboración propia

3.2. Diseño de investigación

No Experimental Descriptiva

3.3. Unidad de estudio

Minera Chinalco Perú desde Julio 2015 hasta Junio 2016

3.4. Población

Área de mantenimiento mina de Minera Chinalco Perú, en donde se realiza el servicio de mantenimiento e inspección del sistema contra incendios de Westfire Sudamérica, desde Julio 2015 hasta Junio 2016.

3.5. Muestra (muestreo o selección)

Sistema contra incendios de Westfire Sudamérica en la flota de Minera Chinalco Perú, desde Julio 2015 hasta Junio 2016.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Fuentes primarias

Tabla 5: Técnicas e instrumentos de recolección de datos de fuentes primarias

Técnica	Justificación	Instrumentos	Aplicado en:
Observación	Se puede observar el modo de falla de los componentes del sistema contra incendios y evidenciar el método de detección de la falla.	<ul style="list-style-type: none"> Registro técnico de inspección y mantenimiento del sistema contra incendios. Cámara. 	El servicio de inspección y mantenimiento del sistema contra incendios

Fuente: elaboración propia

En la Tabla n.º 5, se detallan las técnicas y los instrumentos para la recolección de datos. Se observará cada elemento del sistema contra incendios detallado en el registro técnico de inspección y mantenimiento del sistema contra incendios.

3.6.1.1. Observación.

Objetivo:

Identificar las fallas del sistema contra incendios y los métodos de detección de las fallas.

Procedimiento:

Observación directa

- Participar en cada inspección y mantenimiento del sistema contra incendios.
- Participar en cada uno de los pasos que se desarrollan en el servicio de inspección y mantenimiento del sistema contra incendios.
- Participar en cada reparación del sistema contra incendios.

Secuela de la Observación directa.

- Registro fotográfico de las fallas del sistema contra incendios.
- Registro escrito de las fallas del sistema contra incendios.
- Registro escrito de los trabajos de mantenimiento del sistema contra incendios.

Instrumentos:

- Cámara fotográfica.
- Registro técnico de inspección y mantenimiento del sistema contra incendios.

3.6.2. Fuentes secundarias

Tabla 6: técnicas e instrumentos de recolección de datos de fuentes secundarias

Técnica	Justificación	Instrumentos	Aplicado en:
Análisis documental	Se puede obtener datos registrados sobre las fallas del sistema y el tiempo de parada de campo por un fallo funcional del sistema contra incendios.	<ul style="list-style-type: none"> Registro técnico de inspección y mantenimiento del sistema contra incendios. Bitácora de trabajos 	Registro de inspección y mantenimiento del sistema contra incendios en la computadora.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla n.º 6, se detallan las técnicas y los instrumentos para la recolección de datos. Se elaborarán gráficos estadísticos de las fallas del sistema contra incendios.

3.6.2.1. Análisis documental

Objetivo:

Identificar la cantidad de fallas y el tiempo de paradas de campo del sistema contra incendios.

Procedimiento:

Análisis documental

- Elaborar estadísticas del tiempo de paradas de campo del sistema contra incendios.
- Elaborar estad

Secuela de Análisis Documental.

- Gráficos estadísticos.

Instrumentos:

- Computadora

3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Los datos recogidos serán procesados estadísticamente y representados a través de tablas y gráficos, con ayuda de éstos analizar los modos de fallo para tomar acciones correctivas.

Las herramientas que utilizaremos son:

- Diagrama de Pareto.
- Metodología AMFE.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Información general de la empresa

4.1.1. Reseña histórica

WESTFIRE SUDAMÉRICA es un equipo de profesionales especialistas en Sistemas Automáticos Contra Incendios.

La corporación WESTFIRE INC., se formó en Estados Unidos en el mes de Julio del año 1990 con dos socios, Joseph Polito y Kevin Elliot.

En Sudamérica, se formó WESTFIRE SUDAMERICA en el año 1996 incorporándose un tercer socio, Andrew Thompson. Desde entonces se han instalado cientos de Sistemas Automáticos Contra Incendios para una diversa gama de industrias por todo el mundo.

WESTFIRE cuenta con más de 12 oficinas en EE.UU. Denver, Colorado; Phoenix, Arizona; Dallas, Texas; Elko, Nevada; Salt Lake City, Utah; Seattle, Washington; Raleigh, North Carolina; Antofagasta y Santiago, Chile, San Juan, Argentina y Lima, Perú.

En Perú, se constituyó el 02 de noviembre de 1999 WESTFIRE SUDAMÉRICA SRL. y desde entonces hemos diseñado e instalado con éxito sistemas de protección contra incendios, protegiendo equipos de minería en superficie y subterráneos, grandes instalaciones de telecomunicaciones, grandes centros de datos, refinerías, instalaciones médicas, instalaciones de bodegas de enfriamiento, plantas de energía, instalaciones de carga de combustible, y varios sistemas de energía eléctrica (grandes transformadores, MCC, generadores, salas de baterías, etc.).

Para lo cual contamos con una serie de representaciones internacionales reconocidas por su tecnología, como por su calidad entre estas tenemos: Fike, Vesda, Afex, Protectowire, FCI, CadGraphics, Kidde, Fire Trace, Pelco, IDteck, Ansul y otras.

WESTFIRE SUDAMÉRICA SRL., tiene en su haber muchos proyectos ejecutados satisfactoriamente cumpliendo con los requerimientos de una cartera de clientes

importantes como son: Sociedad Minera Cerro Verde, Minera Yanacocha, Minera Barrick, Xstrata Copper, Scotiabank, IBM, Ferreyros, P&H, Komatsu Mitsui, entre otros.

Para WESTFIRE SUDAMÉRICA SRL., es importante trabajar bajo una constante mejora de sus procesos, por eso, cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2008 desde el año 2007, el cual permite estandarizar los procesos en términos de calidad y posteriormente tiene como objetivo implementar en normas de seguridad salud ocupacional y medio ambiente. Estos procesos son revisados anualmente en busca de la mejora continua con la participación de los colaboradores y se considerarán para la ampliación de los mismos.

4.1.2. Visión

Ser la organización líder en el mercado peruano e internacional en sistemas de seguridad, respetando el medio ambiente, la seguridad y salud integral de nuestros colaboradores.

4.1.3. Misión

En Westfire Sudamérica S.R.L, comercializamos, diseñamos, instalamos y brindamos mantenimiento a Sistemas Contra Incendios y Seguridad Electrónica con altos estándares en calidad y seguridad, orientándonos a satisfacer las necesidades de nuestros clientes

4.1.4. Política de Gestión Integrada

En Westfire Sudamérica S.R.L. somos una organización dedicada a la comercialización, diseño, instalación, mantenimiento de sistemas contra incendios y seguridad electrónica, recarga de agentes extintores limpios.

Para ello contamos con personal competente y calificado, equipos de alta tecnología, con un sistema de gestión integrado basado en las normas ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007, asimismo estamos comprometidos con la mejora continua, con la finalidad de satisfacer los requerimientos y necesidades de nuestros clientes.

Nos comprometemos a implementar y mantener mecanismos que permitan prevenir la contaminación ambiental, gestionando nuestros aspectos ambientales significativos.

Prevenimos la ocurrencia de lesiones y enfermedades ocupacionales de nuestros trabajadores y de los grupos de interés en las actividades que efectuamos en las instalaciones de nuestros clientes.

Garantizamos la eficacia, eficiencia y mejora continua del desempeño del sistema de gestión integrado mediante el cumplimiento de los requisitos legales y otros acuerdos suscritos, fomentando la competencia, el bienestar, la capacitación, participación y consulta, la motivación, la toma de conciencia para la mejora continua y el desarrollo de nuestros colaboradores, así como también el desarrollo sostenible y la responsabilidad social.

4.1.5. Valores

4.1.5.1. Vocación de servicio

Cumplir los compromisos adquiridos con proveedores, contratistas, clientes que junto con la alta dirección hacen posible la prestación del servicio a satisfacción del cliente, actuando con seriedad seguridad y puntualidad

4.1.5.2. Ética

Nuestro compromiso con nuestros clientes y colaboradores se caracteriza por un permanente respeto a la palabra empeñada, no atentar en contra de sus intereses que se materializan en las operaciones y negociaciones que efectuamos

4.1.5.3. Compromiso

Asumimos los compromisos que establecemos con los clientes en lo que respecta al cumplimiento, conciencia del deber y consecuencias, manteniendo una fidelidad racional, respetuosa y activa de valores hacia nuestros clientes.

4.1.5.4. Confianza

La confianza es el fundamento de toda relación humana. Nadie puede caminar junto al otro sin tener la certeza de que puede confiar en él. Sin confianza es imposible avanzar y

crecer. Cuando Hablamos de confianza hablamos de transparencia. Para confiar en otra persona hace falta primero tener un conocimiento. Cuanto más se conoce, más confianza hay en una relación.

4.1.5.5. Trabajo en Equipo

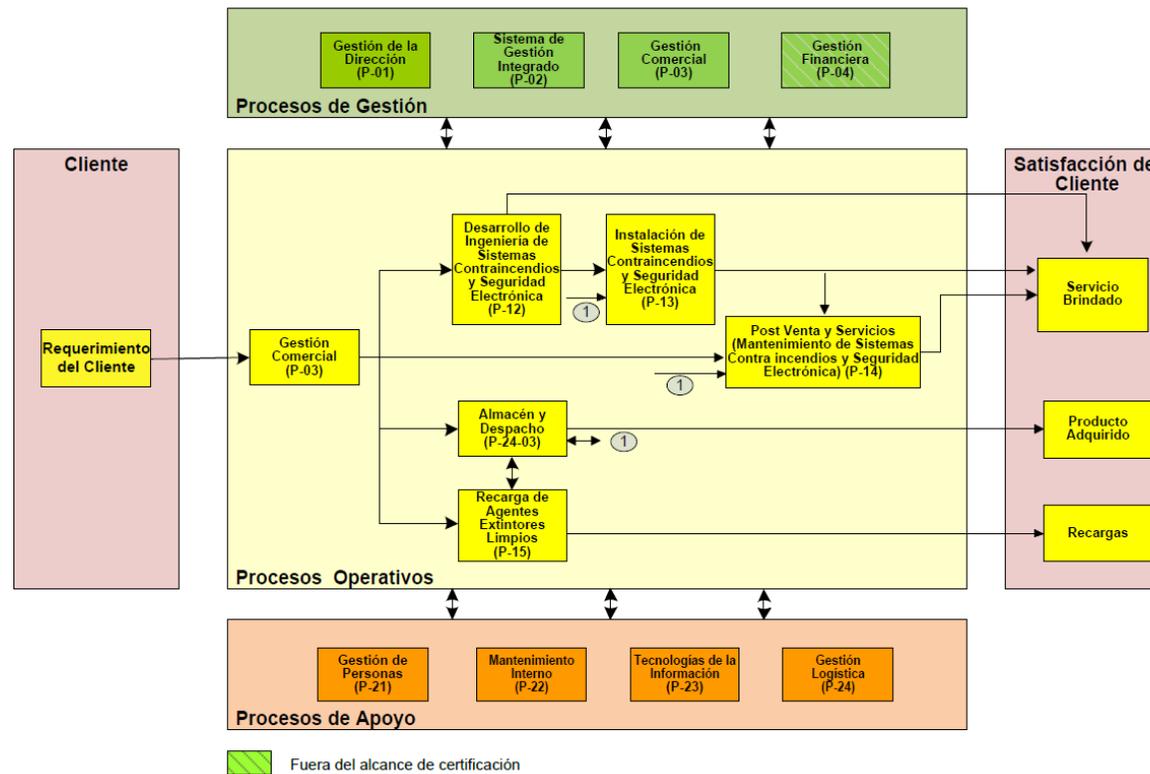
Promovemos el esfuerzo conjunto en armonía de nuestros directivos y colaboradores aprovechando sus aptitudes y capacidades

4.1.5.6. Responsabilidad Social

Contribuimos al desarrollo de nuestros trabajadores, sus familias y sus vecinos respetando su diversidad étnica y cultural mediante un sistema de inclusión y participación que involucra a nuestros clientes, proveedores y otros grupos de interés.

4.1.6. Mapa de procesos

Ilustración 2: Mapa de procesos



Fuente: Sistema de Gestión Integrado Westfire

4.1.7. Servicio de Inspección y mantenimiento del sistema contra incendios

El servicio lo proporciona Westfire Sudamérica a Minera Chinalco Perú, y está conformado por un total de 9 personas teniendo 1 Jefe de Proyecto, 1 Supervisor Planner, un Supervisor de Seguridad y 6 técnicos que trabajan en una guardia de 7x7 durante todo el año.

El servicio se realiza en talleres de mantenimiento del cliente o en campo, según la necesidad del trabajo, en la flota de Minera Chinalco, la cual se detalla a continuación:

Tabla 7: Flota de *equipos* de Minera Chinalco Perú

Equipos	Cantidad
Palas	2
Camiones	20
Cisterna	3
Camión lubricador	1
Cargadores	2
Perforadoras	3
Excavadoras	1
Tractor de ruedas	4
Tractor de orugas	4
Motoniveladoras	4
Total	44

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Diseño de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento

4.2.1. Análisis de Pareto de las fallas del sistema contra incendios

4.2.1.1. Tabla de información

Tabla 8: Tabla de información de fallas

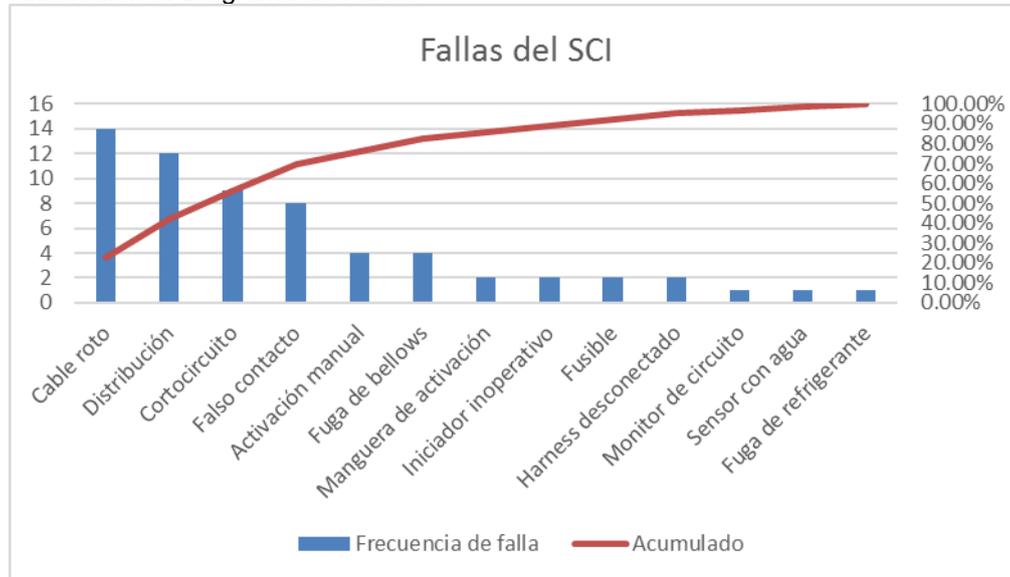
Fallas	Frecuencia de falla	Porcentaje	Acumulado
Cable roto	14	22.58%	22.58%
Distribución	12	19.35%	41.94%
Cortocircuito	9	14.52%	56.45%
Falso contacto	8	12.90%	69.35%
Activación manual	4	6.45%	75.81%
Fuga de bellows	4	6.45%	82.26%
Manguera de activación	2	3.23%	85.48%
Iniciador inoperativo	2	3.23%	88.71%
Fusible	2	3.23%	91.94%
Harness desconectado	2	3.23%	95.16%
Monitor de circuito	1	1.61%	96.77%
Sensor con agua	1	1.61%	98.39%
Fuga de refrigerante	1	1.61%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 7 se puede observar que las 6 primeras fallas del sistema contra incendios representan el 85% del total de fallas que ocasionan paradas de campo, por lo que tomaremos énfasis en el tratamiento de esas fallas.

4.2.1.2. Diagrama de Pareto

Ilustración 3: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

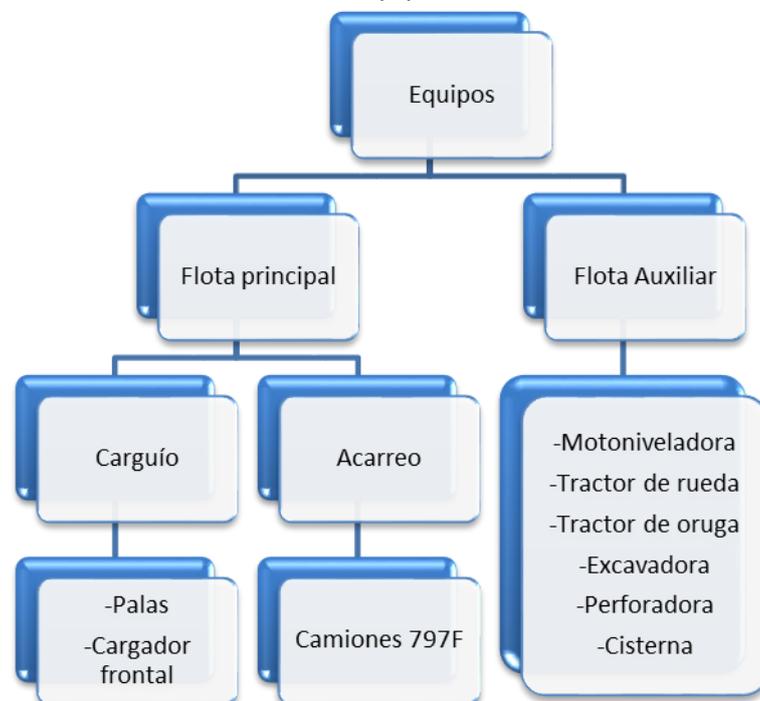
En el diagrama de Pareto podemos observar gráficamente las fallas más frecuentes del sistema contra incendios que generan paradas de campo.

4.2.2. Administración del mantenimiento

4.2.2.1. Gestión de equipos

Lo primero que debe tener claro el responsable de mantenimiento es el inventario de equipos, máquinas e instalaciones a mantener. El resultado es un listado de activos físicos de naturaleza muy diversa y que dependerá del tipo de industria. La clasificación de estos activos se ofrece en la siguiente figura:

Ilustración 4: Clasificación de equipos



Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.2. Inventario de Equipos

El número de equipos distintos aconseja que se disponga de:

- ✓ Un inventario de equipos que es un registro o un listado de todos los equipos codificados y localizados.
- ✓ Un criterio de agrupación por tipos de equipos para clasificarlos.
- ✓ Un criterio de definición de criticidad para asignar prioridades y niveles de mantenimiento a los distintos tipos de equipos.
- ✓ La asignación precisa del responsable de mantenimiento de los distintos equipos, así como de sus funciones, cuando sea preciso.

4.2.2.3. Dossier máquina

También conocido como dossier de mantenimiento.

- ✓ Lista de repuestos
- ✓ Instrucciones de mantenimiento

4.2.2.4. Tipos de repuestos

En cualquier industria, para poder conseguir un nivel de disponibilidad aceptable de máquina, es necesario mantener un stock de recambios cuyo peso económico es, en general, respetable. Existen tres actividades básicas en relación con la gestión de repuestos.

4.2.2.5. Selección de las piezas de Stock

La primera obligación de establecer las piezas que deben permanecer en stock. Es fundamental establecer una norma donde se especifique la política o criterios para crear stock de repuestos.

El riesgo que se corre es tener almacenes demasiado dotados de piezas cuya necesidad es muy discutible, por su bajo consumo. Como consecuencia se incrementan

las necesidades financieras (incremento del capital fijo), de espacio para almacenarlas y de medidas para su conservación y control.

Por el contrario, un almacén insuficientemente dotado generará largos periodos de reparación e indisponibilidad de máquinas, por falta de repuestos desde que se crea la necesidad hasta que son entregados por el proveedor.

Debe establecerse, por tanto, los criterios de decisión en función de:

La criticidad de la máquina

El tipo de pieza (si es o no desgaste seguro, si es posible repararla, etc.)

Las dificultades de aprovisionamiento. (Si el plazo de entrega es o no corto)

Se facilita la gestión clasificando el stock en distintos tipos de inventarios

Stock crítico: Piezas específicas de máquinas clasificadas como críticas. Se le debe dar un tratamiento específico y preferente que evite el riesgo de indisponibilidad.

Stock de seguridad: Piezas de improbable avería, pero indispensables mantener en stock, por el tiempo elevado de reaprovisionamiento y grave influencia en la producción en caso que fuese necesaria para una reparación.

Piezas de desgaste seguro: constituye la mayor parte de las piezas a almacenar

Materiales genéricos: componentes que por su elevado consumo interesa mantener en stock.

4.2.3. Planificación del mantenimiento

El primer paso antes de concretar cómo se van a gestionar los trabajos es establecer la política de mantenimiento. La política o estrategia de mantenimiento consiste en definir los objetivos técnico – económicos del servicio, así como los métodos a implantar y los medios necesarios para alcanzarlos.

4.2.3.1. Objetivos de la planificación

Los objetivos pueden ser muy variables dependiendo del tipo de industria y su situación (producto, mercado, etc.) e incluso pueden ser distintos para cada máquina o instalación. En cualquier caso, la definición de los objetivos no es válida si no se hace previo acuerdo con la dirección técnica y producción.

Algunos objetivos posibles son:

- Aumentar la disponibilidad.
- Incrementar el MTBF
- Disminuir el MTTR
- Maximizar la productividad de los equipos
- Maximizar los trabajos programados, reduciendo las paradas de campo no programadas

4.2.3.2. Establecimiento de un plan de mantenimiento

- **Clasificación e identificación de los equipos:** el primer paso sería disponer de un inventario donde estén claramente identificados y clasificados todos los equipos.
- **Selección de la política de mantenimiento:** Se trata de decidir qué tipo de mantenimiento aplicar a cada equipo. Se usan para ello tanto métodos cuantitativos como fundamentalmente, cualitativos. El uso de la metodología AMFE nos ayudará a tomar acciones correctivas sobre las fallas frecuentes.

4.2.3.3. Guía de mantenimiento

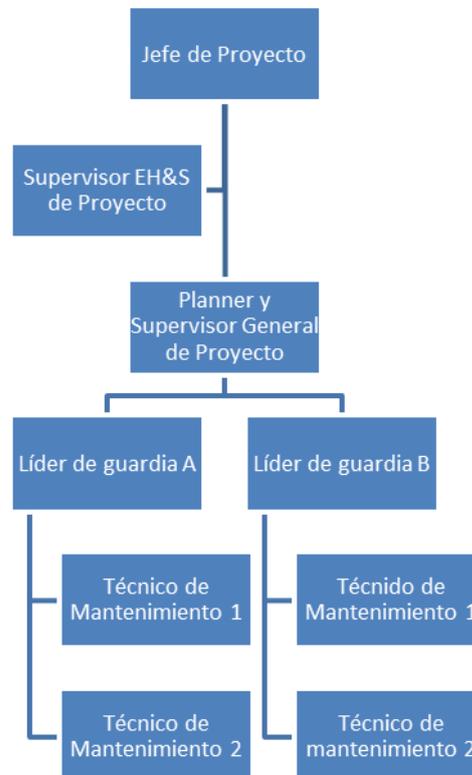
Incluso con la mejor información de fabricantes, es difícil, al principio, prever la carga de mantenimiento esperada. Obviamente, con la experiencia se debe prever la cantidad de esta carga de trabajo. En cualquier caso, una tarea muy valiosa para facilitar la planificación de trabajos consiste en tipificar los trabajos más repetitivos e incluso confeccionar procedimientos de reparación para cada uno de esos casos.

4.2.3.4. Organización del mantenimiento

El plan de mantenimiento se completa definiendo la organización necesaria:

- La estructura de recursos humanos, tanto propia como ajena.
- La estructura administrativa

Ilustración 5: Organigrama del proyecto



Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.5. Diagrama de Pareto

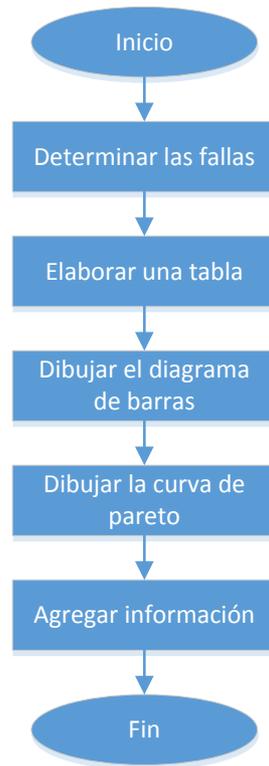
Se propone utilizar el análisis de datos mediante un diagrama de Pareto, el cual nos mostrará las fallas del sistema contra incendio más frecuentes que conllevan a paradas de campo de los equipos mineros.

Para lo cual se seguirán los siguientes pasos:

- **Determinar las fallas:** Determinaremos el número de fallas que ocasionan paradas de campo en los equipos mineros.
- **Elaborar una tabla de datos:** Listar en una tabla las fallas del sistema contra incendios clasificándolas según el tipo de fallo o el componente que falló.
- **Dibujar un diagrama de barras:** Representar gráficamente el conjunto de fallos de un mismo tipo.
- **Dibujar la curva de Pareto:** Representar mediante una curva los tipos de fallos más importantes y las menos importantes.
- **Agregar información:** Agregar la información al diagrama de Pareto.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración del diagrama de Pareto.

Ilustración 6: Diagrama de flujo Pareto



Fuente: Elaboración propia

4.2.3.6. Análisis de Fallas

Se propone la metodología AMFE. Método riguroso de análisis que utiliza todas las experiencias y competencias disponibles de los estudios, métodos, mantenimiento, fabricación, calidad. Es un método inductivo y cualitativo que permite pasar revista al conjunto de los órganos de un sistema o instalación, definiendo:

- Tipos de fallos reales o potenciales.
- Causas posibles.
- Consecuencias.
- Medios para evitar sus consecuencias.

En definitiva, es una búsqueda sistemática de tipos de fallos, sus causas y sus efectos. Precisa un tratamiento de grupo multidisciplinario, lo cual constituye una ventaja adicional por el enriquecimiento mutuo que se produce.

Se produce mediante una hoja estructurada que guía el análisis:

- Funciones: se describen las especificaciones (características) y expectativas de desempeño que se exigen a los componentes del sistema contra incendios.
- Fallo funcional: se refiere a la falta o incumplimiento de la función, el fallo funcional se define como la incapacidad de un elemento del sistema contra incendios de cumplir un desempeño deseado.
- Modo de fallo: forma en que el dispositivo o el sistema contra incendios puede dejar de funcionar o funcionar anormalmente. El tipo de fallo es relativo a cada función de cada elemento. Se expresa en términos físicos: rotura, aflojamiento, atascamiento, fuga, agarrotamiento, cortocircuito, etc.
- Casusa raíz: anomalía inicial que puede conducir al fallo. Un mismo tipo de fallo puede conducir a varias causas.
- Consecuencia: efecto del fallo sobre el sistema contra incendios.

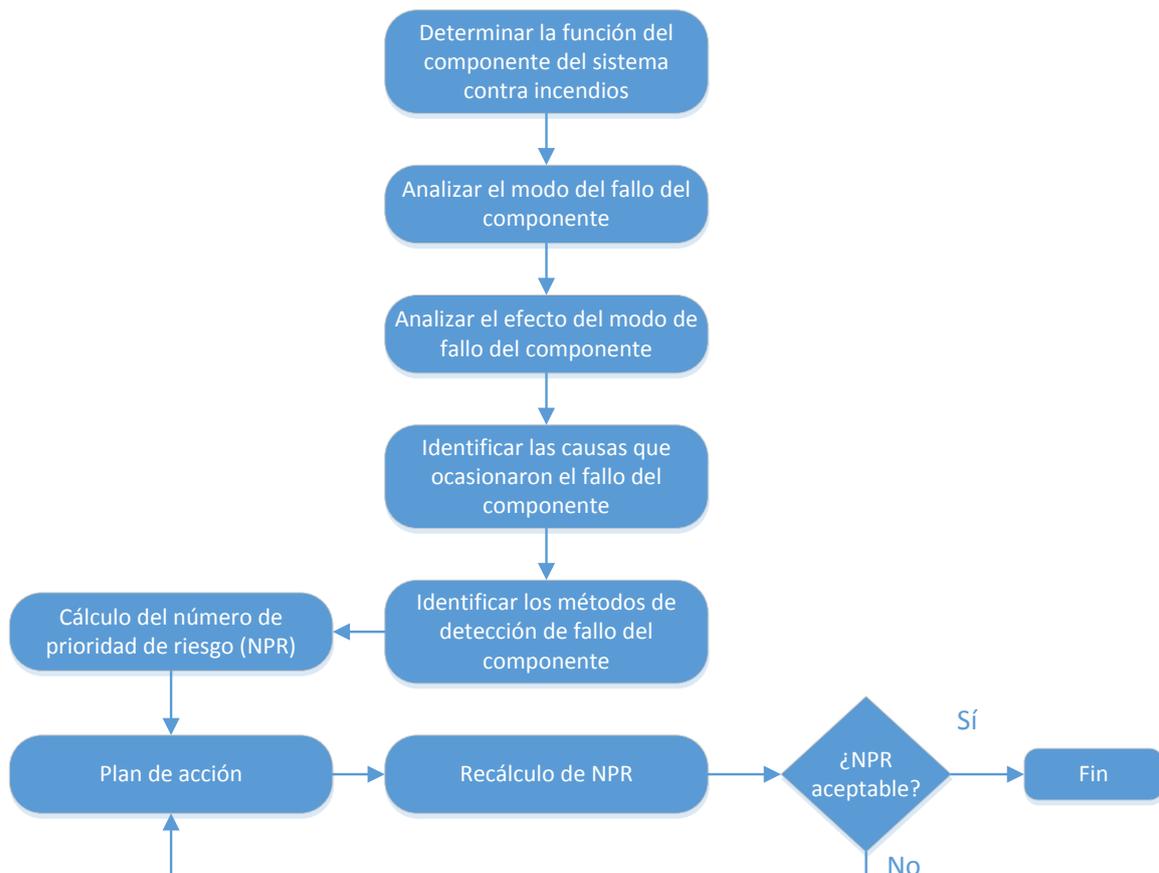
La valoración proporciona una estimación numérica de los respectivos parámetros:

- F: Frecuencia, estimación subjetiva de la ocurrencia del modo de fallo.
- G: Gravedad, estimación subjetiva de las consecuencias
- D: Detección, estimación subjetiva de la probabilidad de ser detectado el fallo potencial.
- NPR: Número de Prioridad de Riesgos, producto de F, G y D.

Debe hacerse especial hincapié en la detección de fallos ocultos. Se presentan normalmente en dispositivos de protección. La recomendación en tales casos se conoce como verificación funcional o tareas de búsqueda de fallos.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo para implementar la metodología AMFE.

Ilustración 7: Diagrama de Flujo para metodología AMFE



Fuente: Ministerio de Salud

4.2.4. El cuadro de indicadores en la gestión de mantenimiento

Tabla 9: Cuadro de Mando Integral

OBJETIVO ESTRATÉGICO	INDICADOR	KPI	PLAN DE ACCIÓN	PERSPECTIVA
Aumentar tiempo medio entre fallas (MTBF)	MTBF	255.24	Disminuir las paradas mediante la información obtenida del AMFE	PRODUCTIVIDAD
Reducir tiempo medio para la reparación (MTTR)	MTTR	2.90	Estandarizar los tiempos de reparación	
Aumentar la disponibilidad	DISPONIBILIDAD	98.8 %	Disminuir las paradas en campo y disminuir el tiempo de reparación	
Aumentar porcentaje de OT's preventivas	% OT's preventivas	88.35%	Asegurar el mantenimiento preventivo	IMPACTO DEL MANTENIMIENTO
Disminuir porcentaje de OT's correctivas	% OT's correctivas	11.65%	Disminuir paradas en campo	
Aumentar porcentaje de OT's ejecutadas	% OT's ejecutadas	92%	Cumplir el programa de mantenimiento	
Disminuir o mantener el índice de accidentabilidad	Incidentes de seguridad	15	Disminuir número de incidentes	Seguridad y Salud en el Trabajo
Disminuir o mantener el índice de gravedad	Reporte de actos y condiciones de seguridad	31	Incrementar el número de reportes de actos y condiciones de seguridad	

Fuente: Elaboración propia

4.3. Desarrollo de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento

4.3.1. Inventario de Equipos

El inventario de equipos fue definido en dos categorías: Flota principal y flota auxiliar, los cuales fueron rotulados y detallados en los ANEXOS 1 Y 2.

4.3.2. Tipos de repuestos

Determinaron los tipos de repuestos de Stock crítico, Stock de seguridad, piezas de desgaste seguro y materiales genéricos.

4.3.2.1. Stock crítico

Determinaron los componentes sin los cuales el sistema contra incendios queda inoperativo, siendo fundamentales para su funcionamiento.

4.3.2.2. Stock de seguridad

Componentes de cambio poco frecuente y de improbable fallo, pero que sin ellos el sistema contra incendios queda inoperativo, siendo fundamentales para su funcionamiento.

4.3.2.3. Piezas de desgaste seguro

Consideraron las piezas de cambio frecuente, así como las de cambio programado en los mantenimientos.

4.3.2.4. Materiales genéricos

Otros materiales, que sin ser indispensables para el sistema se requieren para el correcto funcionamiento.

4.3.3. Análisis de Fallos

Se desarrollaron mediante la metodología AMFE bajo los siguientes parámetros

Tabla 10: Gravedad

Gravedad	G	Descripción
Evento catastrófico	9	Fallo causa la inoperatividad automática y manual del sistema
Efectos para el sistema		Equipo móvil desprotegido en caso de amago de incendio
Evento importante	6	Fallo causa la inoperatividad automática del sistema
Efectos para el sistema		En caso de un amago de incendio el operador debe iniciar manualmente el sistema
Evento moderado	3	Causa problemas en el sistema
Efectos para el sistema		El sistema se encuentra operativo con averías

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Aparición

Aparición	A	Descripción
Frecuente	9	Probable aparición de forma inmediata o en un corto periodo de tiempo
Ocasional	6	Es probable que ocurra
Remoto	3	Aparición improbable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Detección

Detección (D)	Descripción
9	No existe ninguna técnica de control disponible o conocida
6	Los controles tienen una efectividad leve o baja
3	Los controles tienen una efectividad moderadamente alta o alta

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.1. Falla de actuador eléctrico

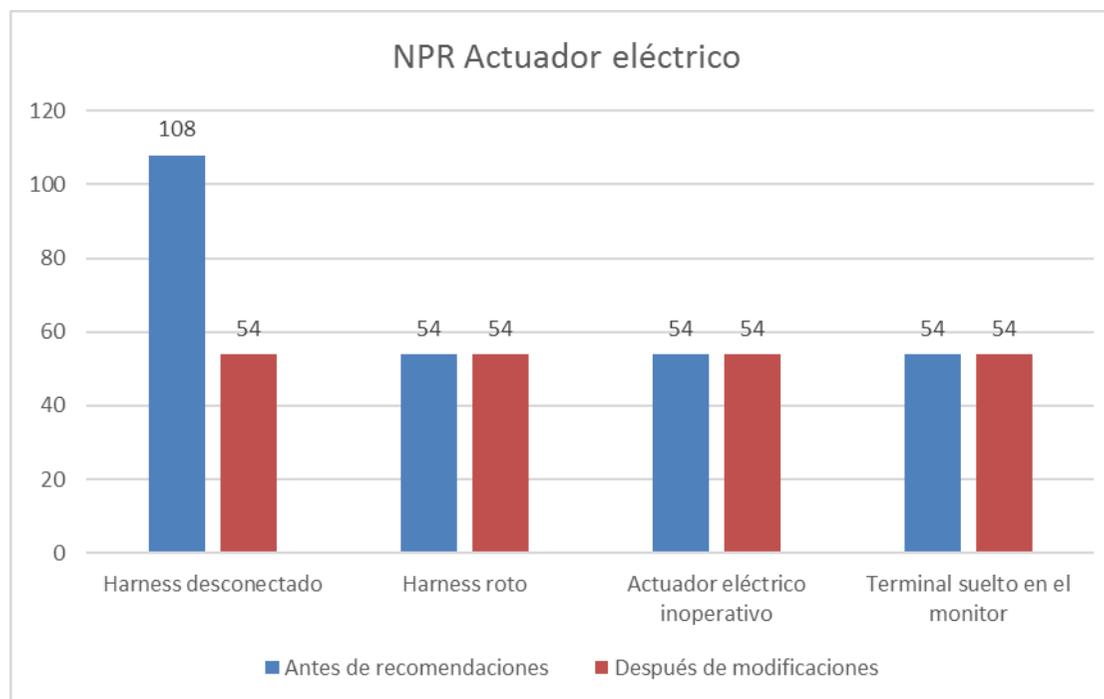
Tabla 13: Falla de actuador eléctrico

Fallo	Modo de fallo	Causas	Efecto	Método de detección	G	A	D	NPR	Recomendaciones	G	A	D	NPR
Monitor indica actuador eléctrico	Harness desconectado	No se conectó después del mantenimiento	Sistema automático inoperativo/parada de equipo	Led de detección del monitor/ Inspección visual	6	6	3	108	Asegurar la conexión de harness de los equipos	6	3	3	54
	Harness roto	Desgaste/golpe del operador	Sistema automático inoperativo/parada de equipo	Led de detección del monitor/ Inspección visual	6	3	3	54	Mantener stock de harness	6	3	3	54
	Actuador eléctrico inoperativo	Detonado/ Vencido	Sistema automático inoperativo/parada de equipo	Led de detección del monitor/ Inspección visual	6	3	3	54	Mantener stock de de actuadores eléctricos	6	3	3	54
	Terminal suelto en el monitor	Vibración/mal ajuste	Sistema automático inoperativo/parada de equipo	Led de detección del monitor/ Inspección visual	6	3	3	54	Revisar buen ajuste de terminales antes de cerrar monitor	6	3	3	54

Fuente: Elaboración propia

Al asegurar la conexión del harness de actuación a los terminales del monitor en cada inspección logra reducir el impacto que causaba esta falla en las paradas de campo de los equipos.

Ilustración 8: NPR actuador eléctrico



Fuente: Elaboración propia

4.3.3.2. Falla de detección

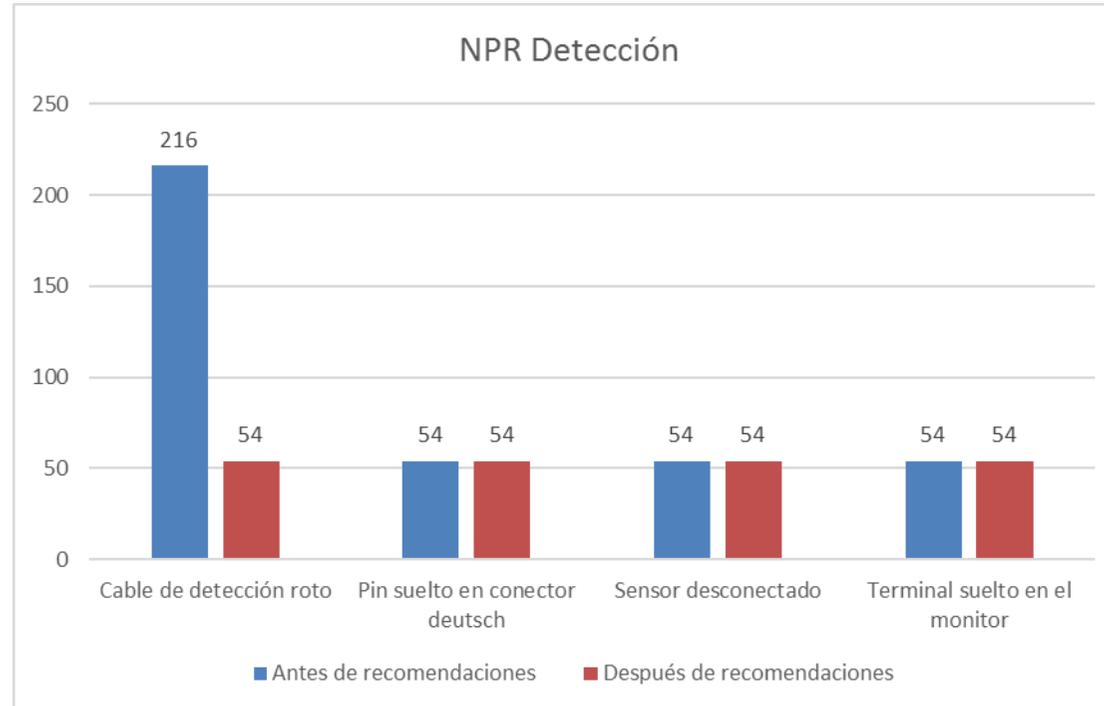
Tabla 14: Falla de detección

Fallo	Modo de fallo	Causas	Efecto	Método de detección	G	A	D	NPR	Recomendaciones	G	A	D	NPR
Monitor indica detección	Cable de detección roto	Desgaste	Sistema inoperativo/ parada de equipo	Led de detección del monitor/ Inspección visual	6	6	6	216	Modificar frecuencia de cambio	6	3	3	54
	Pin suelto en conector deutsch	Vibración	Sistema inoperativo/ parada de equipo	Led de detección del monitor/ Inspección visual	6	3	3	54	Asegurar que el seguro del conector deutsch esté bien conectado	6	3	3	54
	Sensor desconectado	Vibración	Sistema inoperativo/ parada de equipo	Led de detección del monitor/ Inspección visual	6	3	3	54	Asegurar el conector deutsch con cinta aislante	6	3	3	54
	Terminal suelto en el monitor	Vibración/mal ajuste	Sistema inoperativo/ parada de equipo	Led de detección del monitor/ Inspección visual	6	3	3	54	Verificar el buen ajuste en el monitor antes de cerrarlo	6	3	3	54

Fuente: Elaboración Propia

Modificar la frecuencia de cambio de cable de detección, adelantarse al problema de encontrar cables rotos, lo cual genera una reducción en el número de paradas de campo por esta falla.

Ilustración 9: NPR falla de detección



Fuente: Elaboración propia

4.3.3.3. Monitor apagado

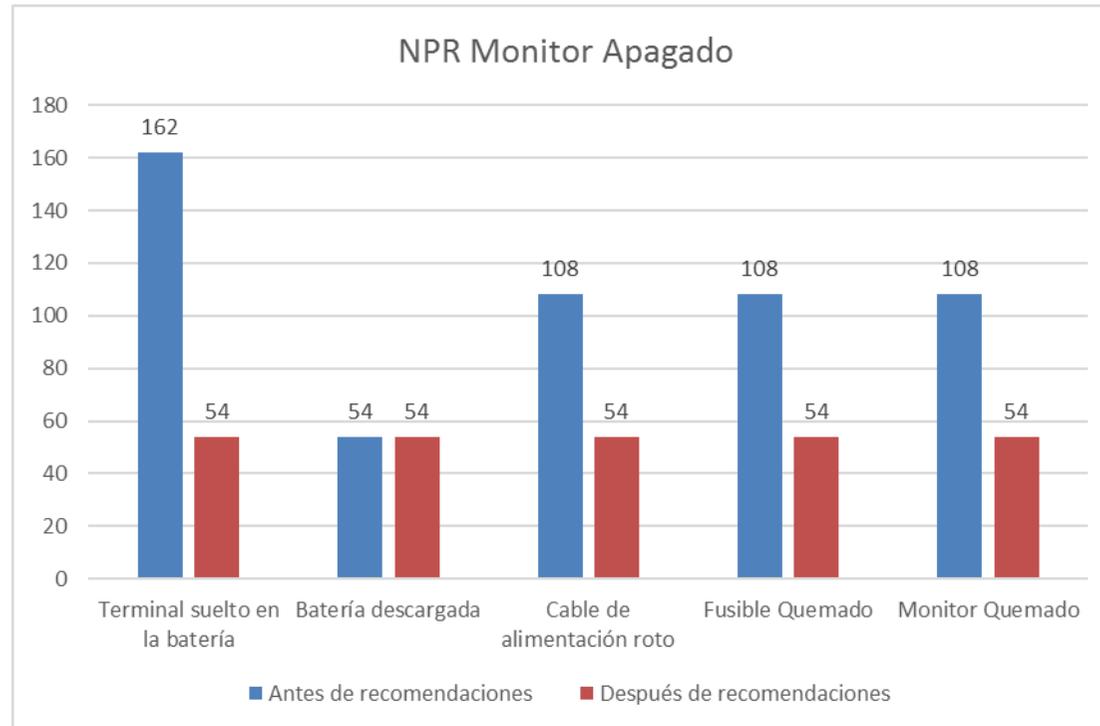
Tabla 15: Falla de Monitor apagado

Fallo	Modo de fallo	Causas	Efecto	Método de detección	G	A	D	NPR	Recomendaciones	G	A	D	NPR
	Terminal suelto en la batería	No se dio buen ajuste después del mantenimiento	Monitor apagado/ sistema automático inoperativo	Monitor apagado	6	9	3	162	Verificar el ajuste los terminales de la antes de cerrarla	6	3	3	54
	Batería descargada	Desgaste	Monitor apagado/ sistema automático inoperativo	Monitor apagado	6	3	3	54	Utilizar multímetro digital	6	3	3	54
Monitor apagado	Cable de alimentación roto	Desgaste	Monitor apagado/ sistema automático inoperativo	Monitor apagado	6	3	6	108	Cambiar frecuencia de cambio	6	3	3	54
	Fusible Quemado	Cortocircuito/ sobre voltaje	Monitor apagado/ sistema automático inoperativo	Monitor apagado	6	6	3	108	Cambiar frecuencia de cambio de cable de alimentación	6	3	3	54
	Monitor Quemado	Cortocircuito/ sobre voltaje	Monitor apagado/ sistema automático inoperativo	Monitor apagado	6	6	3	108	Verificar el ajuste de los pernos del monitor para asegurar hermetismo	6	3	3	54

Fuente: Elaboración propia

Verificar el ajuste de los terminales de alimentación en cada inspección, modificar la frecuencia de cambio de cable de alimentación para evitar pérdidas de flujo de tensión y cortocircuitos, y asegurar el hermetismo del monitor de circuito para evitar que el monitor se queme.

Ilustración 10: NPR falla de monitor apagado



Fuente: Elaboración propia

4.3.3.4. Falla de descarga

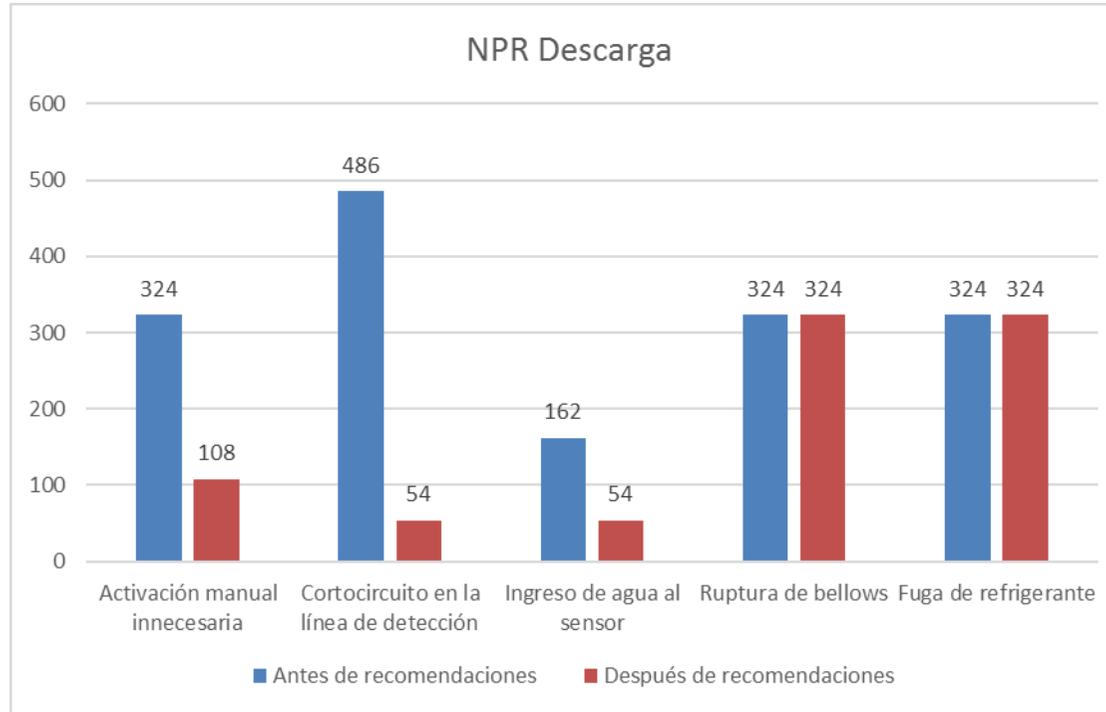
Tabla 16: Falla de descarga

Fallo	Modo de fallo	Causas	Efecto	Método de detección	G	A	D	NPR	Recomendaciones	G	A	D	NPR
	Activación manual innecesaria	Activado por el operador	Descarga del sistema/ sistema inoperativo	Alarma /actuador eléctrico/ inspección visual	6	6	9	324	Capacitar al operador, entregarle cartilla de instrucciones, mantener stock de recarga	6	3	6	108
	Cortocircuito en la línea de detección	cable sin aislante	Descarga del sistema/ sistema inoperativo	Alarma /actuador eléctrico/ inspección visual	6	9	9	486	Cambiar frecuencia de cambio de cable	6	3	3	54
Descarga innecesaria del sistema	Ingreso de agua al sensor	Sensor no sellado hermeticamente	Descarga del sistema/ sistema inoperativo	Alarma /actuador eléctrico/ inspección visual	6	3	9	162	Asegurar las gomas en los conectores eléctricos, cambiar stove bolt por autorroscante	6	3	3	54
	Ruptura de bellows	Fuga de gases incrementan radiación térmica	Descarga del sistema/ sistema inoperativo	Alarma /actuador eléctrico/ inspección visual	6	6	9	324	Informar a Mantenimiento MCP	6	6	9	324
	Fuga de refrigerante	Genera vapor al contacto con el motor caliente e incrementa radiación térmica	Descarga del sistema/ sistema inoperativo	Alarma /actuador eléctrico/ inspección visual	6	6	9	324	Informar a Mantenimiento MCP	6	6	9	324

Fuente: Elaboración propia

Reprogramar la frecuencia de cambio de cable de detección, adelantándose a encontrar cables expuestos, con la probabilidad de hacer contacto con el chasis del equipo minero o con otro componente que pueda generar un cortocircuito y conllevar a una descarga innecesaria del sistema contra incendios. Disminuyendo así el número de paradas por descargas innecesarias del sistema.

Ilustración 11: NPR falla de descarga



Fuente: Elaboración propia

4.3.3.5. Falla demora en inspecciones

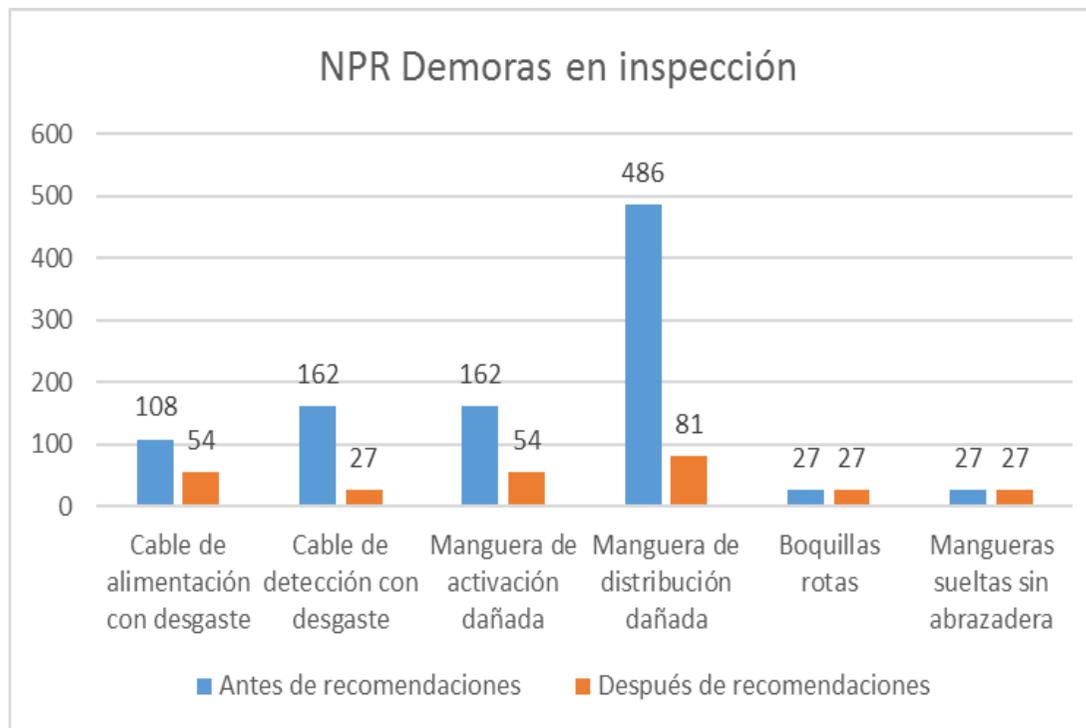
Tabla 17: Falla de demora en la inspección

Fallo	Modo de fallo	Causas	Efecto	Método de detección	G	A	D	NPR	Recomendaciones	G	A	D	NPR
Demoras en inspección	Cable de alimentación con desgaste	Desgaste por la naturaleza del trabajo del equipo minero	Posible rotura e inhabilitación del sistema automático	Inspección visual	3	6	6	108	Cambiar frecuencia de cambio de cable	3	3	6	54
	Cable de detección con desgaste	Desgaste por la naturaleza del trabajo del equipo minero	Posible rotura e inhabilitación del sistema automático	Inspección visual	3	9	6	162	Cambiar frecuencia de cambio de cable	3	3	3	27
	Manguera de activación dañada	Daño por quemadura debido a la radiación térmica del equipo minero	Disminución del flujo del agente extintor para la descarga	Inspección visual	6	9	3	162	Cambiar frecuencia de cambio de manguera	6	3	3	54
	Manguera de distribución dañada	Daño por quemadura debido a la radiación térmica del equipo minero	Disminución del flujo del nitrógeno para hacer bajar los vástagos y activar la descarga	Inspección visual	9	6	9	486	Cambiar frecuencia de cambio de manguera	9	3	3	81
	Boquillas rotas	Golpes	Sin mayores problemas	Inspección visual	3	3	3	27	mantener stock en almacén	3	3	3	27
	Mangueras sueltas sin abrazadera	Vibración	Sin mayores problemas	Inspección visual	3	3	3	27	mantener stock en almacén	3	3	3	27

Fuente: Elaboración propia

Elaborar una guía de mantenimiento para hacer más fluidos los trabajos. Reprogramar la frecuencia de cambio de mangueras. Optimizando así el tiempo de inspecciones a los sistemas contra incendios.

Ilustración 12: NPR falla de demora en la inspección

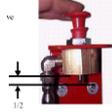


Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Guía de mantenimiento

4.3.4.1. Sistema de actuación

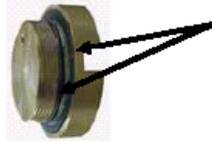
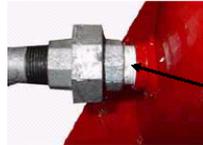
Tabla 18: Guía de mantenimiento al sistema de actuación

GUÍA DE MANTENIMIENTO SISTEMA DE ACTUACIÓN	
<p>Ubique y retire todos los cartuchos de nitrógeno del mecanismo de disparo, todos los actuadores manuales remotos al nivel de tierra, y los actuadores esclavos. Reemplace los protectores de roscas y ponga los cartuchos a un lado para una inspección posterior.</p>	
<p>Retire los Arnés de Cableado del Actuador Eléctrico e instale un dispositivo de maniobras, (ya sea un resorte o un clip o un arnés de cableado).</p>	
<p>Retire el iniciador de la Sección Superior del mecanismo de disparo y examínelo. El extremo del iniciador que se enrosca dentro del mecanismo de disparo debe estar limpio, libre de daños y el sello sobre la carga debe estar en su lugar.</p>	
<p>Retire la arandela de asiento del cartucho de la parte inferior de cada actuador. Inspeccione las condiciones de esta arandela – si está sin daños aplique lubricante para arandelas y reinstálela. Si está dañada reemplácela.</p>	
<p>Retire el pin de seguridad de todos los actuadores del sistema</p>	
<p>Deprima la perilla de pulsado para verificar que el vástago perforador se desplace aproximadamente media pulgada. El pulsador y el vástago perforador deben moverse libremente. Lubríquelos si fuera necesario.</p>	
<p>Inspeccione la punta de todos los vástagos de perforación. Reemplace cualquier vástago con una doblez o la punta dañada.</p>	
<p>Reinstale los pines de seguridad y los sellos de todos los actuadores del sistema.</p>	
<p>Reemplace cualquier calcomanía de información y/o operación del sistema de supresión de fuegos, que se haya perdido o dañado.</p>	

Fuente: Elaboración propia

4.3.4.2. Tanques de Polvo Químico Seco

Tabla 19: Guía de mantenimiento a los tanques contenedores de PQS

TANQUE DE PQS	
<p>Retire la tapa del Contenedor del Agente. Inspeccione la condición de la arandela plana y de la arandela en "O" en la tapa. Si ellas están sin daños aplique el lubricante Dow Corning # 55 para arandela en "O" (o similar) y reinstálelos. Si están dañadas, reemplácelas. Inspeccione las roscas de la tapa para ver si están dañadas.</p>	
<p>Verifique que el polvo químico en la parte superior del contenedor está seco. No deberían existir terrones o masa de polvo. Utilice una prueba para verificar debajo de la superficie.</p>	
<p>Limpie la rosca de la tapa y el anillo del cuello del contenedor y reinstale la tapa. La tapa debe estar ajustada para proporcionar un sello ambiental seguro.</p>	
<p>Inspeccione el adaptador en la parte superior del Contenedor del Agente y tubo de gas. Verifique que estén bien atornillados dentro del contenedor.</p>	
<p>Verifique que la boquilla de cierre de 3/4" que conecta la salida del Contenedor del Agente al cuerpo del contenedor, está sin daños y asegurada dentro del alojamiento.</p>	
<p>Separe el Conjunto de Salida destornillando la tuerca del cuerpo de la unidad.</p>	
<p>Retire el disco de estallido del conjunto de salida. Este es un Item consumible que puede esperar que se dañe durante la remoción y que se deberá reemplazar.</p>	
<p>Verifique que el polvo químico seco detrás del disco de estallido esté seco. No debería haber terrones ni masa de polvo. Utilice una prueba para verificar debajo de la superficie.</p>	

El contenedor del Agente debe ser hidro-probado cada 5 años. En ese momento el polvo químico seco A: B: C, debe ser reemplazado. El número de la serie del Contenedor del agente está estampado en la corona de la unidad.



Limpe las roscas del Conjunto de Salida e instale un nuevo disco de estallido.



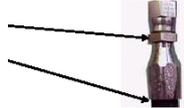
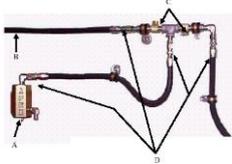
Inspeccione la condición de la arandela plana en el conjunto de salida. Si está sin daños, aplique lubricante al anillo "O" y reinstálelo. Si está dañado reemplácelo.

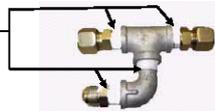
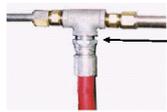


Fuente: Elaboración propia

4.3.4.3. Mangueras

Tabla 20: Guía de mantenimiento a las mangueras

MANGERAS	
<p>Verifique que los ajustes de la manguera están correctamente ensamblados a la misma. Que la boquilla coincida con la manga y Que la manga coincida con la manguera.</p> <p>Presurice las líneas de mangueras de actuación con aire seco o nitrógeno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El punto donde está conectada al actuador en la cabina y • Si el sistema incluye los actuadores remotos, presurice las líneas de actuación desde esos puntos también. <p>Mientras las líneas de actuación estén presurizadas, verifique los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que la punta de los vástagos de perforación en cada actuador esclavo se extienda por lo menos $\frac{1}{2}$" , y está afilada y sin daños. • Que las líneas de manguera no pierdan. • Que todas las válvulas de verificación estén bien orientadas, y • Que no hay ajustes de manguera flojos con pérdidas u otros daños 	  
<p>ACTUACIÓN</p> <p>Verifique que los ajustes de la manguera estén conectados en forma ajustada a los adaptadores correspondientes.</p> <p>A los conjuntos de mangueras se le deben colocar abrazaderas para evitar el contacto con otros componentes de la máquina. Soporte todos los conjuntos de mangueras con estas abrazaderas por lo menos cada 24".</p> <p>Verifique los Grommets de caucho o ajustes de mamparas, utilizado para proteger los ajustes de mangueras cuando pasan a través de mamparas de metal.</p> <p>Reemplace cualquier conjunto de manguera dañada en la medida lo posible recoloque cualquier conjunto de manguera que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se rutea a través de bordes agudos • Crea un peligro de desplazamiento • Pasa a través de un punto que lo pellizque. • O está ruteado a través de un área peligrosa. 	   

DISTRIBUCIÓN	<p>Presurice las líneas de distribución con gas nitrógeno o aire seco, y verifique que todas las mangueras de línea de entubado estén libres de polvo químico acumulado u otros residuos. Reconecte la manguera de suministro al Conjunto de Salida del Contenedor del Agente.</p>	
	<p>Inspeccione la condición de las Boquillas. Verifique que ellas están bien instaladas y orientadas a la zona de peligro. Coloque la bisagra en la tapa de la boquilla para desviar el polvo químico dentro del área protegida. Verifique la bisagra en las boquillas para ver si tienen la tensión de resorte adecuada. La boquilla no debe tener obstrucciones y libre de suciedad.</p>	 
	<p>Reemplace cualquier entubado dañado</p>	
	<p>Soporte todas las líneas de boquillas con más de 12" de largo, con abrazadera de tubo ubicada cerca de los ajustes del tubo de la boquilla.</p>	
	<p>Asegúrese que todos los ajustes de tubos y otros items con rosca (tees, acoples, etc) se atornillan juntos en forma ajustada. Todos los ajustes de cañerías se deberían envolver con cinta de teflón. Verifique que todas las mangueras de suministro y distribución o líneas de entubado, ingrese el centro de todos los tees de cañerías para asegurar la distribución adecuada de polvo.</p>	 
Fuente:	Elaboración	propia

4.3.4.4. Detección

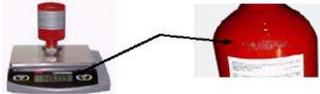
Tabla 21: Guía de mantenimiento al sistema de detección

DETECCIÓN	
<p>Verifique el voltaje en la posición 1 y 2 de la cinta terminal del CMP. Deberán ser las mismas que las registradas en la batería.</p>	
<p>Recorra el cable troncal AFEX en todo su largo y asegúrese de que está intacto, libre de abrasiones y que está protegido de bordes de metal. Utilice envolturas con las mangas para asegurar el cable en todo su largo.</p>	
<p>Verifique que la lectura de resistencia de cables del lazo de detección es de aproximadamente 4.7k ohms en el punto donde ellos se conectan a las posiciones 3 y 4 en la cinta terminal del CMP. Estas lecturas se deben tomar con las puntas de los sensores sin conectar a la cinta terminal del CMP.</p>	
<p>Conecte las puntas del arnés del squib a las terminales 5 y 6, una vez que se han obtenido las lecturas correspondientes de resistencia.</p>	
<p>Fije el temporizador de demora de descarga en "0" segundos, girando el dial en contra del sentido de las agujas del reloj. Vea página 42 para instrucciones detalladas.</p>	
<p>Caliente cada detector. Cuando utilice una antorcha de propano o una micro antorcha el detector debería cerrarse dentro de los 5 a 7 segundos.</p>	
<p>Reemplace siempre el fusible de 7.5 amp, después que se hayan completado estas pruebas.</p>	

Fuente: Elaboración propia

4.3.4.5. Cartuchos de Nitrógeno

Tabla 22: Guía de mantenimiento a los cartuchos de nitrógeno

Cartuchos de nitrógeno	
<p>Revise la fecha de fabricación estampada en el cartucho. Los cartuchos de 10 oz (PN A320000) y el de 23 pies cúbicos (PN A330000) deben ser hidro-probados cada 10 años. Los cartuchos de 1 oz (PN A320000) y de 2 oz (PN A360000), están exentos del requisito de hidro-prueba. Reemplace cualquier cartucho que esté dentro de los 6 meses de fecha del requerimiento de hidro-prueba</p>	
<p>Retire los protectores de la rosca e inspeccione el cartucho para ver si tiene cualquier daño. Verifique que la rosca no tiene daños y está cubierta por un compuesto que evite que la rosca se trabe, y que todas las calcomanías son legibles.</p>	
<p>Examine el sello en la parte superior del adaptador del cartucho. Reemplace cualquier cartucho cuyo sello haya sido perforado o esté dañado de cualquier forma.</p>	
<p>Pese el cartucho de nitrógeno y luego compare el peso real con el peso estampado en el cartucho. Reemplace cualquier cartucho cuya pérdida de peso exceda el 3% del peso cargado.</p>	
<p>Retire el Cuerno de Prueba del Arnés de Cableado del Actuador Eléctrico. Reconecte el Arnés de Cableado en el Actuador Eléctrico. Se debe deprimir totalmente la pestaña que bloquea el Arnés de Cableado al Actuador Eléctrico.</p>	
<p>Reinstale todos los cartuchos de nitrógeno. La torsión recomendada para el ajuste de estos cartuchos dentro de su actuador es de 8 a 10lb. No sobre ajuste el cartucho para evitar dañar la arandela de asentamiento de cartucho. El cartucho de nitrógeno debe estar siempre sostenido en el actuador esclavo con un perno –u de 3/8” x 4” x 5”.</p>	
<p>Coloque la etiqueta de inspección completa en su lugar</p>	

Fuente: Elaboración propia

4.4. Indicadores de seguridad en el mantenimiento

Tabla 23: Indicadores de seguridad

	ANTES	DESPUÉS
Incidentes	15	0
Reporte de actos y condiciones de seguridad	31	100

Fuente: elaboración propia

Los índices de accidentabilidad y de gravedad se mantienen en 0, esto no representa un impacto sobre la gestión del mantenimiento y lo ideal es mantenerlos así.

4.5. Indicadores del impacto del mantenimiento

Tabla 24: Indicadores del impacto de mantenimiento

OT	ANTES		DESPUÉS	
OT CORRECTIVO	48	11.65%	23	6.30%
OT PREVENTIVO	364	88.35%	342	93.70%
OT EJECUTADAS	412	100.00%	365	100.00%

Fuente: elaboración propia

En estos indicadores se puede encontrar que las órdenes de trabajo correctivas disminuyeron, y las preventivas aumentaron, esto implica una reducción de paradas de campo por trabajos correctivos.

4.6. Indicadores de la productividad del mantenimiento

Tabla 25: Indicadores de productividad del mantenimiento

FLOTA	ANTES			DESPUÉS		
	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
ACARREO	191.00	2.86	98.50%	243.86	2.13	99.11%
CARGUÍO	333.78	3.66	98.79%	335.44	2.57	99.14%
AUXILIARES	252.24	2.17	99.11%	373.10	1.71	99.32%

Fuente: Elaboración propia

En los indicadores de productividad del mantenimiento se observa que aumentó la disponibilidad del sistema contra incendios, del mismo modo que se incrementó el MTBF y se disminuyó el MTTR.

4.7. Análisis costo – beneficio de la propuesta

En este punto analizaremos el costo de la propuesta de sistema de gestión de mantenimiento del sistema contra incendios de Westfire Sudamérica en Minera Chinalco Perú, para esto se aplicará un análisis de costo – beneficio

4.7.1. Escenario Óptimo

En este escenario se observa que los costos por paradas de equipos disminuyen en un 77.82% después de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento.

4.7.1.1. Costo de inversión de la propuesta

Tabla 26: Costos de inversión proyectados de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento del sistema contra incendios.

FLUJO DE INVERSIÓN						
Descripción	AÑO: 0	AÑO: 1	AÑO: 2	AÑO: 3	AÑO: 4	AÑO: 5
Sueldo de personal técnico	\$60 000.00	\$60 000.00	\$60 000.00	\$60 000.00	\$60 000.00	\$60 000.00
Sueldo de personal administrativo	\$44 400.00	\$44 400.00	\$44 400.00	\$44 400.00	\$44 400.00	\$44 400.00
Costo de herramientas y equipos	\$3 160.80	\$150.00	\$150.00	\$150.00	\$150.00	\$150.00
Costo de Implementos de seguridad	\$2 200.20	\$2 200.20	\$2 200.20	\$2 200.20	\$2 200.20	\$2 200.20
Costo de útiles de escritorio	\$1 516.92	\$1 516.92	\$1 516.92	\$1 516.92	\$1 516.92	\$1 516.92
TOTAL GASTOS	\$111 277.92	\$108 267.12				

Fuente: Elaboración propia

4.7.1.2. Ahorro por parada de equipos

Tabla 27; Ahorro por parada de equipos en el escenario óptimo

Costo por parada de equipos		
Antes	Después	Ahorro
\$392 160.00	\$87 000.00	\$305 160.00

Fuente: Elaboración propia

4.7.1.3. Flujo de ahorro proyectado

Tabla 28: Flujo de ahorro proyectado en el escenario óptimo

FLUJO DE AHORRO PROYECTADO					
AÑO: 0	AÑO: 1	AÑO: 2	AÑO: 3	AÑO: 4	AÑO: 5
0	\$305 160.00	\$305 160.00	\$305 160.00	\$305 160.00	\$305 160.00

Fuente: Elaboración propia

4.7.1.4. Flujo de caja neto

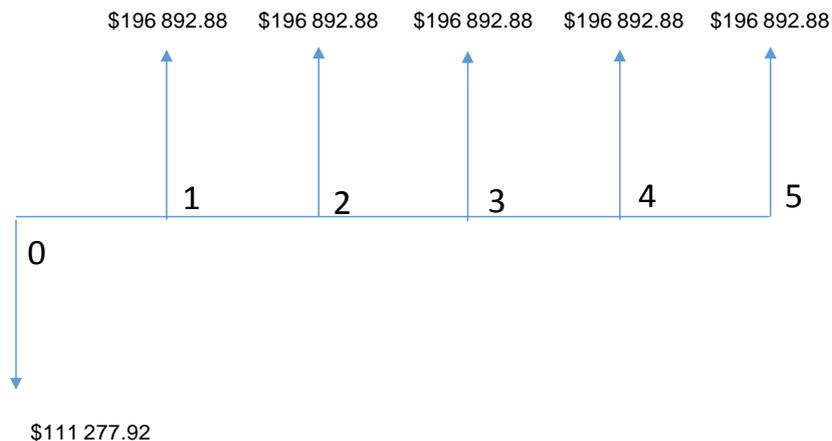
En la tabla 27 se muestra el flujo de caja de la propuesta, los cuales han sido proyectados a 5 años, determinando los costos que se pueden incurrir en el momento de la implementación.

Tabla 29: Flujo de caja neto en el escenario óptimo

FLUJO DE CAJA NETO					
AÑO: 0	AÑO: 1	AÑO: 2	AÑO: 3	AÑO: 4	AÑO: 5
-\$111 277.92	\$196 892.88	\$196 892.88	\$196 892.88	\$196 892.88	\$196 892.88

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 13: Flujo de caja neto en el escenario óptimo



Fuente: Elaboración propia

4.7.1.5. Tasa COK

Tabla 30: Cálculo de la tasa COK

Cálculo del COK		
D	Deuda	734297
C	Capital	1 864 321
Kd	Costo de deuda	18%
T	Impuesto a la renta	27%
CPPC	Costo promedio ponderado del capital	
Ke=	utilidad neta	265132
	Total patrimonio	1864321
		9.46%
COK=CPPC	$(D/D+C)*(Kd*(1-t))+(C/D+C)*(Ke)$	10.50%

Fuente: elaboración propia

4.7.1.6. Indicadores Económicos

En este escenario se puede observar que los indicadores económicos de la propuesta muestran resultados satisfactorios, obteniendo un TIR > COK y un IR > 1, es decir que por cada dólar invertido el retorno será de 7.62 dólares de rentabilidad.

Tabla 31: Indicadores económicos en el escenario óptimo

COK	10.50%
VA	\$848 215.93
VAN	S/. 736 938.01
TIR	176%
IR	8.62

Fuente: Elaboración actual

4.7.2. Escenario Optimista

En este escenario se asumirá que no se presentarán fallas en el sistema contra incendios, con lo que no se registrarán paradas de equipos. Por lo que el ahorro será del 100% con respecto al 77.82% del escenario óptimo.

4.7.2.1. Flujo de ahorro proyectado

Tabla 32: Flujo de ahorro proyectado en el escenario optimista

FLUJO DE AHORRO					
AÑO: 0	AÑO: 1	AÑO: 2	AÑO: 3	AÑO: 4	AÑO: 5
0	\$392 160.00	\$392 160.00	\$392 160.00	\$392 160.00	\$392 160.00

Fuente: Elaboración propia

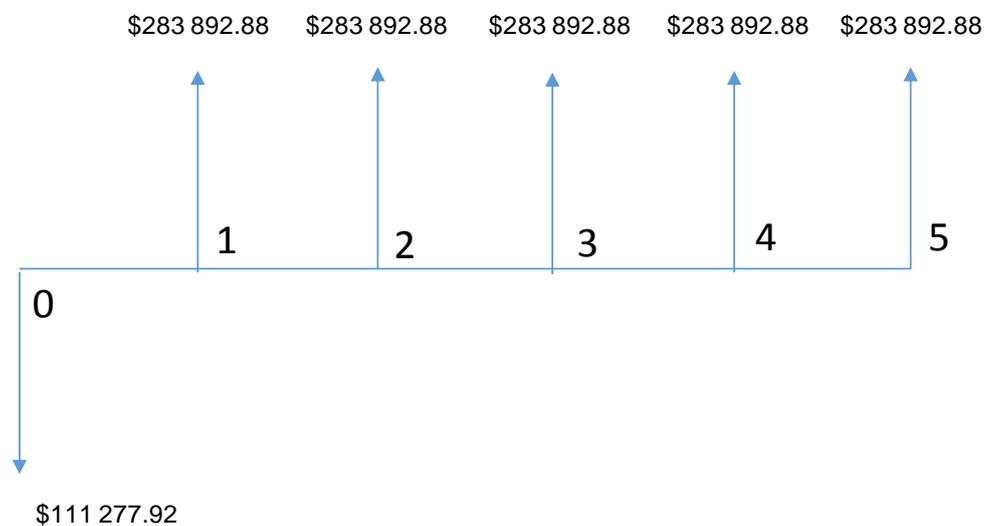
4.7.2.2. Flujo de caja

Tabla 33: Flujo de caja en el escenario optimista

FLUJO DE CAJA					
AÑO: 0	AÑO: 1	AÑO: 2	AÑO: 3	AÑO: 4	AÑO: 5
-\$111 277.92	\$283 892.88	\$283 892.88	\$283 892.88	\$283 892.88	\$283 892.88

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14: Flujo de caja en el escenario optimista



Fuente: Elaboración propia

4.7.2.3. Indicadores Económicos

En este escenario se puede ver que los indicadores económicos de la propuesta muestran resultados satisfactorios, obteniendo un TIR > COK y un IR > 1, es decir que por cada dólar invertido el retorno será de 10.55 dólares de rentabilidad

Tabla 34: Indicadores económicos del escenario optimista

COK	10.50%
VA	\$1 173 842.78
VAN	S/. 1 062 564.86
TIR	255%
IR	11.55

Fuente: Elaboración propia

4.7.3. Escenario Pesimista

En este escenario se asume que se presentarán el 50% fallas detectadas en el sistema contra incendios, con lo que no se registrarán paradas de equipos. Por lo que el ahorro será del 50% con respecto al 77.82% del escenario óptimo.

4.7.3.1. Flujo de ahorro proyectado

Tabla 35: Flujo proyectado de ahorro en el escenario pesimista

FLUJO DE AHORRO					
AÑO: 0	AÑO: 1	AÑO: 2	AÑO: 3	AÑO: 4	AÑO: 5
0	\$196 080.00	\$196 080.00	\$196 080.00	\$196 080.00	\$196 080.00

Fuente: Elaboración propia

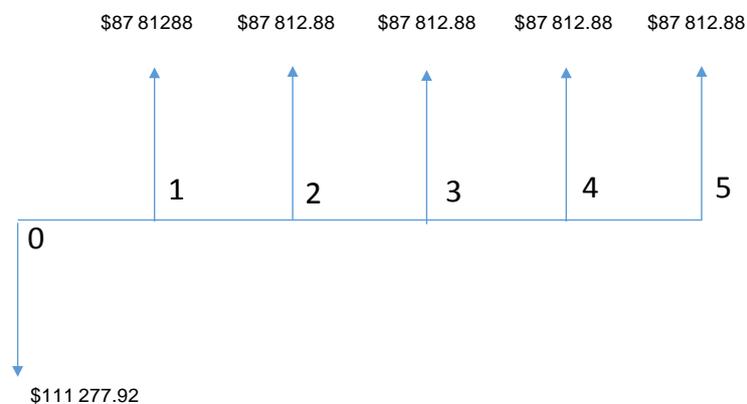
4.7.3.2. Flujo de caja

Tabla 36: Flujo de caja en el escenario pesimista

FLUJO DE CAJA NETO					
AÑO: 0	AÑO: 1	AÑO: 2	AÑO: 3	AÑO: 4	AÑO: 5
-\$111,277.92	\$87 812.88	\$87 812.88	\$87 812.88	\$87 812.88	\$87 812.88

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15: Flujo de caja en el escenario pesimista



Fuente: Elaboración propia

4.7.3.3. Indicadores económicos

En este escenario se observa que los indicadores económicos de la propuesta muestran resultados satisfactorios, obteniendo un TIR > COK y un IR > 1, es decir que por cada dólar invertido el retorno será de 3.95 dólares de rentabilidad

Tabla 37: Tabla de indicadores económicos en el escenario pesimista

COK	10.50%
VA	\$439,947.24
VAN	S/. 328,669.32
TIR	74%
IR	4.95

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

En la presente tesis se evaluó cómo la ausencia de un sistema de gestión de mantenimiento al sistema contra incendios en Minera Chinalco Perú, impacta en la productividad de éstos, la falta de medidas de control sobre las fallas del sistema trae como consecuencia las pérdidas de tiempo por paros innecesarios, incrementando el mantenimiento correctivo.

La propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento al sistema contra incendios es una oportunidad para poder mejorar la prestación de servicio al cliente y aumentar la calidad de éste. Esta propuesta representará un mecanismo por medio del cual la empresa optimizará su servicio, es decir que no tendrá paradas innecesarias de los equipos que dificulten el desarrollo y el cumplimiento de trabajos de parte de los mismos o riesgos en los operarios, ya que es fundamental para proteger los equipos de la empresa y a los operadores ante un posible amago de incendio.

Según los resultados obtenidos se puede concluir que la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento al sistema contra incendios contribuye a identificar las fallas frecuentes, para posteriormente analizarlas y buscar medidas de control que conlleven a disminuir las paradas de campo por fallas del sistema.

Los resultados que se puede obtener en la implementación de esta propuesta dependen tanto de la dirección como de la capacidad y el entusiasmo de los trabajadores a realizar las acciones propuestas.

Así, a partir de este proyecto de investigación y con una buena aplicación de la propuesta, se podrá contar con un historial de mantenimiento de cada uno de sus equipos, lo que permitirá facilitar las labores de mantenimiento, y análisis de fallas frecuentes, para poder tomar decisiones que ayuden a mejorar en forma continua.

Al recoger información sobre los problemas en el sistema contra incendios se encontró que el 11.65 % de las órdenes de trabajo eran correctivas en campo, lo que indicaba que el mantenimiento no estaba siendo el adecuado, logrando reducir las órdenes

de trabajo correctivas a un 6.30%, con lo cual se disminuyeron las paradas de campo por fallas del sistema, esto ayudó a incrementar la productividad del sistema contra incendios.

Luego de analizar la información logramos identificar los problemas más frecuentes que generaban paradas, por lo que, teniendo en cuenta el principio de Pareto, encontramos que el 20% de éstas fallas eran producidas por cables dañados, cortocircuitos, terminales eléctricos sueltos o no conexiados, línea de distribución y que éstos generaban el 80% de las paradas.

En el análisis AMFE, se identificaron los modos de falla de cada evento representativo obtenido de la información en el diagrama de Pareto, logrando así reducir los eventos más frecuentes dando como resultado disminuir las paradas de campo en un 5.35%.

En conclusión, la presente propuesta logró incrementar la disponibilidad del sistema contra incendios, el MTBF y disminuir el MTTR, consiguiendo así incrementar la productividad de los sistemas, que fue el propósito de esta investigación.

Del mismo modo el análisis económico de esta propuesta arroja como resultados, $TIR > COK$ y el $IR > 1$, con lo cual esta propuesta es viable para su implementación.

CONCLUSIONES

- Se identificaron a todos los equipos de la flota de Minera Chinalco Perú que cuentan con sistema contra incendios de Westfire Sudamérica S.R.L. los cuales se detallan en los ANEXOS 1 y 2.
- Se diseñaron los indicadores para medir la propuesta de gestión de mantenimiento los cuales se encuentran en el Capítulo 4: Resultados.
- Se identificaron las principales fallas que causan paradas de campo mediante un gráfico de Pareto. Ver punto 4.3.3.
- Se utilizó la metodología AMFE para analizar las fallas y poder establecer las causas para tomar acciones correctivas, los resultados los podemos encontrar en el punto 4.3.4.
- Se estableció un estándar de mantenimiento al sistema contra incendios el cual está detallado en el punto 4.3.5
- Se incrementó la productividad del sistema contra incendios del Westfire Sudamérica, reduciendo las órdenes de trabajo correctivas en 5.35%, obteniendo:
 - El MTBF aumentó en 58.5 horas
 - El MTTR disminuyó en 0.76 horas.
 - La disponibilidad aumentó en 0.39%
- Mediante el análisis económico se determinó viable la implementación de la propuesta ya que en todos los escenarios el $TIR > COK$ y el $IR > 1$, como se puede observar en el punto 4.7.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar la propuesta de sistema de gestión de mantenimiento.
- Se recomienda llevar un minucioso control en las actividades de mantenimiento del sistema contra incendios para obtener un amplio registro del comportamiento de los componentes y determinar en qué condiciones se encuentran los mismos, para evitar que reaparezcan las fallas identificadas en el estudio.
- Se recomienda llevar un riguroso registro de fallas, ya que ayudará a identificar los problemas recurrentes.
- Tomando como referencia los indicadores propuestos, se recomienda establecer los mismos con el propósito de evaluar el desempeño de la gestión del mantenimiento

REFERENCIAS

- Amendola, L. J. (2007). *Mantenimiento Mundial*. Obtenido de Mantenimiento Mundial: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/SBI.pdf>
- Bureau Veritas Formación. (2009). *GESTIÓN DE STOCKS*. MADRID: FUNDACIÓN CONFEMETAL.
- Castillo S., Y. A. (2014). *Monografías*. Obtenido de Monografías: <http://www.monografias.com/trabajos101/el-mantenimiento-industrial/el-mantenimiento-industrial.shtml>
- Dominguez, H. (3 de Noviembre de 2011). *Sistemas de Manufactura*. Obtenido de <https://sistemasmanufactura.wordpress.com/>
- Dounce Villanueva, E. (2007). *La productividad en el mantenimiento industrial*. México D.F.: Grupo Editorial Patria S.A.
- Gonzalez, M. (28 de Octubre de 2011). *MANTENIMIENTO 1*. Obtenido de <http://ugmamantenimiento12011.blogspot.pe/2011/10/evolucion-del-mantenimiento.html>
- HERNANDEZ, M., PIRONA, F., & TOVAR, J. (2013). *PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LAS CALDERAS ACUOTUBULARES EN EL SERVICIO AUTONOMO HOSPITAL UNIVERSITARIO DE MARACAIBO (S.A.H.U.M.)*. MARACAIBO: UNIVERSIDAD PRIVADA DR. RAFAEL BELLOSO CHACÍN.
- LICCEN, E. (2014). *PROPUESTA DE MEJORA A LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN DE LA PLANTA DE RECIRCULACIÓN N°3 Y REDES DE AGUA EN EL SISTEMA SAP DE LA EMPRESA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO "ALFREDO MANEIRO" (SIDOR CA.)*. Puerto Ordaz: INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO "SANTIAGO MARIÑO" EXTENSIÓN PUERTO ORDAZ.
- MACEDO RAMIRES, A. (2013). *MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMÁTICO PARA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD EN PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS DE MINERA YANACOCKA*. Cajamarca: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
- Martinez Salvador, J. (30 de Mayo de 2014). *Slide Share*. Obtenido de Slide Share: <http://es.slideshare.net/joelmtz14/ensayo-de-la-productividad-en-el-mantenimiento-industrial>
- Miranda Reyes, G. M. (2015). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO CORRECTIVO Y SU EFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE PARADAS NO PROGRAMADAS DE LA FLOTA DE CAMIONES CATERPILLAR 793C EN MINERA YANACOCKA SRL*. Cajamarca: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
- MURRUGARRA ALARCÓN, V. L. (2015). *ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS AL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE SUPRESIÓN DE INCENDIOS DE WESTFIRE SUDAMÉRICA, PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD*. CAJAMARCA: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
- National Fire Protection Association. (2010). *Norma para la prevención y control de incendios en minería de metal/no metálica e instalaciones de procesamiento de mineral metálico*.
- Renovetec. (2014). *Recursos Humanos y Gestión del mantenimiento*. Obtenido de Recursos Humanos y Gestión del mantenimiento: <http://www.renovetec.com/libros-gratis-cuatro/rrhh.html>
- Rey Sacristán, F. (2001). *Mantenimiento Total de la Producción (TPM)*. Madrid: FUNDACIÓN CONFEMETAL.
- Wikipedia. (14 de Setiembre de 2016). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>

ANEXOS

ANEXO 1: FLOTA PRINCIPAL DE MINERA CHINALCO PERÚ

FLOTA PRINCIPAL			
Item	MODELO	CÓDIGO	EQUIPO
Pala eléctrica			
1	7495HR	PL001	CAT
2	7495HR	PL002	CAT
Cargadores			
3	LT2350	CD101	Letourneau
4	988H	ML001	CAT
Perforadoras			
5	Pit Viper 351	PD101	Atlas Copco
6	Pit Viper 351	PD102	Atlas Copco
7	Pit Viper 351	PD103	Atlas Copco
Camiónes			
8	797F	CM101	CAT
9	797F	CM102	CAT
10	797F	CM103	CAT
11	797F	CM104	CAT
12	797F	CM105	CAT
13	797F	CM106	CAT
14	797F	CM107	CAT
15	797F	CM108	CAT
16	797F	CM109	CAT
17	797F	CM110	CAT
18	797F	CM111	CAT
19	797F	CM112	CAT
20	797F	CM113	CAT
21	797F	CM114	CAT
22	797F	CM115	CAT
23	797F	CM116	CAT
24	797F	CM117	CAT
25	797F	CM118	CAT
26	797F	CM119	CAT
27	797F	CM120	CAT

Fuente: Flota de equipos de Minera Chinalco Perú

ANEXO 2: FLOTA AUXILIAR DE MINERA CHINALCO PERÚ

FLOTA AUXILIAR			
Cisternas de agua			
1	777 F/G	CMA101	CAT
2	777 F/G	CMA102	CAT
3	777 F/G	CMA104	CAT
Cama baja			
Tractor de ruedas			
4	854K	TR001	CAT
5	854K	TR002	CAT
6	854K	TR003	CAT
7	854K	TR004	CAT
Tractor de orugas			
8	D11T	TO101	CAT
9	D11T	TO102	CAT
10	D11T	TO103	CAT
11	D10T	TO004	CAT
Excavadora			
12	390DL	EX103	CAT
Camión Lubricador			
13	740B	CL001	CAT
Motoniveladora			
14	24M	MN101	CAT
15	24M	MN102	CAT
16	24M	MN103	CAT
17	24M	MN104	CAT

Fuente: Flota de equipos de Minera Chinalco Perú

ANEXO 3: STOCK CRÍTICO

ITEM	PART NUMBER	DESCRIPCIÓN
1	A981550	ACTUADOR REMOTO C/BASE (ACTUATOR)
2	A704000	CABLE AFEX (CABLE)
3	A320000	CARTUCHO NITROGENO 1 OZ (NITROGEN, CARTRIDGE)
4	A310000	CARTUCHO NITROGENO 10 OZ (NITROGEN, CARTRIDGE)
5	A709500	INICIADOR (INITIATOR, SQUIB) (ACTUADOR ELECTRICO)
6	A725000-3	MONITOR
7	427308	Battery Shipping Assembly, SC-N / MP-N (3.6 VDC) (dual connectors)
8	71231	CABLE DE DETECCION LINEAL ANSUL: PALAS (WIRE)
9	417055	CABLE DE DETECCION PUNTUAL ANSUL: 793B (WIRE)
10	13193	CARTUCHO DE NITROGENO 1 OZ (NITROGEN, CARTRIDGE)
11	29187	CARTUCHO DE NITROGENO 10 OZ (NITROGEN, CARTRIDGE)
12	436026	DETONATOR (Protracting Actuation Device)
13	428324	DISC (Burst Disc Nipple 1 1/2 in. (LT-A-101-125/250) PQS
14	428363	DISCO RUPTURA TK 250 LB (DISC) LVS Y 30LB
15	A700110	CONECTOR DEUTCH 4 PINES COMPLETO (CONECTOR)
16	426961	LVS Suppressant, 5 gallon pail (18.9 liter)
17	53080	FORAY (Dry Chemical, FORAY, 45 lb. Pail, 36/pallet)
18	439448	Protracting Act. Device, W-Spade Conn.
19	435479	PAD ACTUATOR ELECTRIC

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 4: STOCK DE SEGURIDAD

ITEM	PART NUMBER	DESCRIPCIÓN
1	A700100-SEA	SENSOR TERMICO (SENSOR)
2	439400	Electric Manual Actuator Ship Assy
3	439560	Display Module Assembly, CHECKFIRE-210
4	439561	ICM Assembly CHECKFIRE-210
5	423504	Control Module, CHECKFIRE SC-N (Solo CHECKFIRE)
6	A116000	MECANISMO DE DISPARO (MECHANISM)
7	A551000	BOQUILLA DE DESCARGA (NOZZLE)
8	A513000	CONECTOR A BLOCK 1/2" X 90º (CONECTOR)
9	A511000	CONECTOR A BLOCK 3/4" (CONECTOR)
10	A512000	CONECTOR PORTABOQUILLA (CONNECTOR)
11	A709502	HARNESS, ASSEMBLY
12	A915040	PIN DE SEGURIDAD (PIN)
13	A724020	RESISTENCIA DE FIN DE LINEA (RESISTOR)
14	A200505	TANQUE AFEX 30 LB (TANK)
15	A401000	TUBERIA 1/2" ACERO INOX. (TUBE, STAINLESS STEEL)
16	A402000	TUBERIA 3/4" ACERO INOX. (TUBE, STAINLESS STEEL)
17	A200540	UNIVERSAL (SALIDA DE EXTINSION: NUT:SELF-LOCKING;HEXAGON)
18	A915520	VASTAGO DE ACTUADOR REMOTO (STEM)

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5: PIEZAS DE DESGASTE SEGURO

ITEM	PART NUMBER	DESCRIPCIÓN
1	A200560	DISCO DE RUPTURA (DISC)
2	A200567	DISCO DE RUPTURA BRONCE - NUEVO (DISC)
3	A110070	ORING 1/2" PARA VASTAGOS (CARTRIDGE SEAT WASHER)
4	A200545	ORING 3/4" PARA UNIVERSAL (EXTINGUISHER OUTLET SEAT WASHER)
5	A808100	PROTECTOR DE CABLE (RUBBER)
6	A110080	PRECINTO ROJO (SEGURO DE PULSADOR: SEAL)
7	A915050	STICKERS INSTRUCCIONES (LABEL:INSTRUCTIONS)
8	A915050-2	STICKERS MANTENIMIENTO
9	427308	Battery Shipping Assembly, SC-N / MP-N (3.6 VDC) (dual connectors)
10	440352	Battery Shipping Assy., CF210
11	A602000	MANGUERA 1/2" (HOSE:PREFORMED)
12	A607410	MANGUERA 1/4" (HOSE)
13	A607810	MANGUERA 3/4" (HOSE)
14	A200536	ORING CIRCULAR PARA TAPA DE TANQUE PQS
15	439438	Cable Assy, Power Circuit-2'
16	440787	Cable Assy, Power Circuit-50'
17	439426	Cable Assy, Release Circuit-30'
18	440765	Cable Assy., Linear Detector-50'
19	439480	Cable Assy., Linear Detector-10'
20	439384	Cable Assy., Detection Circuit-2'
21	439390	Cable Assy., Detection Circuit-20'

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6: MATERIALES GENÉRICOS

ITEM	PART NUMBER	DESCRIPCIÓN
1	A803300	ABRAZADERA 12" (CLAMP)
2	A803400	ABRAZADERA 16" (CLAMP)
3	A802300	ABRAZADERA 3/4" (CLAMP)
4	A803100	ABRAZADERA 6" (CLAMP)
5	A833200	ABRAZADERA 8" (CLAMP)
6	A604800	ADAPTADOR 1/4" X 90° (ADAPTER:STRAIGHT;FLANGE TO HOSE)
7	A602400	ADAPTADOR PARA FITTING GIRATORIO MACHO DE 1/2"
8	A860200	ARANDELA PLANA 1/4" (WASHER:FLAT)
9	A860400	ARANDELA PLANA 3/8" (WASHER:FLAT)
10	A860300	ARANDELA PLANA 5/16" (WASHER:FLAT)
11	A870200	ARANDELA PRESION 1/4" (WASHER:PRESSURE)
12	A870101	ARANDELA PRESION 3/16" (WASHER:PRESSURE)
13	A870400	ARANDELA PRESION 3/8" (WASHER:PRESSURE)
14	A870300	ARANDELA PRESION 5/16" (WASHER:PRESSURE)
15	A532140	CODO 1/2" x 45°
16	A532130	CODO 1/2" x 90°
17	A532000	CODO 1/4" X 90° (ELBOW)
18	A532110	CODO 1/4" X 90° (ELBOW) MACHO
19	A532120	CODO 1/4" X 90° (ELBOW) MACHO - HEMBRA
20	A535000	CODO 3/4" X 90° (ELBOW)
21	A810102	PERNO 1/2"
22	A810405	PERNO 3/8" X 1 1/4" (BOLT:MACHINE)
23	A810407	PERNO 3/8" X 1 3/4" (BOLT:MACHINE)
24	A810404	PERNO 3/8" X 1" (BOLT:MACHINE)
25	A870407	PERNO 3/8" X 2 1/2" (BOLT:MACHINE)
26	A810403	PERNO 3/8" X 3/4" (BOLT:MACHINE)
27	A810312	PERNO 5/16" X 3" (BOLT:MACHINE)
28	A810303	PERNO 5/16" X 3/4" (BOLT:MACHINE)
29	A810101	PERNO 5/32" X 1 1/2"
30	A825102	PERNO AUTORROSCANTE 1/4" X 1" (BOLT:THREAD)
31	A806010	SOPORTE 1/4" X 1" (SUPPORT)
32	A806040	SOPORTE 3/8" X 1 1/2" (SUPPORT)
33	A806030	SOPORTE 3/8" X 3/4" (SUPPORT)
34	A806020	SOPORTE 5/16" X 1" (SUPPORT)
35	SL0210-00183	Pernos 1/2" x 1"
36	SL0210-00020	Arandela plana 1/2"
37	SL0210-00021	Arandela presión 1/2"
38	A521000	TEE (TEE 3/4")
39	A523520	TEE 1/4" (TEE) HEMBRA
40	A523510	TEE 1/4" (TEE) MACHO
41	A522500	TEE 3/4" X 1/2" X 1/2"
42	A705500	TERMINAL OJAL 3/8" (TERMINAL:EYE)

Fuente:

Elaboración

propia

ANEXO 7: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIONES DEL SISTEMA CONTRA													
	EQUIPO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
1	CM101	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP
2	CM102	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP
3	CM103	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP
4	CM104	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP
5	CM105	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP
6	CM106	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP
7	CM107	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP
8	CM108	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP
9	CM109	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP
10	CM110	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP
11	CM111	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP
12	CM112	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP
13	CM113	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP
14	CM114	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP
15	CM115	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP
16	CM116	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP
17	CM117	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP
18	CM118	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP

19	CM119	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP
20	CM120	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP
21	CMA101	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP
22	CMA102	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP
23	CMA104	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP
24	PL001	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP
25	PL002	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP
26	CD101	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP
27	ML001	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP
28	PD101	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP
29	PD102	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP
30	PD103	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP
31	TR001	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP
32	TR002	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP
33	TR003	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP
34	TR004	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP
35	TO101	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP
36	TO102	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP
37	TO103	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP
38	TO004	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP
39	EX103	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP
40	CL001	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP

41	MN101	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP
42	MN102	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP
43	MN103	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP
44	MN104	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP	INSP	INSP	INSP	MTTO	INSP	INSP

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8: Norma para prevención y control de incendios en minería de metal/no metálica e instalaciones de procesamiento de mineral metálico

1. Capítulo 4 General Fuente especificada no válida.

1.1. General

1.1.1. Las previsiones del capítulo 4 deben aplicar a todas las minas subterráneas y de superficie metálicas o no metálicas y a las plantas de procesamiento en superficie de mineral metálico, sujetas a limitaciones de alcance.

1.2. Limpieza General

1.2.1. No debe permitirse la acumulación de vertimientos, fugas, excesos de lubricantes y materiales combustibles tales como desperdicios empapados en aceite, basura, y acumulación de detritos ambientales en cantidades que podrían crear un peligro de incendio.

1.2.2. Deben proveerse receptáculos de metal aprobados donde desperdicios empapados en aceite o basura no sean retirados inmediatamente a un lugar seguro para disposición.

1.2.3. Deben incluirse procedimientos escritos y prácticas para identificar y prevenir fugas y escapes accidentales de líquidos inflamables o combustibles durante operaciones de mantenimiento.

1.2.4. Deben limpiarse a fondo los derrames de líquidos inflamables o combustibles.

1.2.5. Deben proveerse medios para disponer de las fugas o derrames donde sean usados o manejados líquidos inflamables o combustibles.

1.2.6. Deben mantenerse libres de obstrucciones las rutas de acceso para permitir la entrada y uso del equipo de protección de incendios.

1.3. Control de fuentes de ignición

1.3.1. Deben prohibirse fumar y las llamas abiertas en áreas o instalaciones donde existan peligros de incendios o explosión.

1.3.2. Deben fijarse en forma visible señales de advertencia prohibiendo fumar y las llamas abiertas.

1.4. Trabajo en caliente

- 1.4.1. El trabajo en caliente debe ser concordante con NFPA 51B, *Standard for Fire Prevention During Welding, Cutting, and other hot Work*
- 1.4.2. Los gases comprimidos usados para trabajo en caliente deben almacenarse en concordancia con el capítulo 4 de NFPA 51, *Standard for Design and Installation of Oxygen – Fuel Gas Systems for Welding, Cutting and Allied Processes*
- 1.4.3. Debe desarrollarse un sistema de permisos de trabajo en caliente para todas las áreas de la mina e instalaciones de procesamiento de metal de superficie donde sea realizado trabajo en caliente fuera de las áreas seguras designadas.
- 1.4.4. El trabajo en caliente debe ser realizado solo por personal que haya sido bien entrenado en precauciones y procedimientos de seguridad para estas operaciones
- 1.4.5. Antes de que el trabajo en caliente sea realizado, debe garantizarse su aprobación previa por el superintendente de la mina/planta o agente designado.
- 1.4.6. Debe someterse a mantenimiento todo el equipo para el trabajo en caliente a fin de garantizar que está en condiciones apropiadas.
- 1.4.7. Debe instalarse un arrestador de retroceso de llama a la salida de cada regulador de presión en los cilindros de gas inflamable comprimido
- 1.4.8. Cuando no esté en uso, la válvula del cilindro de gas comprimido debe estar cerrada.
- 1.4.9. Debe usarse por el personal equipo de protección personal apropiado, incluidos guantes, gafas y caretas soldadoras, durante la operación de trabajo en caliente.
- 1.4.10. Los materiales combustibles tales como aceite, grasa, madera, o cajas de cartón grueso y trapos a una distancia de 4.6m (15 pies) o menos del trabajo en caliente deben ser retirados, cubiertos o humedecidos antes de iniciar esta clase de trabajo.
- 1.4.11. El trabajo en caliente no debe realizarse a una distancia menor de 15,24m (50 pies) de explosivos, agentes de voladura, o áreas de almacenaje de combustible para la mina, a menos que esté separado por una barrera apropiada no combustible.
- 1.4.12. Antes de iniciar el trabajo en caliente, las cajas de engranajes abiertas u otros componentes de maquinaria expuestos que contienen lubricantes ubicados a una distancia menor a 4.6m (15 pies), deben cubrirse con material no combustible.
- 1.4.13. Deben instalarse barreras no combustibles por debajo de operaciones de trabajo en caliente que están siendo realizadas en o sobre ejes, silos, o recipientes y aberturas similares que están construidas de o contengan materiales combustibles o gases inflamables.
- 1.4.14. Deben cubrirse en forma ajustada las aberturas o grietas en muros, particiones, cubiertas de pisos, o ductos, para evitar el paso de chispas a áreas adyacentes.

- 1.4.15. Donde es hecho un trabajo en caliente, deben tomarse precauciones para evitar la ignición de combustibles al otro lado del muro, partición, cielo raso, o techo de metal, debido a la conducción térmica por radiación.
- 1.4.16. Deben instalarse barreras no combustibles por debajo de operaciones en caliente que estén siendo realizadas sobre tanques de residuos vacíos abiertos o equipo de proceso revestido con caucho, plástico u otro recubrimiento combustible.
- 1.4.17. En trabajos en caliente, el revestimiento o los envases construidos en caucho o plástico, el equipo de proceso, o la tubería deben ser claramente rotulados usando letreros o placas advirtiendo el peligro de incendio.
- 1.4.18. El sistema de permisos para trabajo en caliente debe incluir un texto de advertencia explícita de los peligros para el equipo construido o revestido en caucho y plástico y las precauciones específicas a ser tomadas.
- 1.4.19. El trabajo en caliente no debe realizarse en presencia de atmósferas que contienen mezclas inflamables de gases, vapores o líquidos con aire, o mezclas combustibles de polvo en suspensión con aire.
- 1.4.20. El trabajo en caliente no debe realizarse en o dentro de contenedores que han contenido combustible o materiales inflamables hasta que tales contenedores o tanques hayan sido totalmente purgados y limpiados o inertizados.
- 1.4.21. Antes de realizarse el trabajo en caliente, debe estar disponible en el sitio una línea de manguera cargada con agua o un extintor portátil de químico seco multipropósito que tenga una capacidad nominal mínima de 9,1kg (20lb)
- 1.4.22. Durante operaciones de trabajo en caliente debe hacerse inspecciones que identifiquen peligros como chispas material humeante sin llama e incendios.
- 1.4.23. Donde el trabajo en caliente es realizado cerca de materiales combustibles que no pueden ser retirados o protegidos, un vigilante de incendios entrenado y equipado con dispositivos de extinción debe estar presente para evitar incendios durante y después de las operaciones de trabajo en caliente.
- 1.4.24. Donde sea requerido un vigilante de incendios, debe hacerse una inspección del área, incluidos todos los niveles o pisos arriba y abajo y el vigilante debe ser mantenido por un mínimo de 30 minutos después de finalizadas las operaciones de trabajo en caliente para detectar y extinguir brasas combustibles.
- 1.4.25. Los vigilantes de incendios deben estar familiarizados con la ubicación de la alarma de incendios y procedimientos para hacerla sonar en el evento de un incendio.
- 1.4.26. Deben hacerse pruebas de concentración de metano y otros gases inflamables antes de trabajar en caliente en cualquier área donde éstos podrían estar presentes.

1.4.27. No debe permitirse iniciar o continuar el corte o soldadura a menos que la concentración del gas inflamable sea menor a 25% del límite inferior explosivo.

1.5. Mantenimiento

1.5.1. El operador debe establecer un programa de mantenimiento que asegure que el equipo está trabajando apropiadamente.

1.5.2. Todo equipo y maquinaria de manejo y concentración de mena debe mantenerse de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes.

1.6. Inspección, mantenimiento y Prueba de Equipo de Protección de incendios

1.6.1. Los extintores portátiles deben ser inspeccionados probados y mantenidos de acuerdo con NFPA 10, *Standard for Portable Fire Extinguishers*.

1.6.2. Cualquier sistema de supresión de incendios debe ser inspeccionado, probado, y mantenido de acuerdo con las normas NFPA aplicables para el tipo de sistemas.

2. Equipo de detección y supresión de incendios Capítulo 6 Fuente especificada no válida.

2.1. Extintores de incendio portátiles.

2.1.1. Requerimientos generales, todas las áreas o equipos del proceso en minas subterráneas o de superficie y plantas de procesamiento de mineral metálico donde estén presentes materiales combustibles, procesados o manipulados, deben estar protegidos con extintores portátiles de incendio multipropósito probados que cumplan con NFPA 10, *Standard for Portable Fire Extinguishers*

2.1.2. El número de estos extintores, su tipo, tamaño, y distribución deben estar de acuerdo con NFPA 10, *Standard for Portable Fire Extinguishers*, excepto que los extintores deben tener una capacidad nominal de agente de 4.5kg (10lb) o mayor y una clasificación mínima de 4 – A: 10 – B:C

2.1.3. Debe permitirse el uso de en peligros eléctricos de extintores que emplean agentes que tienen una clasificación B: C.

2.1.4. Al menos un extintor de incendios portátil manual que tenga una capacidad nominal de 9.1kg (20lb) o mayor y una clasificación nominal 10 A:60 B:C debe ser ubicado

fuera de, pero a no más de 3m (10 pies), de la abertura dentro de cada almacenaje o área de suministro de líquido inflamable y combustible y taller de mantenimiento.

- 2.1.5.** Donde son provistos extintores portátiles dentro del almacenaje o áreas de distribución de líquido inflamable y combustible y talleres de mantenimiento, la distancia de recorrido hasta un extintor portátil no debe exceder 9.1m (30 pies)

2.2. Sistema de mangueras manuales.

- 2.2.1.** Como está determinado por la evaluación de riesgos de incendio, todas las áreas o equipos de proceso en minas subterráneas y de superficie y plantas de procesamiento de mineral metálico donde estén presentes materiales y líquidos combustibles, o existan otros peligros de incendio, deben ser protegidas con sistemas aprobados de mangueras manuales.
- 2.2.2.** Los sistemas de mangueras manuales deben ser instaladas de acuerdo con NFPA 14, *Standard for the installation of standpipe and hose systems*, y deben tener un diámetro mínimo de 38mm (1 ½ pulg.) revestida o de 25mm (1 pulg.) en caucho duro.
- 2.2.3.** Cuando los sistemas rociadores automáticos son abastecidos a través de sistemas montantes para líneas de manguera manuales, deben hacerse cálculos hidráulicos para asegurar que la tubería y suministro de agua podrán abastecer simultáneamente las demandas de la manguera y los rociadores automáticos.
- 2.2.4.** Las estaciones de mangueras en galerías de cintas transportadoras deben ser provistas con mangueras que tengan una longitud igual a la distancia entre las conexiones de suministro de agua.

2.3. Detección de incendio.

- 2.3.1.** Debe permitirse el uso de detectores de incendio para iniciar alertas audibles o visuales, la activación automática de un sistema de supresión de incendios, el equipo de parada de emergencia, o cualquier combinación de ellos.
- 2.3.2.** En plantas de superficie para concentración de mineral, deben ser instalados y probados sistemas de detección de incendio y su equipo apropiado, de acuerdo con NFPA 72, *National Fire Alarm and Signaling Code*.
- 2.3.3.** Los sistemas de detección de incendios en minas subterráneas y sobre equipo móvil y auto – propulsado de superficie deben ser probados de acuerdo con NFPA 72, *National Fire Alarm and Signaling Code*.

- 2.3.4. Los detectores de incendio deben estar listados para su aplicación.
- 2.3.5. La compartimentación del equipo y el tamaño y contornos de los espacios, el patrón de aire, las obstrucciones y otras características del área protegida deben determinar la ubicación, tipo, sensibilidad, durabilidad y donde sea aplicable, el número de detectores.
- 2.3.6. Las pruebas de un detector no requieren la descarga del sistema de supresión de incendios sobre el equipo con motor diésel subterráneo o móvil auto – propulsado de superficie.
- 2.3.7. Cualquier equipo encontrado deficiente debe ser separado o reemplazado y el sistema vuelto a probar para determinar la fiabilidad de su operación, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- 2.3.8. El operador de la mina, superintendente de planta o designado, debe tener una copia del manual de instalación y mantenimiento que describa la operación del sistema de detección y el mantenimiento requerido.

2.4. Equipo de supresión de incendios.

- 2.4.1. Los equipos de supresión de incendios deben ser instalados, probados y mantenidos de acuerdo con NFPA 25, *Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water – Based Fire Protection Systems*; NFPA 11, *Standard for Low, Medium, and High – Expansion Foam*; NFPA 12, *Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems*, NFPA 12A, *Standard on Halon 1301 Fire Extinguishing Systems*; NFPA 16, *Standard of the Installation of Foam – Water Sprinkler and Foam – Water Spray Systems*; y NFPA 17, *Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems*.
- 2.4.2. La prueba no debe requerir la descarga del agente supresor a menos que no haya una manera satisfactoria bajo la cual la confiabilidad e integridad del sistema pueda ser verificada.
- 2.4.3. El operador de la mina, superintendente de planta, o un designado, debe tener una copia del manual de instalaciones y mantenimiento o manual que describa la operación del sistema de supresión, el mantenimiento requerido y su recarga.
- 2.4.4. Deben tomarse previsiones para salvaguardar contra una activación accidental el sistema de supresión de incendios, donde descargas inadvertidas de éste durante el servicio podrían resultar en lesiones para el personal.

3. Prevención y Protección de Incendio en Equipo Minero de Superficie Capítulo 12 Fuente especificada no válida.

3.1. General: Este capítulo debe cubrir camiones remolque, cargadores frontales, bulldozers, niveladoras, raspadores, taladros barrenadores para voladura, palas mecánicas, excavadores hidráulicos y de rueda de canchales, dragas con cable de arrastre, y otro equipo móvil y auto – propulsado.

3.2. Prevención de Incendio: las prácticas de reducción del riesgo deben seguir los principios de minimización de las fuentes de ignición y reducción de la explosión de materiales combustibles a tales fuentes.

3.2.1. Limpieza general

3.2.1.1. No debe permitirse la acumulación de derrames, fugas, exceso de lubricantes y materiales combustibles tales como desperdicios empapados de aceite, basuras, y depósitos ambientales de fragmentos de roca, arena, tierra y a veces materia orgánica en una masa heterogénea y en cantidades que podrían crear un peligro de incendio.

3.2.1.2. Deben proveerse receptáculos de metal aprobados donde desperdicios empapados en aceite o basura no sean retirados inmediatamente a un lugar seguro para su disposición.

3.2.1.3. El almacenaje y manejo de líquidos inflamables o combustibles sobre o dentro del equipo debe estar de acuerdo con el capítulo 17 de NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code*.

3.2.1.4. En el aprovisionamiento minero, el acceso al equipo de protección contra incendios debe mantenerse libre de obstrucciones.

3.2.1.5. Inspección y Mantenimiento de equipo: deben ser inspeccionados y mantenidos de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes, partes hidráulicas, refrigerante, líneas de lubricación y combustible, cableado eléctrico, y dispositivos de prevención de incendios.

3.3. Protección contra incendios

3.3.1. Para los propósitos de esta norma, la protección contra incendio debe ser definida en un amplio sentido incluyendo detección y supresión de incendios.

3.3.2. Los sistemas de supresión del incendio deben incluir químicos secos, gases, agua nebulizada, espuma o rociadores.

3.3.3. Los sistemas de supresión y alarma contra incendio deben ser instalados de acuerdo a las normas NFPA aplicables.

3.3.4. Extintores de incendio portátiles

3.3.4.1. Todo el equipo diésel móvil y auto – propulsado debe equiparse con al menos un extintor de polvo químico seco multipropósito (ABC) listado que tenga una clasificación mínima de 4-A: 60-B: C y una capacidad nominal o mayo de 4,5kg (10lb.) de agente extintor.

3.3.4.2. La evaluación del riesgo de incendio debe usarse para determinar si son necesarios extintores más grandes o adicionales.

3.3.4.3. El agente extintor de incendio aplicado por extintores manuales a peligros que involucran equipo eléctrico energizado debe ser no conductivo.

3.3.4.4. Los extintores de incendio portátiles deben ser mantenidos de acuerdo con NFPA 10, *Standard for Portable Fire Extinguishers*, y permanecer todo el tiempo en sus lugares asignados.

3.3.4.5. Los extintores de incendio portátiles deben estar ubicados en cada vehículo y ser accesibles.

3.3.4.6. En áreas donde la obstrucción a la observación visual no puede ser completamente evitada, deben proveerse señales visibles para indicar la ubicación de los extintores portátiles de incendio.

3.3.4.7. Los extintores instalados bajo condiciones en las que pueden estar sujetos a daño físico deben ser resguardados para protegerlos de tal contingencia.

3.3.4.8. La instalación de un sistema de supresión de incendio en forma automática o manual no elimina el requerimiento de extintores de incendio portátiles.

3.3.4.9. Los extintores de incendio portátiles deben ser inspeccionados, mantenidos y recargados como está especificado en NFPA 10, *Standard for Portable Fire Extinguishers*, Capítulo 7, y por lo siguiente.

- Los extintores de incendio portátiles deben ser inspeccionados visualmente al menos mensualmente.
- La inspección visual debe asegurar lo siguiente:
 - Que el extintor está en su sitio asignado.
 - Que los sellos de alteración están intactos.
 - Que el manómetro del extintor está en el rango de operación (si el extintor es del tipo de presión almacenada.)

- Que no hay daño físico obvio o condición que podría afectar su operación apropiada.
- Los extintores encontrados defectuosos o deficientes durante la inspección visual, deben ser reemplazados.
- Los extintores deben estar sujetos a examen de mantenimiento al menos una vez cada año.
- Los procedimientos de mantenimiento deben incluir un examen completo de los extintores, incluyendo las partes mecánicas, el agente extintor y el gas expelente.
- Cualquier problema o deterioro debe ser corregido.
- Todos los extintores deben ser recargados después de usados de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes.
- Cada extintor debe tener una tarjeta fijada permanentemente sobre la cual debe registrarse la fecha de inspección.

3.3.4.10. Los extintores portátiles deben probarse hidrostáticamente a intervalos que no excedan aquellos especificados en NFPA 10, *Standard for Portable Fire Extinguishers Capítulo 8*

3.3.5. Dragas con cable de Arrastre, Excavadoras con Rueda de Canjilones, y Cargadores Frontales Eléctricos.

3.3.5.1. Área del pasador central/anillo colector.

3.3.5.1.1. Un sistema automático de supresión de incendio debe instalarse en el área del pasador central/anillo colector.

3.3.5.1.2. Un sistema automático de supresión de incendio debe instalarse en el área del anillo de engranaje de los cargadores frontales.

3.3.5.1.3. Una alarma audible y visual del sistema de supresión debe ser transmitida a la cabina del operador.

3.3.5.1.4. Debe proveerse un activador manual exactamente fuera del área del pasador central/anillo colector.

3.3.5.2. Propulsor y nivelador hidráulico

3.3.5.2.1. Un sistema automático de supresión de incendio debe instalarse en el área de la bomba hidráulica.

3.3.5.2.2. El sistema debe enviar alarmas audible y visual a la cabina del operador.

3.3.5.2.3. Debe ubicarse un activador manual justo fuera del área del compartimiento hidráulico.

3.3.5.3. Bombeo y almacenaje de aceite lubricante.

3.3.5.3.1. Los sistemas automáticos de aceite lubricante que están ubicados en un cuarto separado deben estar provistos de un sistema automático de supresión de incendio.

3.3.5.3.2. El sistema debe enviar una alarma audible y visual a la cabina del operador.

3.3.5.3.3. Debe ubicarse un activador manual justo fuera del cuarto de aceite lubricante.

3.3.5.3.4. Los cuartos de aceite lubricante deben tener puertas de cierre automático o en su defecto, ellas estarán provistas de un enclavamiento para cerrarlas por activación del sistema de supresión de incendio.

3.3.5.4. Transformadores

3.3.5.4.1. Los transformadores cargados de aceite ubicados en la sección posterior, cuartos cerrados, u otras localizaciones inaccesibles, deben estar provistos de un sistema automático de supresión de incendio.

3.3.5.4.2. El sistema debe transmitir una alarma audible y visual a la cabina del operador.

3.3.5.4.3. Debe ubicarse un activador manual justo fuera del área del transformador.

3.3.5.4.4. Los transformadores ubicados en áreas diferentes a aquellas listadas, deben estar protegidos con un extintor de incendio clase B:C de 45,4kg (100lb) como mínimo.

3.3.5.5. Cuarto o cabina eléctrica

3.3.5.5.1. Los cuartos eléctricos encerrados deben ser protegidos con un agente extintor gaseoso de inundación total o sistema de supresión de incendio equivalente.

3.3.5.5.1.1. Los sistemas de extinción gaseosos deben ser instalados en concordancia con NFPA 2001, *Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems*.

- 3.3.5.5.1.2. El sistema de extinción gaseoso debe activarse por un sistema de detección de humo, ultravioleta/infrarrojo (UV/IR), o calor, y enviar una alarma audible y visual a la cabina del operador.
- 3.3.5.5.1.3. El sistema de ventilación debe estar enclavado al sistema gaseoso de extinción para que se detenga a la primera detección.
- 3.3.5.5.1.4. El cuarto debe sellarse para mantener la concentración gaseosa extintora de diseño.
- 3.3.5.5.2. Los cuartos eléctricos deben mantenerse a una presión positiva para reducir la posibilidad de entrada de polvo a su interior.
- 3.3.5.5.3. Las cabinas eléctricas deben protegerse con un sistema de supresión gaseoso.
 - 3.3.5.5.3.1. El sistema debe ser instalado de acuerdo con NFPA 2001, *Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems*.
 - 3.3.5.5.3.2. El sistema debe activarse por un sistema de detección de humo, ultravioleta/infrarrojo (UV/IR), o calor, y enviar una alarma audible y visual a la cabina del operador.
- 3.3.5.6. Equipo manual de extinción
 - 3.3.5.6.1. Extintores de un mínimo de 45.4kg (100lb.) tipo ABC, deben permanecer accesibles a las personas en la cubierta principal de la draga con cable de arrastre.
 - 3.3.5.6.2. La ubicación y número de extintores debe ser determinado por aquello que sea práctico para la máquina.

3.3.6. Excavadoras Diésel/Hidráulicos.

- 3.3.6.1. Un sistema automático de supresión de incendio debe proveerse en frente de las bombas hidráulicas y compartimiento de la máquina.
 - 3.3.6.1.1. Debe ser provisto un sistema de agente dual, para los sistemas hidráulicos oír encima de los 567,8L (150 gal) en las líneas.
 - 3.3.6.1.2. Un activador manual debe ser ubicado en la cabina del operador y en los medios de salida de la máquina.
- 3.3.6.2. La máquina debe tener un enclavamiento para que se detenga al descargar el sistema de extinción.
- 3.3.6.3. Deben proveerse medios para aliviar automáticamente la presión hidráulica a la descarga del sistema de extinción.

- 3.3.6.4.** Debe proveerse adecuada protección de resistencia al fuego en las mangueras hidráulicas, el tubo cargador y el múltiple de distribución de la máquina para prevenir la aspersión del fluido hidráulico sobre partes mecánicas calientes.
- 3.3.6.5.** El cableado eléctrico de detección del fuego dentro de áreas de incendio peligrosas, tales como compartimientos de baterías de la máquina, y similares, deben estar equipadas con un maguito resistente al fuego.
- 3.3.6.6.** Las líneas de activación de la supresión del fuego dentro de áreas de incendio peligrosas, deben estar equipadas con un manguito resistente al fuego.

3.3.7. Equipo Móvil

3.3.7.1. Extintores de incendio portátiles

3.3.7.1.1. Todo el equipo minero auto – propulsado de superficie, incluido, pero no limitado a buldózers, cargadores frontales, camiones remolque, grúas, niveladoras, raspadores, taladros, palas mecánicas y equipo móvil diésel y eléctrico, debe estar equipado con al menos un extintor de químico seco multipropósito (ABC) listado que tenga una capacidad nominal de 4.5kg (10lb.) de agente extintor

3.3.7.2. Detección de incendio

3.3.7.2.1. Debe permitirse el uso de detectores de incendio para iniciar una alerta audible o visual, activación automática de un sistema de supresión de incendio o parada de emergencia del equipo.

3.3.7.2.2. Los detectores de incendio deben ser probados y listados para la aplicación.

3.3.7.2.3. El tamaño y contorno de los compartimientos, los patrones de flujo de aire, obstrucciones y otras características del área protegida deben determinar la ubicación, tipo, sensibilidad, durabilidad y, donde es aplicable, número de detectores.

3.3.7.2.4. Todos los sistemas de detección de incendios y equipo aplicable deben probarse después de instalados de acuerdo con NFPA 72, *National Fire and Signaling Code*, y las normas sobre sistemas de supresión de incendios.

3.3.7.2.4.1. Para pruebas no debe ser necesario requerir la descarga de ningún sistema asociado con la supresión de incendio.

3.3.7.2.5. Al menos cada seis meses, todos los sistemas de detección de incendios, incluidas alarmas, paradas de emergencia, y otro equipo asociado, deben ser totalmente examinados y revisados para verificar su apropiada operación en concordancia con las recomendaciones de los fabricantes.

- 3.3.7.2.5.1.** Debe repararse cualquier deficiencia encontrada en el equipo o en su defecto reemplazarse y probarse nuevamente la operación del sistema, en concordancia con las instrucciones del fabricante.
- 3.3.7.2.6.** Entre inspecciones o pruebas de mantenimiento, el sistema debe ser examinado visualmente, en concordancia con una programación aprobada obligada por las condiciones, como lo determine el operador de la mina.
- 3.3.7.3.** Sistemas de supresión fijos. Los camiones de acarreo con una capacidad por encima de 77 toneladas métricas (85 ton) deben tener un sistema fijo de supresión de incendio que proteja el compartimiento de la máquina, la bomba hidráulica y otras áreas peligrosas.
- 3.3.7.3.1.** Otro equipo minero grande tal como, pero no limitado a, buldózers, cargadores frontales, taladros, niveladoras y palas de arrastre, deben tener un sistema fijo de supresión de incendio que proteja el compartimiento de la máquina, la bomba hidráulica y otras áreas peligrosas.
- 3.3.7.3.2.** El equipo minero que requiere un dispositivo de supresión de incendio debe estar protegido con un sistema para sofocar incendios potenciales en las áreas protegidas y que cumpla con lo siguiente.
- El sistema de supresión de incendio debe estar listado o aprobado para el propósito propuesto.
 - Donde es instalado, el equipo debe ser ubicado o resguardado de modo que esté protegido contra el daño físico.
 - Los sistemas de supresión de incendio deben activarse automáticamente.
 - Los sistemas activados automáticamente deben también tener un activador manual capaz de ser operado desde el compartimiento del operador u otra ubicación.
 - La manguera o tubería de distribución de agente debe estar asegurada y protegida contra daño, incluida la corrosión y abrasión.
 - Excepto para sistemas de rociadores automáticos, las boquillas de descarga deben protegerse contra la entrada de desechos ambientales, incluyendo humedad, polvo, suciedad, o insectos, con tapas desprendibles u otros dispositivos o materiales similares.
 - Excepto en sistemas de rociadores automáticos, las tapas de las boquillas deben desprenderse con la descarga del sistema.

- El sistema de supresión de incendio debe instalarse de modo que su activación cause la parada de emergencia del equipo protegido.
- Deben incluirse hasta 30 segundos de retardo en el diseño del sistema de enclavamiento para que el operador mantenga el control del equipo.

3.3.7.3.3. Debe ser provista una fuente de reserva de energía cuando la fuerza eléctrica sea el único medio de activación del sistema de supresión de incendio.

3.3.7.3.4. Todo el equipo y sistemas de supresión de incendio deben probarse después de su instalación de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes o diseñadores.

3.3.7.3.4.1. La prueba no debe requerir la descarga del supresor a menos que no haya otra manera de verificar la confiabilidad e integridad del sistema.

3.3.7.3.5. Para todo equipo de supresión de incendio, debe ser provisto un procedimiento de instalación y manutención o el manual del propietario que describa los requerimientos de operación y mantenimiento del sistema.

3.3.7.3.6. Para una operación apropiada, de conformidad con los procedimientos y programas de inspección y mantenimiento recomendados por los fabricantes o diseñadores, sin exceder cada seis meses, todos los sistemas de supresión de incendios, incluidas alarmas, paradas de emergencia, y otro equipo asociado, deben ser completamente examinados y revisados por personal competente.

3.3.7.3.6.1. Para una operación apropiada, cualquier equipo encontrado deficiente debe ser reparado o reemplazado, y el sistema probado nuevamente.

3.3.7.3.6.2. Entre revisiones o pruebas regulares de mantenimiento, el sistema debe ser inspeccionado visualmente, en concordancia con el programa recomendado por el fabricante o diseñador.

3.3.7.3.6.3. Las pruebas deben hacerse de acuerdo con las normas NFPA aplicables.

3.3.7.3.7. Los sistemas de supresión de incendios deben mantenerse todo el tiempo en condiciones de operación.

3.3.7.3.8. El uso, deterioro, y restauración del sistema debe ser reportado al operador de la mina.

3.3.7.3.9. Todas las personas de las que puede esperarse que inspeccionen, prueben, mantengan, u operen un sistema de supresión de incendio deben ser entrenadas para realizar las tareas esperadas.

- 3.3.7.3.10.** Donde una descarga inadvertida del sistema de supresión de incendio durante el servicio, pudiera resultar en lesiones para el personal, deben tomarse previsiones para evitar su activación accidental.
- 3.3.7.3.11. Todos los operadores, supervisores, y personal de mantenimiento del equipo auto – propulsado y móvil, deben ser entrenados en el uso del equipo de supresión de incendio.

Fuente: NFPA 122