

Actualización de una mina a cielo abierto al reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) aplicando la metodología del project management institute.

Sergio Andrés Cruz Almeida

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Electricista

Director

Hermann Raúl Vargas Torres

Doctor en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones E3T

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

A mis padres Irma y José Vicente, quienes me impulsan a ser mejor cada día motivándome a conseguir mis sueños y proyectos de vida, me ayudan a levantarme en mis momentos de caída. Siendo siempre mi apoyo y mi refugio en la vida.

A mis hermanos, con quienes siempre he contado incondicionalmente, brindando su apoyo.

A mis familiares con quienes siempre cuento para cualquier situación siempre brindando más de lo que puedan dar.

Agradecimientos

Al profesor Hermann Raúl Vargas, mi director, quien siempre estuvo dispuesto a guiarnos en la elaboración de este documento. A todos los docentes de la escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones, quienes con sus clases maravillosas nos compartieron sus conocimientos y experiencias profesionales para seguir trabajando.

Tabla de contenido

1	Planteamiento del problema	12
2	Objetivos	13
2.1	Objetivo General	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	Pautas, guías y metodologías propias de la metodología de Project Management Institute aplicables al proyecto de la actualización de la Mina a Cielo abierto.	14
3.1	Generalidades.	14
3.1.1	Acerca de proyectos.	14
3.1.2	Dirección de proyectos.....	14
3.1.3	Ciclo de vida del proyecto.....	15
3.1.4	Áreas de conocimiento de la dirección de proyectos	16
3.1.5	Grupos de conocimiento de la dirección de proyectos.....	17
4	Información correspondiente a la Mina a Cielo Abierto.....	22
4.1	Proceso de explotación y extracción de la mina a cielo abierto a actualizar.	22
4.1.1	Problemática de la mina a cielo abierto	23
4.2	Maquinaria necesaria para la actualización de la instalación de la Mina a Cielo Abierto. 24	
5	Actualización de la mina, basados en la guía estándar para proyectos del PMBOOK. .	27
5.1	Acta de constitución del proyecto	27
6	Plan para la dirección del proyecto	30
6.1	Gestión del alcance.....	32
6.2	Plan para la gestión de los requisitos	32
6.2.1	Documentación de requisitos	33

6.3	Crear la EDT/WBS.....	38
6.4	Control y validación del alcance	40
6.5	Gestión del cronograma del proyecto.....	41
6.6	Plan de gestión de los costos	49
6.7	Gestión de la calidad del proyecto	57
7.	Conclusiones.....	58

Lista de Tablas

Tabla 1 Relación entre las áreas de conocimiento de las gestiones de proyecto, con los grupos de procesos.....	18
<i>Tabla 2</i> Pasos para la extracción del carbón en la mina a cielo abierto.....	22
Tabla 3 Cuadro de cargas existentes	24
Tabla 4 Datos del transformador para la Mina a Cielo Abierto.....	25
Tabla 5 Cuadro de Cargas Proyectadas para la actualización.....	26
Tabla 6 Acta de constitución del proyecto.....	27
Tabla 7 Plan para la dirección del proyecto.....	31
Tabla 8 Matriz de riesgos.....	35
Tabla 9 Cronograma del proyecto.....	41
Tabla 10 Costo estimado de actividades	49

Resumen

Título: Actualización de una mina a cielo abierto al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) aplicando la metodología del Project Management Institute.*

Autor: Sergio Andrés Cruz Almeida**

Palabras Clave: Reglamentación, Minería, Proyectos, RETIE, PMBOK.

Descripción: Este Trabajo de grado aborda la realización de la gestión de proyectos de ingeniería siguiendo el paso a paso el PMBOK, libro del Project Management Institute. Aplicando y siguiendo las distintas directrices y reglamentaciones que se tienen en Colombia para el tema de la energía eléctrica y sus instalaciones. Éste se hace con el fin de actualizar una mina a cielo abierto donde se identifiquen las falencias eléctricas, fallas de equipos, no requerimientos y las normativas incumplidas a la hora de realizar la actualización. De igual manera realizar dicha actualización con nuevas cargas y proyecciones realizadas a futuro debida al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, suponiendo el terreno, la maquinaria, las instalaciones eléctricas, el personal, la capacidad de producción de la mina, consumo energético de la misma, paso a paso de la instalación tanto existente como la actualizada para así poder tener en cuenta una actualización y sea indispensable para su funcionamiento. La mina será de carbón y será una mina a pequeña escala donde se desea extraer mayor cantidad de carbón a través de un proyecto de actualización de equipos necesarios, costos, riesgos y estructuras de ejecución del proyecto para lograr en el tiempo estimado una entrega de proyecto.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T). Director: Hermann Raúl Vargas Torres. Doctor en ingeniería eléctrica.

Abstract

Title: Updating of open pit mine to the technical Regulation of Electrical installations (RETIE) apply the methodology of Project Management Institute. *

Author: Sergio Andrés Cruz Almeida¹

Key Words: Regulation, Mining, Projects, RETIE, PMBOK.

Description: This degree work addresses the implementation of engineering project management following the step by step of the PMBOK, a book from the Project Management Institute. Applying and following the different guidelines and regulations that are in Colombia for the issue of electric power and its facilities. This is done in order to update an open pit mine where electrical failures, equipment failures, non-requirements and unfulfilled regulations are identified at the time of updating. In the same way, carry out said update with new charges and projections made in the future due to the Technical Regulation of Electrical Installations, assuming the land, machinery, electrical installations, personnel, production capacity of the mine, energy consumption of the same, step by step of the existing installation as well as the updated one in order to be able to take into account an update and it is essential for its operation. The mine will be coal-fired and it will be a small-scale mine where it is desired to extract a greater amount of coal through a project to upgrade the necessary equipment, costs, risks, and project execution structures to achieve project delivery within the estimated time. The estimated time is projected by the equipment to be installed.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering (E3T). Director: Hermann Raúl Vargas Torres. PhD in electrical engineering.

Introducción

En la minería a cielo abierto se pueden detectar diversas instalaciones. Este tipo de instalaciones depende fundamentalmente de la floración de los yacimientos en cuanto al nivel de superficie donde se encuentra la mina.

Las actividades de explotación minera en cielo abierto, requiere también que se involucren otras áreas de trabajo como el uso de gases, vapores, líquidos altamente inflamables o polvos que pueden generar un alto riesgo de explosiones a la hora de realizar una instalación eléctrica. Puesto que, una chispa eléctrica puede entrar en contacto con una de estas sustancias y generar daños. El reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas - RETIE define las instalaciones eléctricas especiales como “aquellas instalaciones que por estar localizadas en ambientes clasificados como peligrosos por alimentar equipos o sistemas complejos, presentan mayor probabilidad de riesgo que una instalación básica y, por tanto, requieren de medidas especiales, para mitigar o eliminar tales riesgos” (RETIE, 2013).

Para dar cumplimiento con lo anterior, es muy importante seguir ciertos parámetros o lineamientos que describan de una mejor manera los procesos a los cuales deben ser sometidas estas reglamentaciones dadas por organismos como el ministerio de minas y energía, para las buenas prácticas relacionadas con el tema de las instalaciones eléctricas. Es por esto por lo que se tiene presente la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía PMBOOK sexta edición) del Project Management Institute; teniendo en cuenta todos los procesos que integran los grupos de procesos y sus interrelaciones con las áreas de conocimiento que serían de mayor

impacto y serían las que se aplican a el caso de estudio. Pues, generan aporte a la estructuración y ejecución del proyecto.

Teniendo en cuenta que, para el caso de estudio a una mina cielo abierto se emplearán datos sintéticos y son a manera de ejemplificar la metodología a aplicarse a la hora de realizar una actualización de las minas cielo abierto, por lo que podrá de cierta manera ser aplicable a cualquier otra mina, si se siguen los pasos y/o lineamientos que se sugieran para realizar ésta.

1 Planteamiento del problema

Colombia es un país minero por excelencia, esto se ve reflejado por la cantidad de empresas extranjeras que han invertido en este sector. Esto significa crecimiento económico de las zonas de influencia a las minas. Debido a que toda empresa minera, entre sus activos cuenta con maquinaria, instalaciones y complementarios para lograr la óptima extracción, se hace necesaria su actualización al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas con el fin de salvaguardar la vida de las personas necesarias para su funcionamiento y sus activos principalmente.

Por lo general, el éxito de los proyectos es el resultado de una buena planeación en la cual se determinan: actividades, tareas, procesos, cronogramas, asignación de roles y responsabilidades para lograr el objetivo esperado, para lo cual es indispensable recurrir a una metodología para la gestión de proyectos en la que se estructure el ciclo de vida de los proyectos, que consta de cinco fases: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y cierre. Además, motivar a las partes interesadas en la denominada triple restricción que versa sobre la calidad, el tiempo y los costos.

Por otra parte, instituciones como la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, la Superintendencia de Industria y Comercio, la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, las alcaldías distritales o municipales y los consejos profesionales son los encargados de hacer cumplir el RETIE. Para el caso particular de las sanciones, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios es la entidad encargada para emitir las. Se puede aplicar sanciones sobre empresas, personas, fabricantes de materiales o productos eléctricos que no sigan los lineamientos de dicho reglamento.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Aplicar los lineamientos del Project Management Institute para la actualización de una mina a cielo abierto al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

2.2 Objetivos Específicos

- Establecer las pautas, guías y metodologías propias de la metodología de Project Management Institute aplicables al presente trabajo de grado.
- Recolectar la información necesaria para poder actualizar una mina a cielo abierto al (RETIE) con los contenidos teóricos y de implementación para el proyecto de la mina.
- Proponer un ejemplo para validar lo propuesto en el presente trabajo de grado.

3 Pautas, guías y metodologías propias de la metodología de Project Management Institute aplicables al proyecto de la actualización de la Mina a Cielo abierto.

Inicialmente, se debe resaltar que, para el desarrollo de esta sección, todos los lineamientos están basados en el PMBOK Sexta Edición, el cual es una guía y un estándar para la dirección de proyectos según el Project Management Institute. De ese modo se deben tener en cuenta las generalidades.

Por otra parte, se tiene en cuenta el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE como norma referencia a seguir para la actualización de la mina.

3.1 Generalidades.

3.1.1 *Acerca de proyectos.*

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. El final de un proyecto se alcanza cuando se logran los objetivos o cuando los objetivos no se cumplirán o en su defecto no podrán ser cumplidos. Para terminar un proyecto requiere cierta aprobación por parte de la autoridad competente.

3.1.2 *Dirección de proyectos*

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos de este. Dirigir un proyecto por lo

general incluye, entre otros aspectos: Identificar los requisitos del proyecto; Abordar las diversas necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados; Establecer y mantener una comunicación activa con los interesados; Gestionar los recursos; y Equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto que incluyen, entre otras, de tal modo que están compuestos por:

- **Alcance,**
- **Cronograma,**
- **Costo,**
- **Calidad,**
- **Recursos y**
- **Riesgos.**

3.1.3 *Ciclo de vida del proyecto*

El ciclo de vida del proyecto es la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión. Una fase del proyecto es un conjunto de actividades del proyecto, relacionadas de manera lógica, que culmina con la finalización de uno o más entregables.

Aunque los proyectos varían en el tamaño y el grado de complejidad que contienen, un proyecto puede configurarse dentro de la siguiente estructura de ciclo de vida del proyecto:

- **Inicio del proyecto**
- **Organización y preparación**
- **Ejecución del trabajo**
- **Cierre del proyecto**

3.1.4 *Áreas de conocimiento de la dirección de proyectos*

Las áreas de conocimiento de la dirección de proyectos son campos o áreas de especialización que se emplean comúnmente al dirigir proyectos. Un área de conocimiento es un conjunto de procesos asociados a un tema particular de la dirección de proyectos.

Las áreas de conocimiento son las siguientes:

Gestión de la integración del proyecto. Incluye los procesos y las actividades para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades.

Gestión del alcance del proyecto. Procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido.

Gestión del cronograma del proyecto. Incluye procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo.

Gestión de los costos del proyecto. Procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro de lo aprobado.

Gestión de la calidad del proyecto. Incluye los procesos de políticas de calidad de la organización a fin de satisfacer las expectativas de los interesados.

Gestión de los recursos del proyecto. Incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.

Gestión de las comunicaciones del proyecto. Incluye los procesos requeridos para garantizar que la información del proyecto sea oportuna y adecuada.

Gestión de los riesgos del proyecto. Procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión, el análisis, planificación de respuesta, implementación de respuesta y monitoreo de los riesgos de un proyecto.

Gestión de las adquisiciones del proyecto. Son los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto.

Gestión de los interesados del proyecto. Procesos requeridos para identificar personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados y su impacto y desarrollar estrategias a fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las ejecuciones y en las decisiones del proyecto.

3.1.5 Grupos de conocimiento de la dirección de proyectos

Este estándar describe los procesos de la dirección de proyectos empleados para cumplir con los objetivos del proyecto. Los procesos de la dirección de proyectos se agrupan en cinco Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos:

- **Grupo de Procesos de Inicio.** Proceso(s) realizado(s) para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase.
- **Grupo de Procesos de Planificación.** Proceso(s) requerido(s) para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto.

- **Grupo de Procesos de Ejecución.** Proceso(s) realizado(s) para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de satisfacer los requisitos del proyecto.
- **Grupo de Procesos de Monitoreo y Control.** Proceso(s) requerido(s) para hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.
- **Grupo de Procesos de Cierre.** Proceso(s) llevado(s) a cabo para completar o cerrar formalmente un proyecto, fase o contrato.

La salida de un proceso normalmente se convierte en la entrada para otro proceso o es un entregable del proyecto o fase del proyecto. Los grupos de procesos se vuelven entrada a las áreas de conocimiento y se tienen correspondencia entre ellos.

Tabla 1

Relación entre las áreas de conocimiento de las gestiones de proyecto, con los grupos de procesos.

AREAS DE CONOCIMIENTO	GRUPO DE PROCESOS DE INICIO	GRUPO DE LOS PROCESOS DE PLANIFICACIÓN	GRUPO DE LOS PROCESOS DE EJECUCIÓN	GRUPO DE LOS PROCESOS DE MONITOREO Y CONTROL	GRUPO DE LOS PROCESOS DE CIERRE
GESTION DE LA INTEGRACION DEL	4.1 Desarrollar el Acta de	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	4.5 Monitorear y Controlar el Trabajo del	4.7 Cerrar el Proyecto o Fase

PROYECTO.	Constitución del Proyecto	Proyecto	4.4 Gestionar el Conocimiento del Proyecto	Proyecto 4.6 Realizar el Control Integrado de Cambios	
GESTION DEL ALCANCE DEL PROYECTO.		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
GESTION DEL CRONOGRAMA DEL PROYECTO.		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar la Duración de las Actividades 6.5 Desarrollar el Cronograma		6.6 Controlar el Cronograma	
GESTION DE LOS COSTOS DEL PROYECTO.		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
GESTION DE LA CALIDAD DEL		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Gestionar la Calidad	8.3 Controlar la Calidad	

PROYECTO.					
GESTION DE LOS RECURSOS DEL PROYECTO.		9.1 Planificar la Gestión de Recursos 9.2 Estimar los Recursos de las Actividades	9.3 Adquirir Recursos	9.4 Desarrollar el Equipo	
GESTION LAS COMUNICACIONES DEL PROYECTO.		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Monitorear las Comunicaciones	
GESTION DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO.		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	11.6 Implementar la Respuesta a los Riesgos	11.7 Monitorear los Riesgos	
GESTION DE LAS ADQUISICIONES DEL PROYECTO.		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones del Proyecto	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	
GESTION DE LOS INTERESADOS	13.1 Identificar a los	13.2 Planificar el Involucramiento	13.3 Gestionar el Involucramie	13.4 Monitorear el Involucramie	

DEL PROYECTO.	Interesado s	de Interesados	los	nto de los Interesados	nto de los Interesados
------------------	-----------------	-------------------	-----	---------------------------	---------------------------

4 Información correspondiente a la Mina a Cielo Abierto

4.1 Proceso de explotación y extracción de la mina a cielo abierto a actualizar.

La minería colombiana cuenta con niveles de desarrollo en donde se trabajan factores tecnológicos y empresariales que conforman diferentes grupos y volúmenes de producción, así pues, la minería a pequeña escala- MAPE se caracteriza como un subsector que se identifica por tener ciertos aspectos específicos. De este modo, la mina a cielo abierto se dedica a la explotación de carbón, (UPME, 2015).

Así pues, para el proceso de extracción de carbón requieren de 4 pasos importantes, los cuales se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Pasos para la extracción del carbón en la mina a cielo abierto.

Proceso	Actividades
Excavación 	Manual con pica
	Manual con martillo neumático
Extracción de material minero 	Malacate manual
	Malacate con motor, mecánico
Acopio del carbón 	Tolva
Transporte al punto de venta 	Camiones de carga

Nota: Elaborada por el autor.

El proceso de explotación de carbón en la mina a cielo abierto inicia con la excavación de los socavones a través de herramientas manuales que pueden ser a picas o martillos neumáticos, la perforación se da hasta conformar las vetas. De ese modo, para el transporte del material extraído se han empleado vagonetas capacitadas para cargar entre 1 y 2 toneladas, las cuales son haladas por un tambor acoplado a un malacate de combustión interna a empleando de cable de acero (Acosta, 2016).

Se debe tener en cuenta que, los malacates son motores que se encuentran acoplados al tambor que enrolla el cable de acero durante el transporte de material, de tal forma que, se realiza un acopio de todo el material al conectar todo el sistema a una tolva encargada de cargar los camiones que transportan el material hasta la ubicación de los clientes en donde finalmente se pesa y factura (Páez y Gómez, 2018).

4.1.1 Problemática de la mina a cielo abierto

Si bien la Mina a Cielo Abierto trae ventajas competitivas ante los mercados del carbón, ésta enfrenta problemas tales como la implementación de maquinaria obsoleta y/o de fabricación artesanal, en donde es apreciable la existencia de motores al borde de cumplir con su vida útil. Asimismo, no se cuenta con un personal para el tratado del medio ambiente, lo cual presenta un panorama crítico frente a la contaminación ambiental por emisiones de carbono (Acosta, 2016).

Por los motivos expuestos anteriormente, se podría incurrir en problemas legales que conlleven al cierre de la mina por problemas ambientales, una baja producción de la extracción de carbón debido a los cierres o paradas no programadas, además de los altos costos de operación a causa del mantenimiento y reparación constante de las maquinarias obsoletas y poco eficientes (UPME, 2018).

Finalmente, se cuenta con que el operador de red tiene la capacidad de proveer 150 kVA, los cuales son suficientes para satisfacer las necesidades energéticas de la mina, ya que con esto se requiere implementación de maquinaria adicional con mayor eficiencia que requerirá una demanda energética significativamente más elevada, para el reemplazo de aparatos obsoletos (Páez, 2021).

4.2 Maquinaria necesaria para la actualización de la instalación de la Mina a Cielo

Abierto.

Dentro de los lineamientos establecidos para la **operación actual** se cuenta con maquinarias con las que se desarrollan las actividades diarias de la mina en la actualidad presentados en la Tabla 3.

Tabla 3

Cuadro de cargas existentes

Cuadro de Cargas Existentes			
Carga	Cantidad	P[W]	FP
Toma monofásica	8	162	0,9
Nevera	1	660	0,9
Luminaria 20W	10	20	0,9
Ventilador 7,5 [hp]	1	5595	0,9
Computador	3	350	0,9
Reflectores	10	200	0,9
Aire acondicionado	2	3515	0,9
pantallas	4	120	0,9
impresoras	2	100	0,9
Compresor de aire	3	2500	0,9

Malacate	2	750	0,9
Bomba 10 [hp]	2	7460	0,9

Además, es importante recordar que con esta maquinaria se puede realizar una extracción de materiales con una baja producción y no requiere estar conformado por grupos de trabajadores altamente calificados con conocimientos técnicos para realizar esta actividad minera, sin embargo, con estas actividades usualmente se tienen pocas consideraciones en cuanto a la seguridad de los trabajadores, el medio ambiente y consumo excesivo en pérdidas de energías.

En este punto, se debe tener en cuenta que la alimentación requiere de una **ampliación de la carga actual**, por lo que se tiene proyectado un transformador con la capacidad de abastecer no solo las cargas existentes sino cargas futuras, por lo cual se deberá realizar una instalación que se conecte a la red de alimentación a través de un transformador de 150 kVA de la cual se presentan sus datos en la Tabla 4.

Tabla 4

Datos del transformador para la Mina a Cielo Abierto.

Transformador Tipo poste	
Tipo	Poste convencional
Capacidad	150 kVA
Fases	3
Tensión primaria	13 200 V
Tensión Secundaria	220-110 V

Para tal caso, se busca que la actualización tenga un aumento en el número de empleados con el fin de aumentar la producción en la extracción de material de la mina de carbón. Por lo que se propone adicionar máquinas que reemplacen las de combustión de ACPM por máquinas eléctricas que tengan similitudes en sus características técnicas y que tengan una operación más eficiente. Por lo tanto, se presentan los aparatos que se encuentran en la Tabla 4, en donde se pueden apreciar sus cantidades, consumos y factor de potencia.

Tabla 5

Cuadro de Cargas Proyectadas para la actualización.

Carga	Cantidad	P[W]	FP
Toma monofásica	20	162	0,9
Toma trifásica	2	1000	0,9
Toma GFCI	2	162	0,9
Ducha Eléctrica	2	3000	0,9
Luminaria 20W	20	20	0,9
Nevera	1	660	0,9
Motor 7,5 [hp]	2	5595	0,9
Motor 10 [hp]	2	7460	0,9
Luminaria de emergencia	4	40	0,95
Ventilador 10 [hp]	2	7460	0,9
Ventilador 7,5 [hp]	1	5595	0,9
Bomba 10 [hp]	2	7460	0,9
Compresor 100 [hp]	1	74600	0,9

Las minas de carbón están clasificadas dentro de los grupos clase II grupo F que son atmósferas que contienen polvos combustibles de carbón, que puedan representar riesgo de explosión. Esto hace que la mina sea clasificada como un área peligrosa, por tanto, se deben contar con detectores de polvos combustibles para evitar accidentes en la mina.

5 Actualización de la mina, basados en la guía estándar para proyectos del PMBOOK.

5.1 Acta de constitución del proyecto

Es el primer paso de iniciación en el proyecto, consiste en elaborar un documento en el que se expresa y autoriza formalmente la existencia del proyecto, se designa al director del proyecto como el encargado para asignar los recursos de la organización para la realización del proyecto en cuestión.

Con información ya establecida se procede a diligenciar el formato de acta de constitución del proyecto.

Tabla 6

Acta de constitución del proyecto

ACTA DECONSTITUCIÓN DEL PROYECTO

EMPRESA ORGANIZACIÓN	MINA CARBON SUR S.A.S
PROYECTO	Ampliación, actualización y certificación de la red eléctrica MINA CARBÓN SUR S.A.S
FECHA DE PREPARACIÓN	10 Octubre de 2022
CLIENTE	MINA CARBÓN SUR S.A.S
PATROCINADOR PRINCIPAL	SOCIOS MINA CARBÓN SUR S.A.S
GERENTE DEL PROYECTO	SERGIO ANDRES CRUZ ALMEIDA

PATROCINADOR O PATROCINADORES

NOMBRE	CARGO	DEPARTAMENTO/DIVISIÓN
TOTALIDAD DE LOS SOCIOS DE MINA CARBÓN S.A.S	N/A	ADMINISTRATIVO

PROPÓSITO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Actualización de la infraestructura eléctrica de la mina a cielo abierto MINA CARBÓN SUR S.A.S sujeta al reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, teniendo en cuenta el plan de expansión que tiene la mina proyectada a futuro.

Se hace necesario el desarrollo del proyecto, ya que la carga existente no supe por completo a la mina, y la maquinaria es insuficiente.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO-ENTREGABLES

Se realiza análisis de cuadro de cargas con proyección de máquinas e infraestructura nueva, programada para compra e instalación de ésta. Caracterización de las zonas de consumo de carga para verificación de reglamentación y disposición a una actualización en caso de que sea preciso.

Se realiza entrega de copia completa del proyecto, así como también los cálculos y demás recursos necesarios para actualizar la mina (diagramas, cuadros de carga, etc.).

CRONOGRAMA DE HITOS PRINCIPALES

HITO	FECHA TOPE
Estudio eléctrico de la mina en detalle	20 octubre 2022
Compra de materiales, máquinas y demás para la instalación en la mina	15 enero 2023
Instalación y actualización de la red y maquinaria eléctrica de la mina	27 febrero 2023
Verificación y cumplimiento RETIE (inspección) de la mina en su totalidad.	10 marzo 2023

PRESUPUESTO ESTIMADO

Quinientos ochenta millones de pesos.

REQUISITOS APROBACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto será aprobado cuando las instalaciones eléctricas y maquinas con las que funciona la mina estén en completo funcionamiento, y así se otorgue la certificación RETIE a Mina carbón Sur S.A.S.

Tabla 7

Plan para la dirección del proyecto

PL-001**PLAN PARA LA DIRECCIÓN DEL PROYECTO****PLAN PARA LA DIRECCION DEL PROYECTO**

TRIPLE RESTRICCIÓN	ELEMENTOS QUE DEFINEN EL PROYECTO
ALCANCE	Mejoramiento de la infraestructura eléctrica de la mina y maquinaria para la eficiente extracción del carbón
TIEMPO	5 meses
COSTO	Quinientos ochenta millones de pesos.
ROL DEL DIRECTOR	Supervisar todo lo relacionado con el proyecto y la certificación que se tenga que expedir.
CICLO DE VIDA DEL PROYECTO	<p>Inicio: estudio de la mina.</p> <p>Fase media: compra de elementos e instalación.</p> <p>Fase final: inspección para certificación RETIE.</p>

6.1 Gestión del alcance

Para definir la gestión del alcance se analizan diferentes aspectos importantes y que son de desarrollo crucial para el proyecto: acta de constitución del proyecto, plan para la dirección del proyecto, documentación, requisitos y permisos para la ejecución del proyecto.

Un ingeniero residente realizará una evaluación preliminar de la mina para determinar falencias de ámbito eléctrico y actualización de maquinaria e infraestructura eléctrica.

Seguidamente, se realizará socialización con los socios de la mina donde se determinan materiales y equipos comprar para el desarrollo del proyecto.

6.2 Plan para la gestión de los requisitos

El equipo del proyecto recopilará o tomará algunos datos como son: acta de constitución del proyecto, activos de la empresa, estudios y diseño, permisos para ejecución del proyecto, licencias ambientales.

Luego, se realizarán entrevistas por grupos, donde se involucren a la comunidad, patrocinador y corporación ambiental para el tema de licencia ambiental.

Estructura de trazabilidad:

La matriz de trazabilidad de los requisitos del proyecto tendrá las siguientes características:

Identificación

Descripción requisito

Prioridad

Fuente

Responsable

Entregable

Estado actual (vigente, cancelado, aplazado, agregado, completado)

6.2.1 Documentación de requisitos

Requisitos del negocio-proyecto ejecución:

Cumplir con las necesidades y expectativas de los interesados

Requisitos de los interesados:

Maquinaria completamente nueva y certificada a instalar en la mina

Puesta en marcha de la actualización y ampliación de la mina para mayor extracción de carbón

Requisitos de solución:

Funcionales:

Programar instalación de motores y malacates en el lugar de trabajo

Instalación de bombas de agua, ventiladores industriales y compresores

Instalación de tomacorrientes y luminarias eléctricas

Cumplir con normas de salud ocupacional

Elaborar informes quincenales al interventor

No funcionales:

Cumplir y acatar las cláusulas del proyecto

Concluir el proyecto con el presupuesto y plazo asignado

De apoyo:

Capacitación del personal para las actividades eléctricas a desarrollar

Requisitos del proyecto:

La mina debe contar con certificación RETIE al finalizar el proyecto.

Las máquinas y materiales eléctricos instalados deben ser plenamente certificados

La mina debe ampliar su producción de carbón con la actualización de equipos e infraestructura eléctrica

Tabla 8

Matriz de riesgos

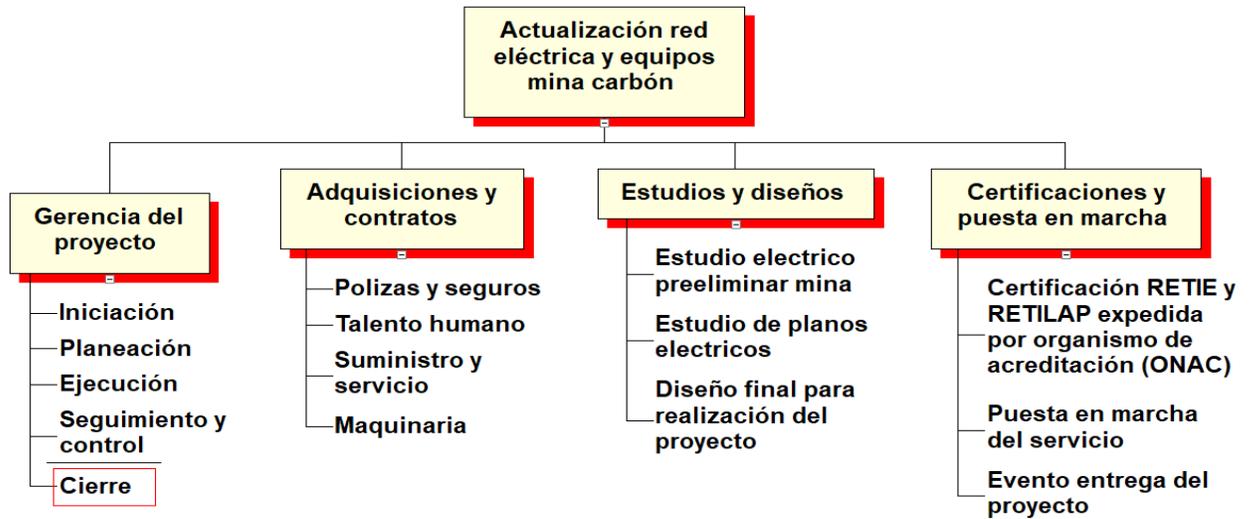
Código	Descripción	Prioridad	Fuente	Responsable	Estado actual	Fecha
MR01	Generar ingresos para la empresa que se encarga de realizar el proyecto	Muy importante	Objetivos empresa contratista	Empresa contratista	Vigente	20 10 2022
MR02	Cumplir con las necesidades y expectativas de los interesados	Muy importante	Objetivos empresa contratista	Empresa contratista	Vigente	20 10 2022
MR03	Maquinaria completamente nueva y certificada a instalar en la mina	Muy importante		Empresa contratista	Vigente	20 10 2022
MR04	Puesta en marcha de la actualización y ampliación de la mina para mayor extracción de carbón	Muy importante		Empresa contratista	Vigente	20 10 2022
MR05	Programar instalación de motores y malacates en lugar de trabajo	Muy importante	Empresa contratista	Empresa contratista	Vigente	20 10 2022
MR06	Instalación de bombas de agua y compresores	Muy importante	Empresa contratista	Empresa contratista	Vigente	20 10 2022
MR07	Instalación de tomacorrientes y luminarias eléctricas	Muy importante	Empresa contratista	Empresa contratista	Vigente	20 10 2022

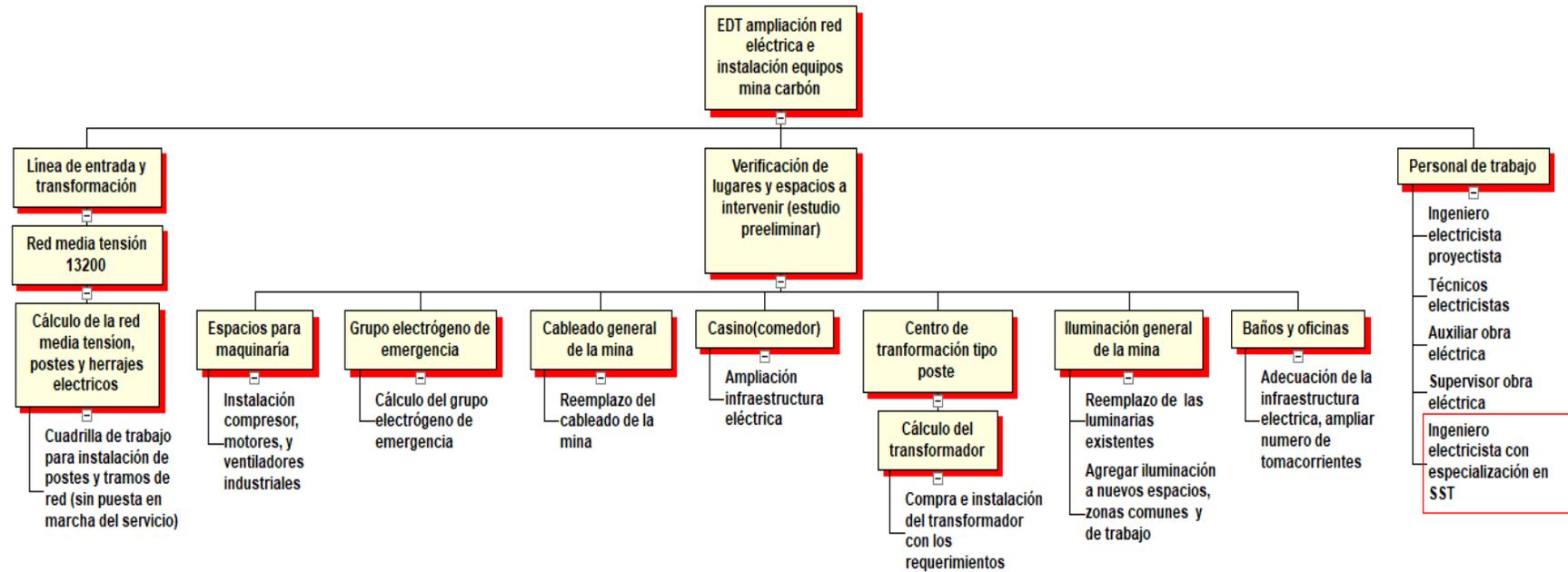
MR08	Cumplir con normas de salud ocupacional	Muy importante	SISO empresa contratista	SISO	Vigente	20 10 2022
MR09	Elaborar informes quincenales al interventor	Muy importante	Empresa contratista	Empresa contratista	Vigente	20 10 2022
MR10	Cumplir y acatar las cláusulas del proyecto	Muy importante	Empresa contratista y mina carbón S.A.S	Empresa contratista y mina carbón S.A.S	Vigente	20 10 2022
MR11	Concluir el proyecto con el presupuesto y plazo asignado	Muy importante	Empresa contratista y mina carbón S.A.S	Empresa contratista y mina carbón S.A.S	Vigente	20 10 2022
MR12	Capacitación del personal certificada para las actividades eléctricas a desarrollar	Muy importante	Empresa contratista	Empresa contratista	Vigente	20 11 2022
MR13	La mina debe contar con certificación RETIE al finalizar el proyecto.	Muy importante	Empresa contratista	Empresa contratista	Vigente	10 03 2023

6.3 Crear la EDT/WBS

La EDT es el proceso de subdividir los entregables del proyecto en componente más pequeño y fácil de manejar.

Para la elaboración de la EDT se usa el programa WBS Chart Pro





6.4 Control y validación del alcance

La validación del alcance:

Para cada entregable, una vez terminado, se realiza una validación preliminar por parte del equipo del proyecto. Una vez aprobada por el equipo, se procede a realizar inspección por parte del interventor del proyecto. Luego de la aprobación del interventor se realiza un acta de aprobación de ese entregable del proyecto. Cuando se realice el entregable final se procede a la entrega de la obra. En caso de no ser aprobado, se formaliza una solicitud de cambio.

Control del alcance

El encargado del proyecto realiza el análisis de la variación constantemente, después de la ejecución del proyecto. Cuenta con algunas herramientas: plan del alcance del proyecto, gestión de cambios, plan de requisitos, matriz de trazabilidad, datos de desempeño de trabajo a través de informes.

Se obtienen conclusiones a partir de la información que se tiene con las herramientas brindadas, esto con el fin de ver el rendimiento y avance del proyecto, y si se hace necesario realizar cambios.

Si se realizan cambios en el proyecto, es necesario también actualizar el plan para la dirección del proyecto y actualizar los documentos del proyecto.

6.5 Gestión del cronograma del proyecto

En reunión con el equipo se analiza y define en consenso las actividades e hitos definitivos.

Debe realizarse con cada responsable de los diferentes paquetes de trabajo.

En caso de ser necesarios los ajustes a las actividades, se realizan y se procede a ajustar la información en la lista de actividades.

Tabla 9

Cronograma del proyecto

Descripción	No.	Predecesoras	Sucesoras	Recursos	Duración (días)
Iniciación/ proyecto	1			Gerente	1
Planeación/ Plan de dirección del proyecto	1.2		1.3.1	Gerente proyecto, ingeniero electricista encargado	14

Ejecución/Acta de inicio	1.3				
Acta de inicio	1.3.1	1.2	1.4.1	Gerente	1
Seguimiento y control del proyecto/ informes mensuales	1.4				
Informe mensual 1	1.4.1	1.3.1	1.4.2	Gerente proyecto, ingeniero electricista encargado	1
Informe mensual 2	1.4.2	4.4.1	1.4.3	Gerente proyecto, ingeniero electricista encargado	1
Informe mensual 3	1.4.3	1.4.2	1.4.1	Gerente proyecto, ingeniero electricista encargado	1

Informe mensual 4	1.4.1	1.4.3	1.5.1	Gerente proyecto, ingeniero electricista encargado	1
Cierre/ cierre del proyecto	1.5				
Liquidación de contratos	1.5.1	1.4.1 ; 1.5.2	1.5.2	Gerente proyecto/ equipo encargado de liquidaciones	2
Documentos de cierre del proyecto	1.5.2	1.5.1		Gerente, ingeniero electricista, encargado del proyecto	1
Adquisiciones y contratos/ general	2				
Talento humano	2.1				
Convocatoria	2.1.1		2.1.2	Gerente proyecto	1
Diligenciamientos/ análisis hojas de vida	2.1.2	2.1.1	2.1.3	Gerente proyecto	1

Exámenes aptitud	2.1.3	2.1.2	2.1.4	Equipo medico	1
Contratación	2.1.4	2.1.3	2.2.1	Gerente proyecto	1
Pólizas/ suministro y servicios	2.2				
Cotizaciones	2.2.1	2.1.4	2.2.2	Gerente proyecto	1
Análisis y selección	2.2.2	2.2.1	2.2.3	Gerente proyecto/ encargado	2
Contratación	2.2.3	2.2.2	2.3.1	Gerente proyecto	2
Maquinaria/ Equipos necesarios para el proyecto	2.3				
Cotizaciones	2.3.1	2.2.3	2.3.2	Gerente proyecto, ingeniero encargado	2
Análisis y selección	2.3.2	2.3.1	2.3.3	Gerente proyecto, ingeniero encargado	10

Contratación	2.3.3	2.3.2		Gerente proyecto, ingeniero encargado	2
Estudios y diseños	3				
Estudios previos/ posteriores de la mina	3.1				
Visita a la mina / estudio gases o polvos peligrosos	3.1.1	2.1.4	3.1.2	Ingeniero electricista, técnico electricista	5
Levantamiento cargas existentes	3.1.2	3.1.1	3.1.3	Ingeniero electricista, técnico electricista	10
Cálculos eléctricos con cargas futuras correspondiente a la actualización de la mina	3.1.3	3.1.2	3.1.4	Ingeniero electricista, calculista	21

Diseño eléctrico de la mina	3.1.4	3.1.3	3.3.1	Ingeniero electricista diseñador	10
Adecuación e instalación de las cargas futuras de la mina	3.2				
Adecuación de espacios para motores, compresores, entre otros equipos eléctricos	3.2.1	3.3.2	3.2.2	Ingeniero electricista, técnico electricista, obrero/ ayudante	15
Pruebas previas de instalación a los equipos nuevos	3.2.2	2.3.3	3.2.3	Ingeniero electricista, técnico electricista	2
Instalación de equipos contemplados en la actualización de la	3.2.3	3.2.2	3.2.4	Ingeniero electricista, técnico	15

mina a cielo abierto				electricista, obrero/ayudante	
Adecuación y mejoramiento de la zona administrativa de la mina	3.2.4	3.2.3		Ingeniero electricista, técnico electricista, obrero/ayudante	15
Solicitudes, permisos y certificaciones	3.3				
Factibilidad del servicio ante prestadora del servicio	3.3.1	3.1.1; 3.1.2; 3.1.3; 3.1.4	3.3.2	Ingeniero electricista	1
Envío/ aprobación de planos de planos y cálculos eléctricos a la empresa prestadora del servicio eléctrico	3.3.2	3.3.1	3.3.3	Ingeniero electricista	1

Visita a la mina del personal encargado de la aprobación del servicio por parte de la empresa prestadora	3.3.3	3.3.2	3.3.4	Ingeniero electricista encargado de la empresa prestadora del servicio	1
Visita del personal encargado de la certificación de la mina (certificación ONAC)	3.3.4	3.3.3		Ingeniero electricista certificador lugares especiales	1
Cierre del proyecto	4				
Entrega del proyecto	4.1	3.3.4	1.5.1	Gerente del proyecto, encargado y trabajadores	1

6.6 Plan de gestión de los costos

Planificación de los costos

Los costos se planifican de acuerdo con el área encargada de trabajo, cada una realiza estimación de costos de área y documenta en un cuadro de actividades.

Tabla 10

Costo estimado de las actividades

Descripción	Duración (días)	Recursos	Costo \$
Iniciación/ proyecto	1	Gerente	350.000
Planeación/ Plan de dirección del proyecto	14	Gerente proyecto, ingeniero electricista encargado	7'500.000
Ejecución/ Acta de inicio			
Acta de inicio	1	Gerente	350.000
Seguimiento y control del proyecto/			

informes mensuales			
Informe mensual 1	1	Gerente proyecto, ingeniero electricista encargado	700.000
Informe mensual 2	1	Gerente proyecto, ingeniero electricista encargado	700.000
Informe mensual 3	1	Gerente proyecto, ingeniero electricista encargado	700.000
Informe mensual 4	1	Gerente proyecto, ingeniero electricista encargado	700.000
Cierre/ cierre del proyecto			

Liquidación de contratos	2	Gerente proyecto/ equipo encargado de liquidaciones	2'500.000
Documentos de cierre del proyecto	1	Gerente, ingeniero electricista, encargado del proyecto	3'.000.000
Adquisiciones y contratos/ general			
Talento humano			
Convocatoria	1	Gerente proyecto	300.000
Diligenciamientos/ análisis hojas de vida	1	Gerente proyecto	300.000
Exámenes aptitud	1	Equipo medico	8'500.000
Contratación	1	Gerente proyecto	590.000
Pólizas/ suministro y servicios			

Cotizaciones	1	Gerente proyecto	600.000
Análisis y selección	2	Gerente proyecto/ encargado	400.000
Contratación	2	Gerente proyecto	14'000.000
Maquinaria/ Equipos necesarios para el proyecto			
Cotizaciones	8	Gerente proyecto, ingeniero encargado	900.000
Análisis y selección	7	Gerente proyecto, ingeniero encargado	300.000
Contratación	2	Gerente proyecto, ingeniero encargado	300.000
Estudios y diseños			

Estudios previos/ posteriores de la mina			
Visita a la mina / estudio gases o polvos peligrosos	5	Ingeniero electricista, técnico electricista	4'000.000
Levantamiento cargas existentes	10	Ingeniero electricista, técnico electricista	3'500.000
Cálculos eléctricos con cargas futuras correspondiente a la actualización de la mina	21	Ingeniero electricista, calculista	8'000.000
Diseño eléctrico de la mina	10	Ingeniero electricista diseñador	7'000.000
Adecuación e instalación de las			

cargas futuras de la mina			
Adecuación de espacios para motores, compresores, entre otros equipos eléctricos	15	Ingeniero electricista, técnico electricista, obrero/ ayudante	17'000.000
Pruebas previas de instalación a los equipos nuevos	2	Ingeniero electricista, técnico electricista	2'000.000
Instalación de equipos contemplados en la actualización de la mina a cielo abierto	15	Ingeniero electricista, técnico electricista, obrero/ayudante	8'000.000
Adecuación y mejoramiento de la zona	15	Ingeniero electricista, técnico	16.000.000

administrativa de la mina		electricista, obrero/ayudante	
Solicitudes, permisos y certificaciones			
Factibilidad del servicio ante prestadora del servicio	1	Ingeniero electricista	400.000
Envío/ aprobación de planos de planos y cálculos eléctricos a la empresa prestadora del servicio eléctrico	1	Ingeniero electricista	400.000
Visita a la mina del personal encargado de la aprobación del servicio por parte	1	Ingeniero electricista encargado de la empresa	370.000

de la empresa prestadora		prestadora del servicio	
Visita del personal encargado de la certificación de la mina (certificación ONAC)	1	Ingeniero electricista certificador lugares especiales	2'500.000
Cierre del proyecto			
Entrega del proyecto	1	Gerente del proyecto, encargado y trabajadores	1'000.000

6.7 Gestión de la calidad del proyecto

Planificación de la calidad

La calidad en planificación está a cargo del ingeniero encargado del proyecto y su equipo de trabajo, y se hará mediante hojas o planillas de procesos y a partir de esto se realizará el control de calidad.

Gestión de la calidad

Cada persona a cargo del rol de trabajo, realizará informes para que el encargado de realizar auditorias pueda verificar el trabajo realizado en las hojas de verificación, donde se compara lo planeado con lo ejecutado. Y en reunión mensual de equipo se aprobará o desaprobará, y de igual manera, se hace el seguimiento del procedimiento.

Control de la calidad

El encargado realiza revisión de los informes entregables de los paquetes de trabajo de las divisiones que se realizan con el fin de determinar si cumplen o no con lo establecido en el proyecto, y estos a su vez se validan con el director del proyecto y los inversores.

En caso de realizar cambios, deben hacerse mediante solicitud y son presentados por el director del proyecto. Ellos a su vez delegan funciones de aplicación y corrección en caso de ser necesarios.

7. Conclusiones

Se cumplió con los objetivos planteados en el plan del presente trabajo de grado.

La organización en los proyectos se debe a los pilares de la gestión y ejecución de proyectos. En lo posible, aplicarlos y llevarlos al pie de la letra hace que el proyecto sea exitoso.

Se reconoce de parte del autor, la ampliación de conocimientos en áreas enfocadas a la minería, reglamentación, y estructuración de las instalaciones eléctricas en mina cielo abierto.

Se recomienda el uso de herramientas como WBSchart para elaboración de diagramas, dado que ayudan a entender mejor la organización del proyecto.

Referentes bibliográficos

Acosta Bueno, D. M. (2016). Impactos ambientales de la minería de carbón y su relación con los problemas de salud de la población del municipio de Samacá (Boyacá), según reportes ASIS 2005-2011. Bogotá, Colombia.

Páez, A. L., & Gómez, D. A. (2017). Design and development of an electric winch for the extraction of vagonetes in a carbon underground mine. *Tekhnê* 14, 13-26.

Paes, A. (2021). Diseño de una subestación eléctrica para una mina de carbón en el municipio de Samacá, Boyacá. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Especialización en Gestión de Proyectos de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia.

UPME. (2005). La cadena del carbón. Bogotá: www.digitosydiseños.com. Obtenido de Zonas carboníferas de Colombia - UPME:
http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/areas/zonas/indice.htm

UPME. (4 de Diciembre de 2018). Carbón metalúrgico. Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano, y largo plazo con vigencia al año 2035. Colombia.

RETIE. (30 de Agosto de 2013). Artículo 29, requisitos generales para instalaciones eléctricas en minas.