

EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL, EJECUCIÓN DE MEJORAS Y PUESTA EN
MARCHA DE EQUIPO DE ARRANQUE DE CARBÓN, MEDIANTE ROZADORA POISK
II EN MINA SAMACÁ-C.I. MILPA S.A. DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

JHONATAN JAVIER GÓMEZ CAÑÓN

DAVID CUCHIMAQUE LUGO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA, SANTANDER

2022

EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL, EJECUCIÓN DE MEJORAS Y PUESTA EN
MARCHA DE EQUIPO DE ARRANQUE DE CARBÓN, MEDIANTE ROZADORA POISK
II EN MINA SAMACÁ-C.I. MILPA S.A. DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

JHONATAN JAVIER GÓMEZ CAÑÓN

DAVID CUCHIMAQUE LUGO

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero mecánico

Director

PhD. Diego Fernando Villegas Bermúdez

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA, SANTANDER

2022

DEDICATORIA

A Dios por iluminarme en cada una de las etapas culminadas como parte de mis propósitos a realizar. Igualmente, a cada una de las personas que de alguna manera u otra han contribuido para alcanzar este maravilloso logro de culminar mi carrera profesional.

Este triunfo va dedicado a mi padre Eduardo Cuchimaque y mi señora madre Leydi Lugo, personas que de inicio a fin durante la etapa académica universitaria me brindaron todo el apoyo necesario y también toda su confianza, motivaciones más que suficientes para persistir y luchar por alcanzar mis metas siendo también sus deseos.

A mis hermanos Julián, Vladimir, a mis hermanas Carolina y Leydi quienes como personas tan importantes en mi vida me declararon su apoyo incondicional sin desfallecer en los momentos que requería acompañamiento para seguir adelante.

David Cuchimaque L.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro director de proyecto Diego Fernando Villegas Bermúdez por permitirnos contar con su acompañamiento, dirección y tiempo para desarrollar con éxito esta propuesta.

A la empresa INCARSA S.A.S. por abrirnos sus puertas para desplegar la propuesta de innovar y mejorar sus métodos de extracción carbonífera, de forma colaborativa y participativa con la intención de culminar este proyecto de forma exitosa.

A todos los ingenieros de la empresa, personal técnico y capacitado por el apoyo y asesoramiento en el desarrollo del proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. OBJETIVOS	21
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
2. GENERALIDADES.....	22
2.1 LA EMPRESA.....	22
2.1.1 Vías de acceso.....	22
2.1.2 Razón social.....	23
2.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	24
2.4 MARCO TEÓRICO	25
2.4.1 Tajo.	25
2.4.2 Tambor de preparación.	25
2.4.3 Método de explotación por tajo largo.	26
2.4.4 Nicho rozadora.	26
2.4.5 Rozadora.....	26
2.4.6 Cabrestante.....	27
2.4.7 Placa de poleas.....	27
2.4.8 Tablero de distribución.....	28
2.4.9 Genéfono.	28

2.4.10 Winche.	29
2.4.11 Canoa.....	29
2.4.12 Tren de vagonetas.	30
2.4.13 Tecla de descargue de mineral.	30
2.14.17 Vagoneta.....	31
2.5 GEOLOGÍA.....	31
2.5.1 Geología regional.	31
2.5.2 Geología local.	32
2.5.3 Geología Estructural.....	34
2.5.4 Geología del yacimiento.....	35
3. LABORES MINERAS	36
3.1 CONCEPTO.....	36
3.2 SERVICIOS	37
3.2.1 Transporte.....	37
3.2.2 Ventilación.....	40
3.2.3 Sostenimiento.	42
3.3 ARRANQUE	43
3.3.1 Arranque con martillo picador.	43
3.3.2 Iluminación.....	43
3.3.3 Aire comprimido.	44
3.3.4 Energía eléctrica.	45
3.3.5 Cargue.	46
3.4 ORGANIZACIÓN FRENTES DE TRABAJO	47

3.5 PRODUCCIÓN	49
4. LABORES DE EXPLOTACIÓN	51
4.1 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.....	51
4.2 SISTEMAS DE ARRANQUE EN EL TAJO.....	51
4.2.1 Arranque con martillo picador.	51
4.2.2 Arranque con rozadora.....	52
4.3 DESCRIPCIÓN BÁSICA DEL SISTEMA DE LA ROZADORA.....	53
4.3.1 Funcionamiento de la rozadora.	53
4.3.2 Funcionamiento del cabrestante.	55
4.3.3 Funcionamiento de la placa de poleas.	56
4.3.4 Funcionamiento del tablero de control.	56
4.4 CRITERIOS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE ROZADO EN EL TAJO ...	57
4.4.1 Criterios geológicos.....	57
4.4.2 Criterios geológicos.....	57
4.4.3 Criterios operativos.	57
4.4.4 Criterio de formación.	58
4.4.5 Criterio de rendimientos.	58
4.4.6 Criterio de seguridad.....	58
4.5 TAJO LARGO CON RELLENO	59
4.5.1 Dimensionamiento del tajo.	60
4.5.2 Características del tajo.....	63
4.6 SELECCIÓN DE LA MÁQUINA Y CARACTERÍSTICAS	64
4.6.1 Rendimientos de la rozadora	67

4.6.2 Costo de utilización.	68
4.6.3 Costo de excavación.	68
4.6.4 Rozado y carga en una misma operación.	69
4.7 DESCRIPCIÓN MECÁNICA DE COMPONENTES	70
4.7.1 Motor y sistema eléctrico.....	72
4.7.2 Sistema hidráulico.	73
4.7.3 Sistema de refrigeración.	75
4.7.4 Sistema reductor.	75
4.8 LUBRICACIÓN	75
4.9 ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA ROZADORA.....	77
4.9.1 Sistema eléctrico del cofre.	78
4.9.2 Control de motores.....	78
5. ACTIVIDADES PREVIAS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ROZADORA POISK-II .	79
5.1 LABORES DE DESARROLLO	79
5.1.1 Sobreguía de manto “C”.....	79
5.1.2 Galería manto “C”.....	80
5.2 LABORES DE PREPARACIÓN.....	80
5.2.1 Tambor para rozadora.....	80
5.2.2 Ensanchar tambor rozadora.....	81
5.2.3 Canastear segunda calle.....	82
5.2.4 Adecuación última calle.....	82
5.2.5 Labores complementarias.....	83
5.2.6 Tambor de descargue.	83

5.2.7 Tambor de descargue.	84
5.2.8 Diagonales de preparación.	84
5.2.9 Nicho rozadora.	85
5.3 ELECTRIFICACIÓN.....	85
5.3.1 Ingresar transformador y tablero de distribución.	86
5.3.2 Medición y distribución de cableado.....	86
5.3.3 Sistema de puesta a tierra.	87
5.3.4 Ensamblaje general del sistema.	87
5.4 FORMACIÓN.....	87
6. OPERACIÓN DEL TAJO CON ROZADORA.....	90
6.1 DESCRIPCIÓN DE TAREAS.....	90
6.2 ORGANIZACIÓN FRENTE DE EXPLOTACIÓN E EL TAJO CON ROZADORA .	92
7. PRODUCCIÓN DEL TAJO.....	93
7.1 PRODUCCIÓN DEL TAJO CON ROZADORA	93
7.2 PRODUCCIÓN DEL TAJO CON REPARACIÓN DE MACHONES	94
8. SUMINISTRO PARA EL TAJO.....	96
8.1 CONSUMO DE MADERA.....	96
8.2 ENERGÍA ELÉCTRICA.....	97
8.3 SISTEMA DE AGUA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA ROZADORA.....	98
9. RENDIMIENTOS.....	99

9.1 PERSONAL	99
9.2 CONSUMO DE ENERGÍA	100
10. CONCLUSIONES.....	104
11. RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFÍA	108

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación de la mina Samacá.....	23
Figura 2. Logo de la empresa.....	23
Figura 3. Tajo de la mina.....	25
Figura 4. Tambor de preparación.....	25
Figura 5. Nicho rozadora.....	26
Figura 6. Rozadora.....	27
Figura 7. Cabrestante.....	27
Figura 8. Placa de poleas.....	28
Figura 9. Tablero de distribución.....	28
Figura 10. Genéfono.....	29
Figura 11. Winche.....	29
Figura 12. Canoa.....	30
Figura 13. Tren de vagonetas.....	30
Figura 14. Tecla de descarga de mineral.....	31
Figura 15. Vagoneta.....	31
Figura 17. Localización y geología del bloque tres chorros.....	32
Figura 18. Esquema del sistema de transporte en la mina.....	38
Figura 19. Trenes de transporte de mineral en nivel de patio y en primer nivel inferior.....	39
Figura 20. Isométrico de ventilación.....	41
Figura 21. Sección de arco de acero.....	42

Figura 22. Sostenimiento en madera con cuadros y escaleras dobles.	42
Figura 23. Iluminación de mina y de personal.	43
Figura 24. Pulmones de aire comprimido del nivel del patio.	45
Figura 25. Dimensiones de la rozadora Poisk II.	54
Figura 26. Diseño del método de explotación.	59
Figura 27. Dimensionamiento del tajo.	60
Figura 28. Representación gráfica del tajo.	64
Figura 29. Rozadora tipo H1.	66
Figura 30. Rozadora Poisk-II para proyecto.	66
Figura 31. Dimensionamiento de tambor de rozadora.	70
Figura 32. Vista lateral y superior de la rozadora Poisk-II.	71
Figura 33. Bloque hidráulico con válvula de seguridad.	74
Figura 34. Válvula de retención pilotada del bloque hidráulico.	74
Figura 35. Algunos dispositivos de rozadora.	76
Figura 36. Esquema eléctrico de rozadora.	77
Figura 37. Tambor de preparación.	81
Figura 38. Perfil del tambor de preparación para la rozadora.	83
Figura 39. (a) Amarre de arcos nivel sup. (b) Suministro de madera al nivel superior. ...	84
Figura 40. (a) Tambores de descargue. (b) Ubicación primer nicho. (c) Disposición de nicho.	85
Figura 41. (a) Nicho eléctrico transformador. (b) Nicho eléctrico tablero de distribución.	86
Figura 42. a) Construcción de nicho. b) Espacio para el despunte. c) Rozadora en el nicho.	90
Figura 43. Disposición.	93

Figura 44. (a) Machón de protección. (b) Recuperación del machón por calles.94

Figura 45. (a) Sostenimiento de machón. (b) Recuperación del machón.....95

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Dimensionamiento y caracterización de cada una de las secciones de excavación.	36
Cuadro 2. Locomotora Trarisa T-50	39
Cuadro 3. Malacate de inclinado Pinos	40
Cuadro 4. Ventilador Zitron de 21 KW.....	41
Cuadro 5. Martillo picador neumático.....	43
Cuadro 6. Compresor KAESER DSD 175.....	44
Cuadro 7. Pala eléctrica modelo Z-30 y pala neumática 21-B	46
Cuadro 8. Organización frente de trabajo-Arranque con martillo picador neumático.	47
Cuadro 9. Organización de trabajo con avance previo en carbón y fragmentación	48
Cuadro 10. Producción de labores por turno.....	50
Cuadro 11. Características del manto.	51
Cuadro 12. Ficha técnica rozadora Poisk II.....	54
Cuadro 13. Cálculos para el dimensionamiento geométrico del tajo.....	61
Cuadro 14. Tipos de máquinas rozadoras	65
Cuadro 15. Valores de C_D	67
Cuadro 16. Tabla de valores CE	68
Cuadro 17. Rendimiento de rozado.....	69
Cuadro 18. Datos técnicos de rozadora Poisk-II	71
Cuadro 19. Ciclo de operación en el tajo con rozadora.....	88

Cuadro 20. Organización de operación en el tajo con rozadora	92
Cuadro 21. Producción con rozadora.....	94
Cuadro 22. Producción del tajo	95
Cuadro 23. Consumo de madera por rozada	96
Cuadro 24. Consumo de madera por calle canasteada	97
Cuadro 25. Consumo de madera semanalmente en el tajo.	97
Cuadro 26. Consumo de energía eléctrica	98
Cuadro 27. Rendimientos rozadoras vs. Martillos picadores	99
Cuadro 28. Costos del personal.....	100
Cuadro 29. Consumo de aire compresor. en el tajo	101
Cuadro 30. Consumo de energía en el tajo con martillos picadores	101
Cuadro 31. Consumo de aire con rozadora.....	102
Cuadro 32. Consumo de energía en el tajo con rozadora.....	103

ANEXOS

	pág.
Anexo A. Rozadora Poisk.....	28
Anexo B. Manual Cabrestante.....	29
Anexo C. Máquinas Rozadoras.....	68
Anexo D. Manual Rozadora Poisk-II.....	72
Anexo E. Catálogo Cofre Eléctrico.....	80
Anexo F. Servicios para el ciclo de operación de la rozadora.....	97
Anexo G. Seguridad de la Mina Samacá.....	101
Anexo H. Operación de la rozadora en Mina Samacá.....	101

RESUMEN

TÍTULO: Evaluación del sistema actual, ejecución de mejoras y puesta en marcha de equipo de arranque de carbón, mediante rozadora Poisk-II en Mina Samacá-C.I. Milpa S.A. departamento de Boyacá.

AUTORES: David Cuchimaque Lugo

Jhonatan Javier Cañón Quiñones

PALABRAS CLAVES: Tajo largo, explotación, arranque mecanizado, rozadora, rendimiento.

DESCRIPCIÓN:

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un estudio sobre la mecanización en el arranque de un manto de carbón, el cual presenta un buzamiento de 48° y un espesor de 0,9 m, mediante rozadora Poisk II, en mina Samacá, ubicada en el departamento de Boyacá, municipio de Samacá, operada actualmente por la empresa INCARSA S.A.S. aliada de C.I. MILPA S.A. En primer lugar, se presenta la geología y se describen las condiciones operativas actuales de la mina; en segundo lugar, se relacionan las condiciones geológico-mineras, técnicas y operativas para implementar la rozadora, luego se explican las labores de desarrollo y preparación previas a la puesta en marcha de la rozadora, así como también la adecuación de la parte eléctrica, debido a que la energía utilizada para el funcionamiento de este sistema es eléctrica, el proceso de formación para los colaboradores que estarán involucrados en la explotación del tajo con rozadora, junto con las actividades que se desarrollan en un turno y finalmente se evalúan los rendimientos de la operatividad de la rozadora.

* Trabajo de grado

** Facultad: Físico-Mecánicas Escuela: Ingeniería Mecánica

Director: M Sc, Ing. Diego Fernando Villegas Bermúdez

ABSTRACT

TITTLE: Evaluation of the current system, execution of improvements and start-up of the coal removal equipment, using a Poisk II roadheader at the SAMACÁ-C.I. mine. MILPA S.A. Boyaca Department

AUTHOR: DAVID CUCHIMAQUE LUGO

JHONATAN JAVIER GOMEZ CAÑÓN

KEYWORDS: Long Wall, exploitation, mechanized start-up, road header, performance.

DESCRIPTION

The objective of this project is to carry out a study on the mechanization in the removal of a coal mantle, which has a dip of 48° and a thickness of 0.9 m, by means of a Poisk II shearer, in the Samacá mine, located in the department of Boyacá, municipality of Samacá, currently operated by the company INCARSA S.A.S. C.I.'s ally MILPA S.A. First, the geology is presented and the current operating conditions of the mine are described; secondly, the geological-mineral, technical and operational conditions to implement the roadheader are related, then the development and preparation work prior to the start-up of the roadheader is explained, as well as the adequacy of the electrical part, due Since the energy used for the operation of this system is electric, the training process for the collaborators who will be involved in the exploitation of the pit with a road shearer, together with the activities that are carried out in a shift and finally the yields of the shearer operation.

* Graduate Project

** Faculty: Físico-Mecánicas School: Mechanical Engineering

Director: M Sc, M.E. Diego Fernando Villegas Bermúdez

INTRODUCCIÓN

La minería del carbón metalúrgico se ha convertido en una actividad muy importante en la economía del departamento y del país en general, llevando a la consolidación de grandes empresas que han aportado al desarrollo socioeconómico de las comunidades con la generación de empleos directos e indirectos, la consolidación de proyectos y programas sociales, que contribuyen con la educación, el cuidado del ambiente, el cuidado de la salud y el bienestar social.

Este aporte a la economía del país y al sector minero también se ha visto reflejado en los mercados internacionales debido a los altos índices de calidad que se manejan en los productos exportados, en este caso el coque, lo que se puede lograr con el desarrollo de una actividad sostenible, lo cual implica muchos retos para la minería, entre estos la tecnificación de las labores mineras que mejoren la productividad de los proyectos mineros. Entre estas empresas se encuentra C.I MILPA S.A., en cabeza de Don Miguel Parra, que con gran esfuerzo y visión ha llevado esta empresa a posicionarse en los primeros lugares, con reconocimientos por altos índices de productividad, calidad del carbón metalúrgico y el coque, además del compromiso con la parte social, ambiental y la seguridad de sus trabajadores. Para el funcionamiento, esta empresa cuenta con unas aliadas entre estas se tiene a INCARSA S.A.S. empresa cuya capacidad laboral es representativa y cubre mayor cantidad de procesos, mediante el funcionamiento de plantas de extracción, beneficio y transformación de carbón metalúrgico.

Este proyecto se centra en una de las plantas de extracción de carbón de INCARSA S.A.S. denominada Mina Samacá, la cual se encuentra en un proceso de rehabilitación, debido a que estuvo 10 años en cese de operaciones, y actualmente está realizando labores de desarrollo y preparación para continuar con la explotación de manto "C", para el cual se definió como método de explotación , tajo largo con relleno, debido a las

características del manto, y aunque se inició el arranque con martillos picadores, la empresa buscando alinearse con el objeto de C.I MILPA S.A. de modernizar la extracción de carbón subterránea, por medio de la mecanización de sus yacimientos, además con la finalidad de mejorar la seguridad en el arranque y mejorar los rendimientos operacionales, se ha proyectado a implementar un sistema mecanizado para el arranque, mediante rozadora Poisk II.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL.

- Realizar el montaje, alistamiento y puesta en marcha de una rozadora de extracción para una mina de carbón ubicada en el municipio de Samacá en el departamento de Boyacá con el fin de desarrollar un plan que permita fortalecer los lazos de la industria con la academia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diagnosticar el montaje de puesta en marcha del sistema de extracción de la mina, con el manejo de herramientas de software de ingeniería para el análisis de criticidad en cada uno de los subsistemas, incrementando así la confiabilidad del sistema.
- Detallar las condiciones de operación y funcionamiento del tajo de la mina, con el fin de asegurar que el sistema de transporte y carga actual cumpla con los requerimientos de maniobra de la mina de manera eficiente y segura.
- Hacer el montaje de la rozadora minera bajo estándares de calidad del sistema de transporte mineral, asegurando que el conjunto estando en operación cumpla con su propósito de la manera más rentable posible.

2. GENERALIDADES

2.1 LA EMPRESA

La empresa INCARSA S.A.S., Industria Carbonífera de Samacá, tiene como objeto, desarrollar las distintas actividades relacionadas con la explotación de carbón metalúrgico y su procesamiento en las diferentes plantas de lavado y producción de coque. Su operación se centra en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, epicentro del país en producción de carbón y coque metalúrgico.

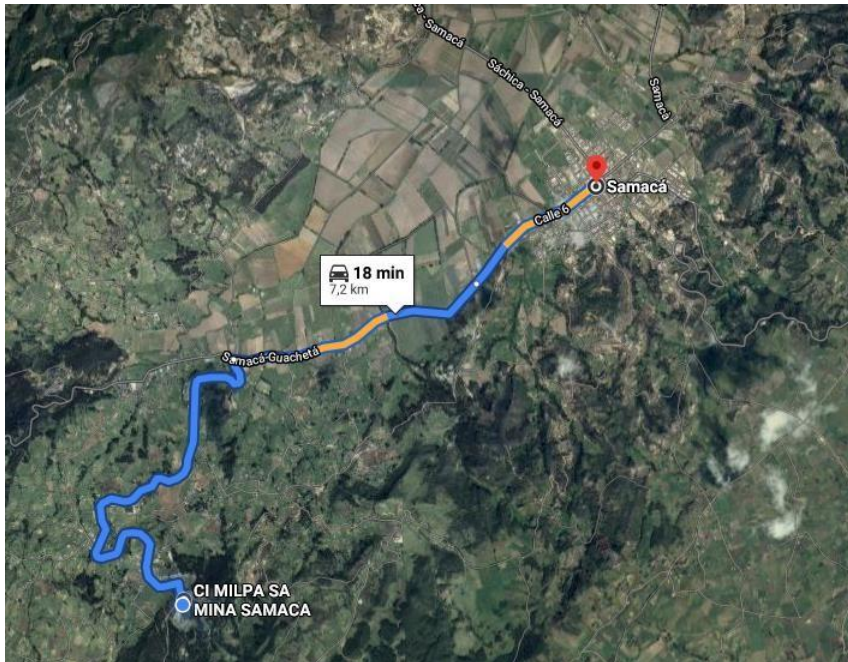
Para la parte de extracción la empresa cuenta con tres minas, mina “Samacá”, mina “San Miguel” y proyecto “Santa Martha” ubicadas en el municipio de Samacá; para el beneficio y la transformación del carbón la empresa cuenta con una planta de lavado denominada “Santa María” y tres plantas de coquización denominadas, Milpa 1, Milpa 2 y Milpa 4

Mina “Samacá” donde se va a centrar este proyecto, está en rehabilitación debido a que estuvo en cese de operación algún tiempo; aun así, cuenta con labores mineras de desarrollo y preparación operativas, las cuales se avanzan de una forma técnica y segura. Además, la infraestructura en superficie está bien adecuada y con el espacio suficiente para el acopio de carbón, de insumos, disposición de estériles, talleres de mecánica y demás servicios que requiera la mina, así como también para llevar a cabo las funciones administrativas.

2.1.1 Vías de acceso.

El acceso a la zona de estudio se puede realizar a través de una carretera pavimentada que va de Tunja al municipio de Cucaita, se desvía hacia al sur, para encontrar el municipio de Samacá; posteriormente, se toma la vía que de Samacá conduce a la vereda salamanca, a 7 km aproximadamente del casco urbano se encuentran las instalaciones de mina “Samacá”. Ver figura 1.

Figura 1. Ubicación de la mina Samacá.



Google Maps (2022).

2.1.2 Razón social.

La empresa INCARSA S.A.S, Industria Carbonífera de Samacá, matriculada el 28 de septiembre del 2000, identificada actualmente ante la Cámara de Comercio con NIT: 830078829-5, corresponde a una Sociedad por Acciones Simplificadas y hace parte de las aliadas de C.I MILPA. Es una empresa prestadora de servicios, dedicada a la operación técnica y logística de producción en las minas de carbón y hornos de coquización, campos, plantas y demás instalaciones de C.I Milpa S.A.

Figura 2. Logo de la empresa.



INCARSA S.A.S

INCARSA S.A.S.

2.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Para la explotación de carbón en Mina Samacá se había realizado el arranque en los tajos por medio de martillos picadores, sin embargo, al iniciar la explotación en manto “C” se evaluaron varias condiciones por las que no se estaba alcanzando el rendimiento óptimo operacional de la mina y además estaban influyendo en la seguridad de la operación; por lo que se decidió suspender las labores de explotación. El tajo de manto “C” cuando se operó con martillos picadores tenía un rendimiento de 7m/ hombre turno y teniendo en cuenta que la longitud del tajo es de 98 m, se requerían 7 parejas de picadores para avanzar una calle del tajo, de 0,9 m de ancho, en un turno de 8 horas, sin embargo, la empresa tenía proyectado operar el tajo con 5 parejas de picadores, es decir con un rendimiento de 10 m/hombre turno; el bajo rendimiento se debió a características como la dureza del carbón y el sentido del arranque, que no favorecía el costado en el que los trabajadores realizan la actividad con mayor destreza y comodidad.

Otro factor importante en la operación del tajo, es la seguridad y salud de los trabajadores y aunque la empresa tiene procedimientos de trabajos seguros para cada actividad que se desarrolla en la mina, los cuales son socializados mínimo una vez al año, con el fin que se tengan en cuenta las condiciones de seguridad para la operación, las características geométricas del tajo como la inclinación y el espesor representan condiciones de trabajo inseguras y el personal está expuesto a golpes por caída de roca, elementos del sostenimiento o herramientas y malas posturas.

Finalmente, la poca demanda laboral fue otra condición que se tuvo en cuenta ya que al realizar el arranque de carbón con martillos picadores se requiere mayor número de trabajadores en el tajo que, si se utilizará un sistema de arranque mecanizado y se consideran dos factores importantes, la escasez de mano de obra, debido a que, en el sector se encuentran muchos proyectos mineros y la exposición de mayor cantidad de trabajadores a condiciones de trabajo que resultan difícil de cambiar como la sección del tajo.

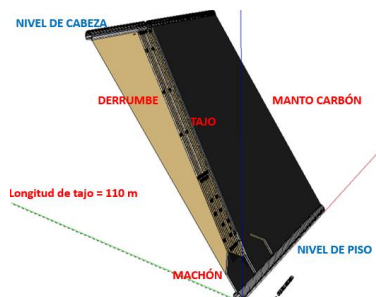
2.4 MARCO TEÓRICO

Los conceptos para considerar son: tajo, tambor de preparación, método de explotación por tajo largo, nicho de rozadora, arranque mecánico, rozadora, cabrestante, placa de poleas, tablero de distribución, tablero de control, winche, canoa.

2.4.1 Tajo.

Unidad de explotación sobre la que se desarrolla el trabajo de extracción de mineral de los mantos de carbón¹. Está delimitado por un nivel superior y un nivel inferior, los cuales se unen por una labor perpendicular denominada tambor de preparación, a partir de la cual se inicia la explotación.

Figura 3. Tajo de la mina.

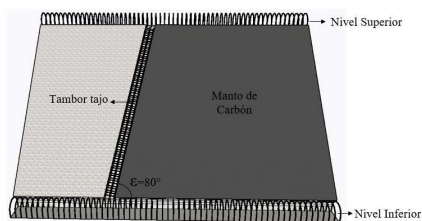


INCARSA S.A.S

2.4.2 Tambor de preparación.

Labor minera construida siguiendo el buzamiento del manto de carbón que delimita el inicio de un tajo, en el cual posteriormente se desarrollarán labores de explotación.

Figura 4. Tambor de preparación.



INCARSA S.A.S

1 MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Glosario técnico minero, Bogotá, 2015. p. 151

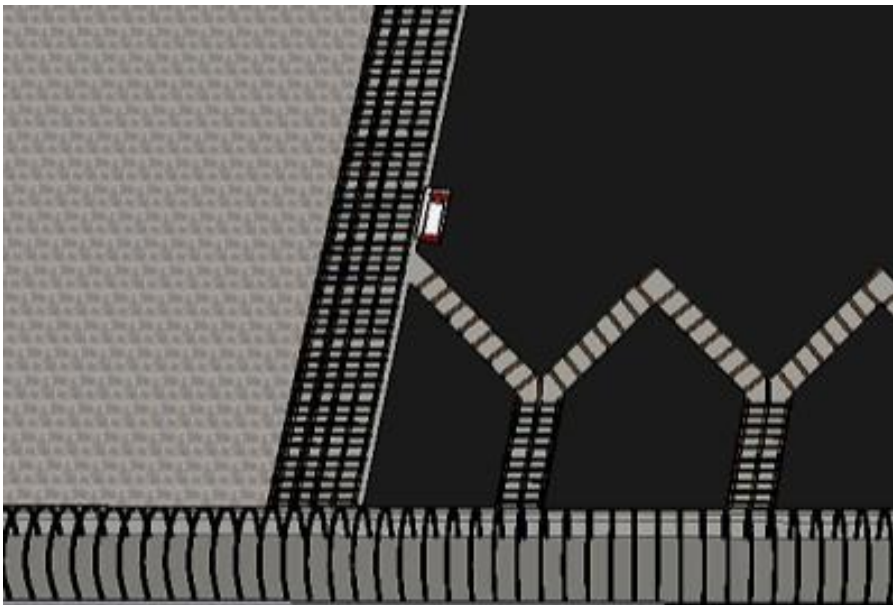
2.4.3 Método de explotación por tajo largo.

Método empleado en minería subterránea de carbón, en el que la extracción se realiza sobre toda la potencia del manto y en el largo del frente, el tratamiento al espacio vacío se puede dar de formas; una de estas, es con un sostenimiento desplazable, el cual se va retirando controladamente después de la extracción y que ocasiona un posterior derrumbe del techo (derrumbe dirigido); la otra forma es con sostenimiento fijo o no recuperable, sobre el cual se construye un cajón de llenado para depositar el material de avance de las labores del nivel superior del tajo.

2.4.4 Nicho rozadora.

Espacio generado en sentido de la explotación que permite resguardar la rozadora al terminar las labores de arranque de mineral.

Figura 5. Nicho rozadora.



INCARSA S.A.S

2.4.5 Rozadora.

Es una máquina utilizada en minería subterránea para la extracción de carbón, posee doble tambor de corte con picas autoafilables. El desplazamiento de la máquina se realiza por fuerza de la tracción ejercida sobre dos guayas de acero tendidas a lo largo del tajo engranada a la rueda motriz de un cabrestante (**Anexo A**).

Figura 6. Rozadora.



Autor

2.4.6 Cabrestante.

Es un dispositivo mecánico compuesto por dos rodillos giratorios alrededor de los cuales se enrollan dos cables de acero, uno de trabajo y otro de seguridad, los cuales permiten el izaje y desplazamiento de la máquina en pendientes inclinadas, estos rodillos son impulsados mediante un motor eléctrico permitiendo suministrar las velocidades a las cuales se deberán enrollar ambos cables (**Anexo B**).

Figura 7. Cabrestante.



Autores

2.4.7 Placa de poleas.

La placa de poleas es un chasis en acero utilizado para transmitir una fuerza, consiste en dos rodillos con canales por los cuales pasan las guayas que giran sobre un eje central escualizable. dando dirección a las guayas de trabajo y seguridad, así como al cable eléctrico y la manguera del agua.

Figura 8. Placa de poleas.



Autores

2.4.8 Tablero de distribución.

Es un componente de un sistema eléctrico de distribución que divide una alimentación de energía eléctrica en circuitos derivados, al tiempo que proporciona un disyuntor o fusible de protección para cada circuito, en un gabinete común.

Figura 9. Tablero de distribución.



Autores.

2.4.9 Genéfono.

Se utiliza para la comunicación autogenerada y produce la corriente al girar un pequeño generador manual que tiene detrás del micro, de ahí que no requiere corriente externa de ningún tipo, lo que le da una gran independencia y practicidad en ambientes complicados, por eso ha sido muy utilizado en minería. La intercomunicación se da entre dos genéfonos mediante un cable.

Figura 10. Genéfono.



Autores.

2.4.10 Winche.

El winche neumático, consiste en un rodillo giratorio impulsado por motores neumáticos, unido a una guaya que sirve para arrastrar, desplazar o levantar objetos de grandes cargas, con capacidad de una tonelada y una velocidad promedio de 60 m/min.

Figura 11. Winche.



Autores.

2.4.11 Canoa.

Estructura fabricada con ángulo y lamina, la cual posee un ancho de 50 cm, alto de 40 cm y un largo de 270 cm. Utilizada para transportar madera desde el nivel superior al interior del tajo.

Figura 12. Canoa.



Autores.

2.4.12 Tren de vagonetas.

Término con el que se designa el transporte vehicular (automotores), transporte hidráulico y transporte por correas transportadoras. También se utiliza en términos combinados, tales como: transporte de sedimentos y transporte de masa. 2. Movilización o desplazamiento de materiales como mena, carbón, estéril, insumos y otros, de un lugar a otro por cualquier medio manual o mecanizado.

Figura 13. Tren de vagonetas.



Autores.

2.4.13 Tecla de descargue de mineral.

El descargue en el método de explotación por ensanche de diagonales consiste en descargar el mineral a una tecla, tetero o salidero.

Figura 14. Tecla de descarga de mineral.



Autores.

2.14.17 Vagoneta.

Pequeño vehículo que circula por rieles tendidos de vía estrecha para el transporte de minerales y estériles de una mina, mediante una locomotora a la que es enganchada.

Figura 15. Vagoneta.



Autores.

2.5 GEOLOGÍA

2.5.1 Geología regional.

La estratigrafía de esta área corresponde al bloque estratigráfico Chiquinquirá - Arcabuco, de la cuenca Cordillera Oriental y se puede apreciar en la columna estratigráfica Regional Samacá (ver Anexo A). Dentro de la zona explorada es común

encontrar principalmente rocas de origen cretáceo, la cual se encuentra:

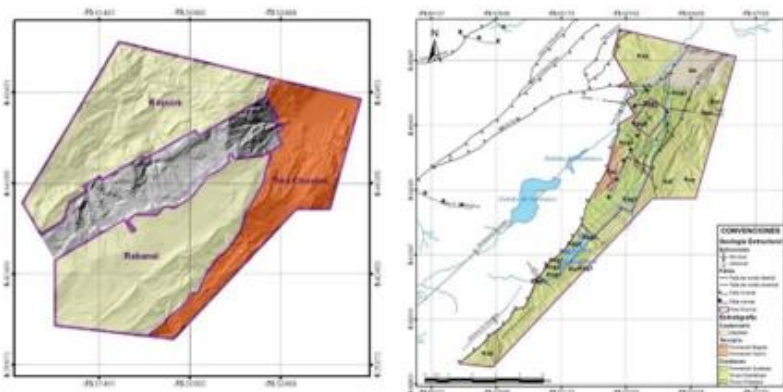
- **Formación Guaduas (KTg):** Fue descrita originalmente por Hettner (1892, en De Porta, 1974) para referirse a los materiales que afloran en la región de Bogotá y que están por encima del Grupo Guadalupe. Hubach (1931), denomina piso Guaduas a la secuencia que suprayace al Grupo Guadalupe y es infrayacida por el piso de Bogotá, por intermedio del Horizonte del Cacho que sería para este autor la parte más baja del piso de Bogotá.

2.5.2 Geología local.

El área donde se encuentra el contrato 070-98 está dividida geológicamente en tres bloques, bloque Ráquira, bloque Rabanal y el bloque tres chorros (figura 17), siendo este último donde se encuentra mina Samacá, en la cual se desarrolla este proyecto. En este bloque se encuentran unidades del Grupo Guadalupe, el cual constituye el núcleo del anticlinal de Consumidero y se pueden apreciar todos los niveles de la Formación Guaduas, por eso es considerado el bloque económicamente más importante, debido a que posee la extensión más grande en afloramientos de esta unidad litoestratigráfica.

En términos generales, este bloque hace parte del flanco occidental del Sinclinal de Guachetá o Sinclinal Checua Lenguaque; pero, en el caso específico de mina Samacá, esta zona hace parte del flanco oriental del Sinclinal, es por esto por lo que el buzamiento predominante es en dirección NW. Es importante tener esto presente, porque dependiendo del flanco del sinclinal cambian las calidades de los mantos.

Figura 17. Localización y geología del bloque tres chorros.



Acerías Paz del Río. S.A

- **Formación Guaduas (Ktg):** Es la unidad litoestratigráfica más importante desde el punto de vista económico y se presenta en el área del mapeo, con espesor medio de 1.100 m y subdividida en 5 niveles. Su delimitación y posicionamiento estratigráfico se dieron de forma sistemática, en áreas con afloramientos que se destacan de las capas-guía. Sin embargo, en lugares sin grandes ocurrencias visibles, la división de los niveles fue inferida a través de la topografía y espesor aparente. Los 5 niveles descritos en correlación con la columna propuesta por Reyes (1970), se detallan a continuación, de la base hacia la cima.
- **Nivel 1 (Ktg1):** Se sobrepone a la Formación Arenisca Tierna en contacto concordante. Consiste en una secuencia con predominancia de arcillolitas grises oscuras que, cuando poco modificadas, presentan laminaciones plano-paralelas. Su contacto con el nivel que lo cubre es poco preciso, y la no ocurrencia de carbón se destaca como un factor diagnóstico. El espesor aproximado es de alrededor de 150 a 180 metros. Se atribuyó a este nivel una sedimentación ocurrida en lagunas costeras influenciadas por una zona de marea, lo que explicaría la materia orgánica encontrada en las arcillolitas oscuras y las discontinuas y delgadas capas de areniscas.
- **Nivel 2 (Ktg2):** Este se considera el nivel más importante para la exploración de carbón, siendo constituido por varios niveles carboníferos significativos, de los cuales solamente 4 son destacables en el área de mapeo, en relación con sus espesores e importancia económica, siendo descritos por Reyes (1970), de la base hacia la cima, como los mantos; O, M, L, K.

Esta unidad se compone por arcillolitas oscuras con intercalaciones de areniscas espesas y lutitas negras, presentando espesores con variación entre 180 y 210 m. Los mantos carboníferos surgen por toda la secuencia, con espesores variando de 10 a 30 cm (mantos no explotables) y 60 a 110 cm para los mantos más importantes, ya citados. Sin embargo, aún estos pueden variar de espesor debido a la naturaleza plástica del paquete sedimentario un hecho que limita la clasificación de estos mantos en escala de afloramiento y superficie. Su delimitación y posición estratigráficas se registraron a través

de consulta verbal con los mineros de la región, que destacaban los mantos L y K como los más explotados, además del uso de marcadores estratigráficos como el paquete de arenisca de 10 a 20 metros de espesor, denominado “arenisca guía”, que separa este nivel del suprayacente, es decir, el Nivel 3.

El ambiente de sedimentación para este nivel es de tipo lacustre y pantanoso, cerca de la línea de costa, hecho relacionado con la presencia de capas arenosas y mantos de carbón. Nivel 3 (Ktg3). Considerado como segundo nivel en importancia de la Formación Guaduas, por la presencia de 5 mantos carboníferos significativos, descritos por Reyes (1970), de la base hacia el techo, como G, E, C, B, A. Estos mantos están distribuidos en un paquete sedimentario y se conforman por areniscas cuarzosas y lutitas oscuras, presentando eventualmente laminaciones plano-paralelas y alcanzando entre 210 y 250 m de espesor.

- **Nivel 4 (Kst4):** Los paquetes litológicos encontrados en este nivel componen una secuencia sedimentaria compuesta de areniscas cuarzosas cuya coloración varía entre clara y oscura y espesos paquetes de areniscas claras a rosadas con granulometría fina, ocurriendo además la intercalación de lutitas oscuras en estas capas, y sus espesores que varían entre 230 y 260 metros.
- **Nivel 5 (Kst5):** Dispuesta hacia el techo de la Formación Guaduas. Consiste en una secuencia con cerca de 120 a 150 metros de espesor, compuesta por arcillolitas y areniscas cuarzosas con intercalaciones delgadas de areniscas claras. No presenta ocurrencias de carbón. Los afloramientos son escasos y de difícil acceso. La depositación tuvo lugar en ambiente fluvial, con pequeñas fases pantanosas y a la no ocurrencia de carbón.

2.5.3 Geología Estructural

La región de Samacá y adyacentes fueron afectadas por una deformación de carácter frágil por fuerza de compresión, con transporte tectónico de W para E, relacionada a la orogénesis andina septentrional. Las principales estructuras son plegamientos simétricos y asimétricos con ejes de buzamiento hacia NE, fallas longitudinales inversas (dirección preferencial NE-SW) y fallas transversales normales y paralelas (dirección preferencial

NW-SE). Las fallas inversas están relacionadas a un sistema de cabalgamientos y retrocabalgamiento (fallas principales), y las fallas normales se relacionan a la acomodación tectónica. Las principales estructuras geológicas del área se describen a continuación y se relacionan en el Anexo B. (Tectónica de la Zona de Estudio).

- **Falla de Tres Chorros:** Se sitúa en el flanco suroriental del sinclinal, interesando la formación Guaduas Superior. El desplazamiento vertical de la falla es variable y aumenta hacia el valle de Samacá; en el sector de la mina Samacá es de 50 metros, con hundimiento del bloque noroccidental.

➤

2.5.4 Geología del yacimiento

En el área de estudio se pueden apreciar todos los niveles de la Formación Guaduas siendo los más importantes, los niveles Ktg 2 y Ktg 3, por la presencia de mantos de carbón que por sus características presentan interés económico en la zona y se relacionan en la Columna Estratigráfica de Mina Samacá. A continuación, se relaciona el nivel 3 al encontrarse en este, manto “C”, en el cual se centra este proyecto.

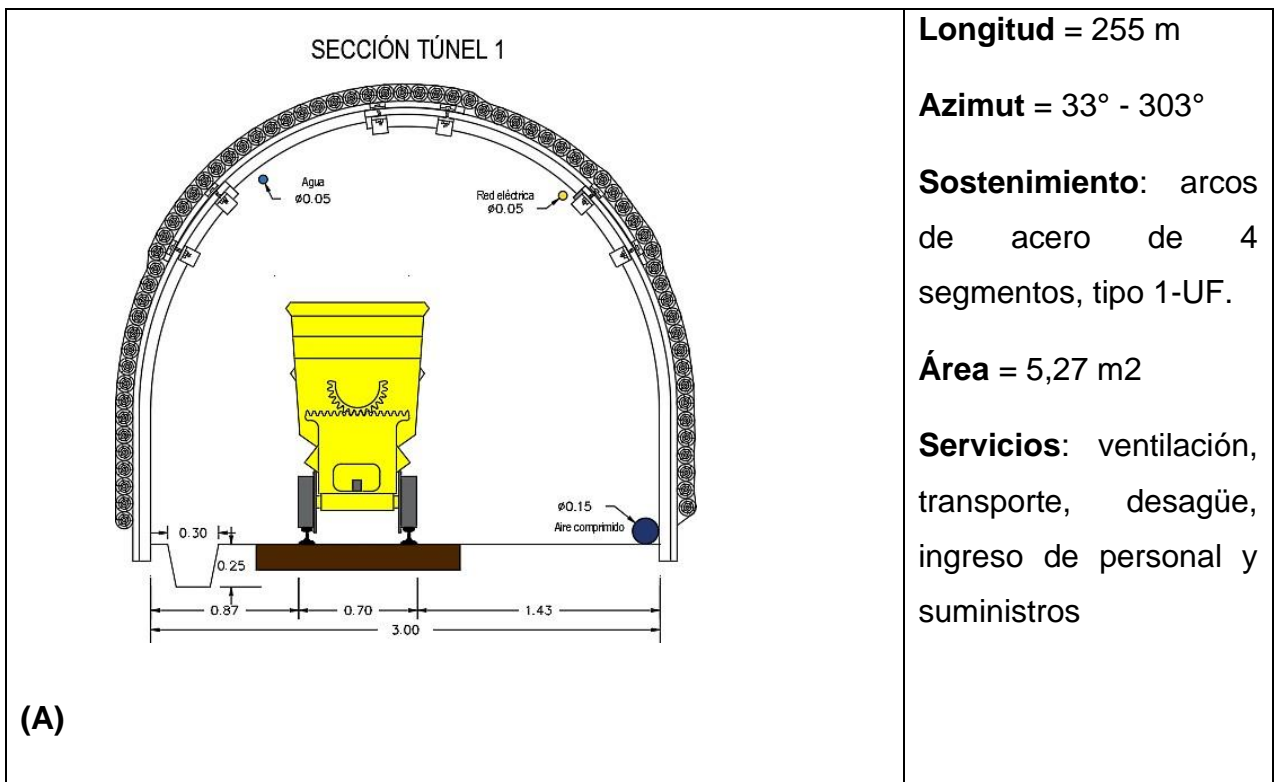
- **Nivel 3 (Ktg 3):** Presenta un espesor de 210-250m y en él se encuentran 5 mantos significativos de base a techo: G, E, C, B, A; con espesores de 70cm – 2,5m; estos se encuentran en un paquete sedimentario de areniscas cuarzosas y lutitas oscuras. Se presentan cintas de carbón de 30cm- 40cm, las cuales no presentan continuidad.
- **MANTO “C”:** El manto “C” en la región también recibe el nombre de manto La Ligada, es un manto que según el lugar corresponde a un carbón de medio a alto volátil, suele tener un espesor promedio de 0.60 m y se ubica 6 metros por debajo del manto La Limpia (manto B). Para el caso específico de mina Samacá, el manto “C” corresponde a un carbón alto volátil, tiene un espesor que está entre 0.9 m y 1.0 m y estratigráficamente se ubica 5 metros por debajo del manto B. Infrayacido por arcillolitas limosas negras a rojizas, suprayacido por arcillolitas y limolitas grises compactas, en el tajo se presenta con una disposición N36°E/45°NW.

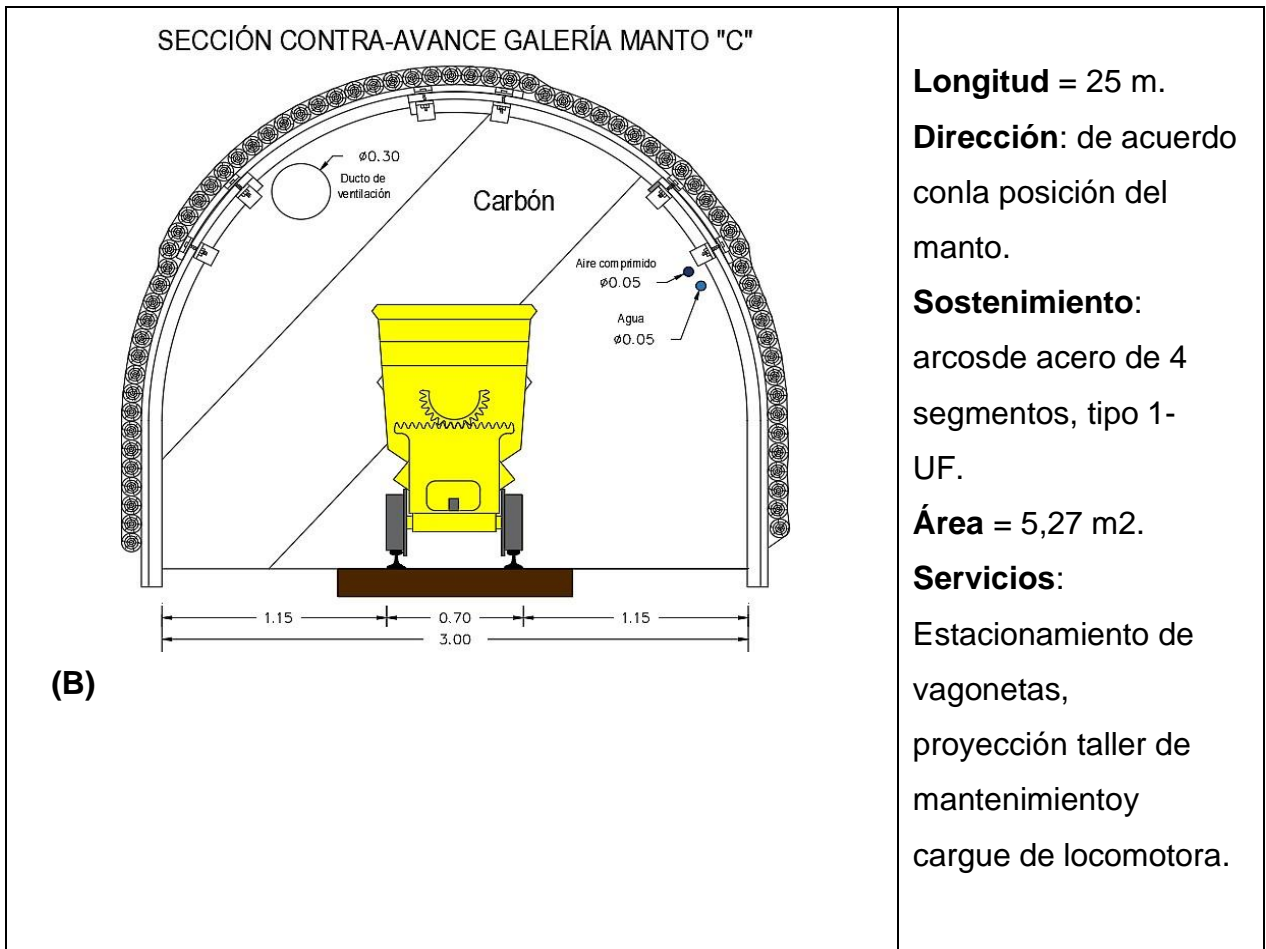
3. LABORES MINERAS

3.1 CONCEPTO

Se entiende como labor minera, cualquier tipo de actividad que involucre hacer excavaciones con el propósito de explotar un yacimiento de cualquier tipo de mineral. Este tipo de excavaciones puede ser de tipo de cielo abierto o yacimientos subterráneos. Es necesario recalcar la importancia de que cuando los tipos de excavaciones son de una sola entrada y por ende no cuenta una salida, se debe implementar un sistema de ventilación dentro de la mina. A continuación, se describen los diferentes tipos y secciones de excavaciones en la mina.

Cuadro 1. Dimensionamiento y caracterización de cada una de las secciones de excavación.





Fuente: Autores

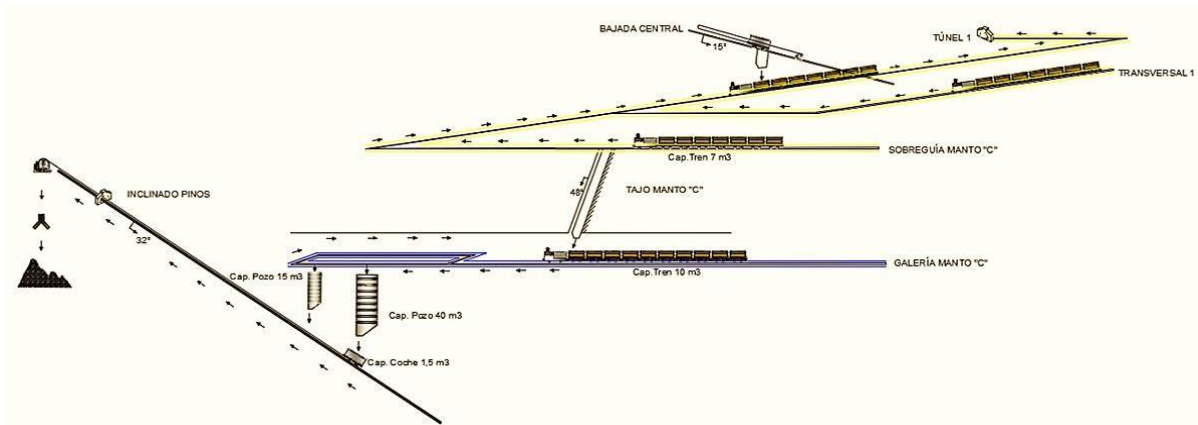
3.2 SERVICIOS

Para la empresa C.I MILPA S.A.S pueda ser competitiva y además ofrecer altas tasas de rentabilidad, se deben presentar o brindar actividades como se identifican a continuación, que tengan que ver consigo mismas en la cual se extrae el mineral, para mejorar y dar bienestar a los empleados y cumplir con las exigencias de los compradores.

3.2.1 Transporte.

La mina cuenta con un sistema de transporte conformado por dos locomotoras y 17 vagonetas para las labores a nivel y en las labores inclinadas el trasporte se realiza por medio de coches alados por malacates, como se presenta en el siguiente esquema (ver figura 18).

Figura 18. Esquema del sistema de transporte en la mina.



Autores.

Las locomotoras son eléctricas de marca Trariasa modelo T-50 (ver Cuadro 2.), una se encarga de llevar el material de túnel 1 a superficie, con un tren de 7 vagonetas, el cual abarca los frentes de la bajada 1, la transversal a medios y la sobreguía de manto "C".

La bajada 1 cuenta con una tecla de descargue que conecta directamente a Túnel 1, sin embargo, el material del frente es llevado hasta la tecla de descargue por una vagoneta alada por un malacate neumático. La otra locomotora está ubicada en la galería de manto "C", cuenta con un tren de 10 vagonetas (ver figura 19), este se encarga de llevar el material arrancado del avance y el contra avance de esta labor y el carbón del tajo, hasta los pozos de descargue que conectan con inclinado Pinos, se tienen dispuestos 2 pozos uno para roca y otro para carbón.

Cuadro 2. Locomotora Trariasa T-50.

LOCOMOTORA T-50	FICHA TÉCNICA	
	Modelo	TRARIASA T-50
	Peso (Kg)	5000
	Potencia (KW)	2 x 7
	Voltaje (V)	98
	Velocidad Max. (Km/h)	8
	Ancho de vía (mm)	600
	Sistema de frenos	Hidráulico y mecánico

Fuente: Autores.

Figura 19. Trenes de transporte de mineral en nivel de patio y en primer nivel inferior.




Autores

El material de los pozos es cargado a un coche de 2 Ton de capacidad por medio de teclas de descarga, el cual es alado y llevado a superficie por medio de un malacate (Ver Cuadro 3), de igual manera es llevado a superficie el material arrancado en el frente

del inclinado, posteriormente el coche descarga el material en un sistema de canales que lo distribuye en pilas de acuerdo con el mineral, se tiene un costado para carbón y otro para roca.

Cuadro 3. Malacate de inclinado Pinos.

MALACATE INCLINADO PINOS	FICHA TÉCNICA	
	Potencia (HP)	125
	Capacidad de arrastre (Ton)	4
	Factor de seguridad (Ton)	12
	Velocidad Max. (m/min)	96
	Diámetro guaya (pulg)	¾
	Motor	Eléctrico

Fuente: Autores.

3.2.2 Ventilación.

La mina cumple con lo requerido en el 1886 y cuenta con un circuito de ventilación óptimo, el cual se garantiza con la depresión natural de las labores de ingreso y salida del aire y un sistema mecanizado de ventilación, para el cual se tiene definida la entrada del aire limpio por túnel 1 y la salida del aire viciado por Inclinado Pinos (Ver Figura 20).

El sistema de ventilación mecanizado está integrado por 4 ventiladores y una serie de ductos que se extienden a lo largo de las labores, para garantizar una atmosfera adecuada dentro de la mina y se puedan llevar a cabo todas las labores mineras.


Figura 20. Isométrico de ventilación.



Mina SAMACÁ.

Para el sistema principal, se tiene ventilación natural por diferencia de cota de las labores de ingreso y de salida y ventilación mecánica conformada por 1 ventilador de 21 KW (Ver Cuadro 4.) el cual está ubicado en la sobreguía de manto “C”. Y el sistema auxiliar lo componen 3 ventiladores, uno de marca KORFMANN de 7,5 KW ubicado en túnel 1, el cual se encarga de llevar el aire limpio a los frentes de la transversal 1 y la bajada 1; otro de 3 KW ubicado en la sobreguía de manto “C” el cual lleva el aire limpio al frente de esta labor y el otro de 21 KW ubicado en superficie de inclinados pinos, el cual suministra el aire fresco a la galería de manto “C” y al inclinado Pinos por medio de un ducto de 0,6 m.

Cuadro 4. Ventilador Zitron de 21 KW.

VENTILADOR ZITRON	FICHA TÉCNICA	
	Modelo	ZEL 1-6-2122
	Potencia (KW)	21
	Corriente (V)	440
	Velocidad Operativa (m/seg)	1,65
	Diámetro Nominal (mm)	600

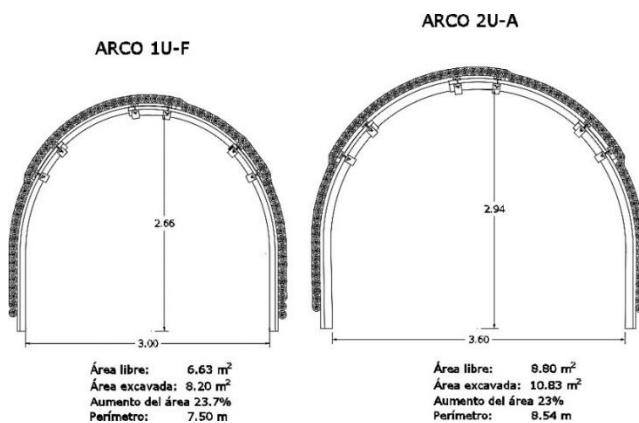
Fuente: Autor, ZITRON.

3.2.3 Sostenimiento.

La mina tiene un sistema de sostenimiento para las labores de desarrollo en arcos de acero de cuatro segmentos y cuenta con dos tipos de arcos, 1-UF y 2UA, los cuales se presentan en la Figura 21, la separación entre arcos varía según las condiciones del macizo, pero generalmente es de 0,9 m, esta se garantiza con la instalación de 5 trencillones por arco; el forro se realiza con madera rolliza y tablilla.

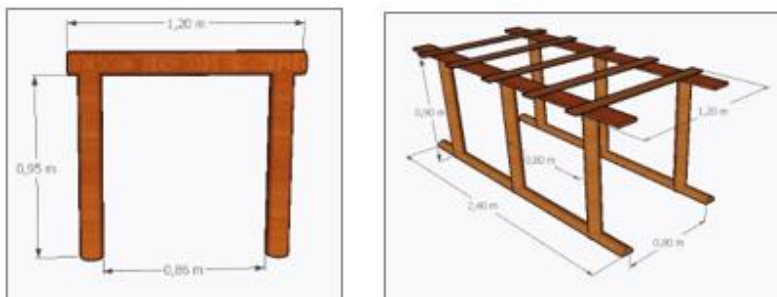
En el tajo el sistema de sostenimiento es con madera rolliza, para el tambor de explotación y los tambores de descargue se tiene escaleras dobles, el atizado se realiza con tablilla, para el tambor de personal y las diagonales se tiene sostenimiento con cuadros (Ver Figura 21.), además se tiene un sistema de canasteo en el tajo, para mejorar la seguridad y prevenir cualquier tipo de derrumbe.

Figura 21. Sección de arco de acero.



Mina SAMACÁ

Figura 22. Sostenimiento en madera con cuadros y escaleras dobles.



Autores.

3.3 ARRANQUE

3.3.1 Arranque con martillo picador.

En la mina se utilizan martillos picadores M-37-B (Ver Cuadro 5) para el avance de las labores que están siendo recuperadas, debido a que es material suelto y no es factible emplear el otro método de arranque mediante fragmentación con autostem, y para el arranque del carbón en el tajo como en las labores que intersecan el manto en su avance como la galería de Manto “C”, en las cuales se realiza un avance previo en carbón y luego se efectúa la fragmentación de la roca.

Cuadro 5. Martillo picador neumático.

MARTILLO PICADOR	FICHA TÉCNICA	
	Modelo	M-37-B
	Peso (Kg)	8,5
	Golpes/min	1650
	Consumo de aire (cfm)	38,8
	Presión de trabajo (Psi)	90

Fuente: Autor, EMISA.

3.3.2 Iluminación.

Para la iluminación se tiene el servicio de lampistería, el cual le proporciona a todo el personal que ingresa a la mina una lámpara personal recargable; además en el inclinado pinos y en la galería de manto “C”, se tienen lámparas para iluminación fija (Ver Figura 23).

Figura 23. Iluminación de mina y de personal.



Autores.

3.3.3 Aire comprimido.

Teniendo en cuenta que para el desarrollo de algunas de las labores mineras se utilizan equipos neumáticos, se cuenta con un sistema de aire comprimido, como se presenta en el Cuadro, para el cual se tiene en superficie un cuarto adecuado para un compresor marca KAESER de 175 Hp, el cual tiene una capacidad de 612,72 cfm y suministra a la mina 562,91cfm (Ver Cuadro 6).

Cuadro 6. Compresor KAESER DSD 175.

COMPRESOR KAESER	FICHA TÉCNICA	
	Modelo	KAESER DSD 175
	Peso (Kg)	3200
	Dimensiones L x A x H (m)	2.35 x 1.73 x 2.04
	Capacidad volumétrica (cfm)	851
	Potencia Motor (Hp)	175
	Tensión de alimentación (V)	440
	Nivel de ruido (dB)	74
	Sistema de enfriamiento	Agua

Fuente: Autores.

El aire del compresor pasa a un pulmón de 8000 litros de capacidad, ubicado en superficie y es direccionado dentro de la mina por medio de una tubería de 6" que constituye la red principal con 327 metros de longitud aproximadamente; esta se distribuye por túnel 1 y por la sobreguía de manto "C" hasta donde se tiene ubicado un pulmón de aire comprimido, el cual presenta una capacidad de 2600 litros, con el fin de garantizar la

presión requerida para el óptimo funcionamiento de los equipos, 90 psi. De la red principal se acoplan tuberías de 3" y 2" para llevar el aire comprimido a las demás labores, finalmente se acopla a la tubería que maneja cada equipo, para el caso de los martillos picadores es de ¾". En la Figura 24 se presentan los pulmones de aire comprimido del nivel patio.

Figura 24. Pulmones de aire comprimido del nivel del patio.



Autores.

Para el primer nivel inferior, el aire comprimido es conducido por medio de una tubería de 3", que se deriva de la tubería principal que sale del pulmón que se encuentra en superficie, pasa por inclinado Pinos y llega a la sobreguía de Manto "C" donde se tiene un pulmón de aire comprimido el cual tiene 2600 litros de capacidad.



3.3.4 Energía eléctrica.

Mina Samacá cuenta con una subestación eléctrica en superficie la cual suministra la carga eléctrica a un transformador que convierte el voltaje de 34500 V a 4160 V, el cual a su vez suministra la carga eléctrica un segundo transformador, el cual transforma el voltaje a 440V, de ahí la energía es distribuida al nivel patio manto "C" y por medio de cofres eléctricos anti explosión, se energiza una pala de 49,02 KW, una electro bomba de 18,64 KW, un ventilador Zitron con potencia de 21 KW, uno de 7,5 KW y otro de 3 KW. De la subestación eléctrica se distribuye además energía para un tablero de distribución, ubicado en la bocamina de inclinado Pinos, el cual energiza un ventilador Zitron de 21.

3.3.5 Cargue.

Para el cargue del material, la mina cuenta actualmente con una pala eléctrica modelo Z-30 en el frente de la sobreguía de manto “C” y una pala neumática modelo 21-B en la galería de manto “C” (Ver Cuadro 7). En los demás frentes el cargue a las vagonetas se realiza de forma manual con pala carbonera.

Cuadro 7. Pala eléctrica modelo Z-30 y pala neumática 21-B.

PALA ELECTRICA MODELO Z-30		PALA NEUMÁTICA 21-B	
			
FICHA TÉCNICA		FICHA TÉCNICA	
Modelo	Z-30	Modelo	21-B
Peso (Kg)	4600	Peso (Kg)	3260
Dimensiones: L, A, H (mm)	2620, 1320, 1545	Dimensiones: L, A, H (mm)	2110, 1380, 1530
Capacidad de carga (m3/min)	0,83-1	Capacidad de carga (m3/min)	1,05-1,5
Capacidad de la cuchara (m3)	0,3	Capacidad de la cuchara (m3)	0,3
Ancho de vía (mm)	500-900	Ancho de vía (mm)	600- 1200
Altura de descarga (mm)	1370	Altura de descarga (mm)	2410

Potencia (KW)	49,02	Consumo de aire (m3/min)	8-9
Voltaje (V)	440	Presión de trabajo (Psi)	90

Fuente: Autores, YUTONG Mining Equipement, MACKINA-WESTFALIA.

3.4 ORGANIZACIÓN FRENTES DE TRABAJO

La mina opera con un turno de trabajo de 7 am a 3 pm, en el cual se avanzan labores de desarrollo y preparación. En el cuadro 8, 9 y 10 se presenta la organización de los frentes de trabajo de acuerdo con condiciones operaciones como el sistema de arranque; aunque algunas labores presentan la misa designación de tareas no presentan el mismo avance debido a características como la dureza de la roca y la inclinación de cada labor.

Cuadro 8. Organización frente de trabajo-Arranque con martillo picador neumático.

Turno	Actividades	Tare a	Per so nal
7 am – 3 pm	Picar	<ul style="list-style-type: none"> •Revisar las listas de chequeo e inspeccionar el frente • Realizar desabombe • Realizar el arranque del material en la parte superiorde la sección con martillos picadores neumáticos 	3
	Instalar sostenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Correr rieles de empuje • Instalar capiz (2 secciones) de arco de acero • Iniciar el descargue del material arrancado • Realizar el arranque de la parte inferior y lateralescon martillos picadores • Instalar palancas de arco de acero 	

	Descargar el frente	<ul style="list-style-type: none"> • Terminar el arranque del frente • Terminar descargue de material arrancado • Limpieza y orden del frente 	
	Supervisar		1

Fuente: Autores.

Cuadro 9. Organización de trabajo con avance previo en carbón y fragmentación.

Turno	Actividades	Tareas	Personal
7 am - 3 pm	Picar sección de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar las listas de chequeo e inspeccionar el frente • Realizar desabombe • Realizar el arranque del carbón con martillospicadores neumáticos 	3
	Instalar sostenimiento de madera	• Instalar sostenimiento (tacos de madera) en la sección que se avanzó	
	Perforar	<ul style="list-style-type: none"> • Marcar malla de perforación • Perforar 	
	Efectuar fragmentación	<ul style="list-style-type: none"> • Cargar barrenos • Conectar barrenos • Medir continuidad • Evacuar personal • Efectuar la fragmentación de la roca 	
	Supervisar		1
	Descargue el frente	• Descargar el frente	

7 am - 3 pm	Instalar sostenimiento	• Instalar sostenimiento (Arcos de acero)	3
	Supervisar		1

Fuente: Autores.

3.5 PRODUCCIÓN

La producción que se tiene en cada frente de trabajo se calcula de acuerdo al avance por turno y la sección de cada labor, como se puede evidenciar en la Tabla 14, en las labores donde se realiza el arranque con fragmentación como inclinado Pinos y Transversal 1, aunque se perfora a igual longitud de 1,2 m , en la transversal 1 se tiene un avance efectivo de 1 m /turno; mientras que en inclinado pinos se tiene un avance de 0,6 m en el turno luego de la fragmentación, donde se deja instalado sostenimiento y en el siguiente turno se termina el arranque con martillos picadores y se avanza 0,6 m, para completar el avance 1,2m de la fragmentación.

En la Sobreguía manto “C” y la Bajada central, en las cuales se realiza el arranque con martillos picadores, se tienen avances de 0,9 m y 0,6 m respectivamente, este último es menor debido a que en la Bajada Central, el cargue del material es manual y es una labor de recuperación que está próxima a salir a superficie a menos de 50 m y por seguridad se debe considerar una separación entre arcos menor e instalación de malla electrosoldada y tablilla para reforzar el sostenimiento.

En la Galería de manto “C” y el contra-avance de la misma labor, se tiene un avance previo en carbón de 2 m en un turno, en el cual se deja instalado sostenimiento con madera en la sección que se avanzó, se perfora y efectúa la fragmentación en la sección de roca y en el siguiente turno se avanzan 2 metros de la sección en roca restante de la sección de la labor y finalmente se tiene un avance de 2 metros en 2 turnos.

Cuadro 10. Producción de labores por turno.

Labor	Sistema de arranque	Material de avance	Sección (m2)	Avance Turno (m)	Producción (m3)
Inclinado Pinos	Fragmentación	Roca	8,2	0,6	4,92
Transversal 1	Fragmentación	Roca	10,83	1	10,83
Sobreguía manto "C"	Martillo Picador	Roca	10,83	0,9	9,747
Bajada central	Martillo Picador	Roca	10,83	0,6	6,498
Galería manto "C"	Matillo picador para avance previo en carbón y fragmentación para sección en roca	Roca y carbón	Roca = 7,12 Carbón =3,71	1	Roca = 7,12 Carbón =3,71
Contra-avance galería manto"	Matillo picador para avance previo en carbón y fragmentación para sección en roca	Roca y carbón	Roca = 5,60 Carbón =2,60	1	Roca = 5,60 Carbón =2,60

Fuente: Autor

4. LABORES DE EXPLOTACIÓN

4.1 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.

El proyecto mina Samacá ha definido para la explotación de manto “C” el método de tajo largo con relleno, la elección del método de explotación corresponde a las características geométricas y geológicas del manto (Ver Cuadro 11). Actualmente se adelantan labores de desarrollo y preparación para la explotación en un tajo, el cual está delimitado por un nivel superior, denominado sobreguía manto “C” y un nivel inferior, denominado galería manto “C”.

Cuadro 11. Características del manto.

Características	
Espesor promedio (m)	0,9
Buzamiento (°)	48
Calidad de los respaldos	buena
Continuidad en rumbo (m)	+ 1000
Continuidad en buzamiento (m)	+ ó - 400

Fuente: Autores.

4.2 SISTEMAS DE ARRANQUE EN EL TAJO.

El arranque es la forma como se desprende la roca o el mineral del frente de explotación, de acuerdo con el método de explotación que se tiene definido en el proyecto, tajo largo con relleno y/o derrumbe dirigido, se presentan dos sistemas de arranque, arranque con martillos picadores y arranque con rozadora.

4.2.1 Arranque con martillo picador.

Para el arranque en el tajo se utilizan martillos picadores neumáticos modelo M-37-B (Ver cuadro 6) este sistema se cataloga como semimecanizado, debido a que estos martillos facilitan el arranque del carbón a los trabajadores mejorando el rendimiento, comparado con el sistema manual con pico y pala.

Este sistema consiste en organizar en el frente de explotación del tajo, el cual tiene una longitud de 98 m y un altura de 0,9 m, 7 parejas de picadores, cada una con un martillo picador, a la distribución del personal se le denominan tareas, en las cuales se asigna a cada pareja aproximadamente 14 m de longitud en sentido del buzamiento, con un avance efectivo de 0,9 m en sentido del rumbo, para que se realice el arranque de forma ascendente y a medida que se avance y se genere el espacio se instale sostenimiento, el cual se tiene definido con escaleras dobles de madera. Cada pareja construye vendas en madera, estas son tablas que se ubican transversalmente en la sección de la calle inmediatamente anterior al frontón, para delimitar la tarea y de esta manera evitar que el material arrancado golpee a los demás trabajadores que se encuentren en la parte inferior, teniendo en cuenta que el grado de inclinación del tajo es bastante pronunciado, 48°.

La producción con este sistema de arranque se tiene estimada en 100 toneladas diarias, lo que representa mensualmente 2000 toneladas; con un rendimiento hombre turno de 7 m; lo cual indica que se emplean 14 hombres para realizar el avance de 0,9 m en el tajo, gran cantidad de personal para la producción que se tiene, lo que influye en los costos y en la seguridad al tener mayor personal expuestos a golpes por caída de roca, elementos o herramientas que se utilizan para avanzar frente.

4.2.2 Arranque con rozadora.

El arranque con rozadora Poisk II comprende, además, de un tablero de control, un cabrestante doble tambor, una placa de poleas para el cable de acero tractor, el cable de seguridad, el cable eléctrico de alimentación y la manguera de agua para refrigeración de motores y una red de comunicación por medio de Genéfono. Este sistema se clasifica como mecanizado debido a que la fuerza humana se reduce a operar una máquina por medio de mandos hidráulicos y esto implica mejores rendimientos si se compara con otro sistema semimecanizado como el arranque con martillos picadores neumáticos.

En el tajo de manto "C" donde se realiza el arranque con rozadora, esta inicia el ciclo de operación desde la galería de manto "C", donde se encontrará dentro de un nicho y empezará su recorrido por el eje del tajo hasta la sobreguía de manto "C", por medio de

cables de acero que permitirán su ascenso, rozando el mismo ancho de sus tambores, es decir 0.9 metros por la longitud del tajo, la cual varía de 83 m a 89 m debido a las diagonales y a los machones de protección que se dejan para proteger el nivel inferior, esta máquina será controlada por dos operarios que la acompañan en el recorrido por el tajo, los cuales estarán en constante comunicación con el nivel superior, con los colaboradores que estarán operando el tablero de control de la rozadora y el cabrestante.

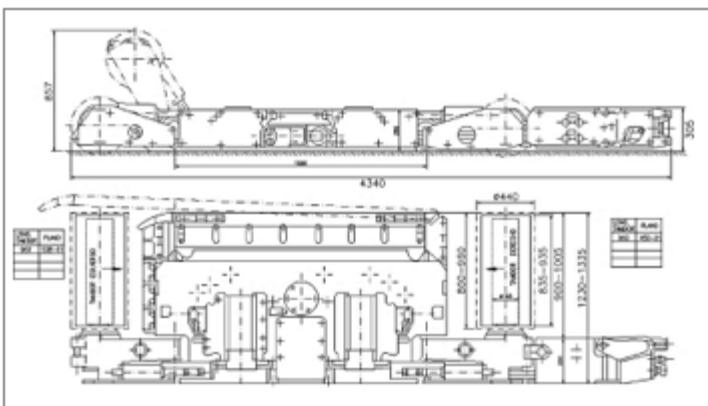
4.3 DESCRIPCIÓN BÁSICA DEL SISTEMA DE LA ROZADORA

4.3.1 Funcionamiento de la rozadora.

La rozadora Poisk-II de pared es una máquina excavadora doble tracción, que posee un sistema de trabajo por medio de tambores rotatorios, montados sobre brazos articulados, ubicados en los dos extremos de la máquina, provistos de herramientas de corte llamadas picas, las cuales son intercambiables y están construidas por aleaciones de carburo de tungsteno dentro de una matriz de acero sometida a tratamientos de endurecimiento; el tambor ubicado en el extremo de la máquina que inicia el corte del carbón está ubicado en el piso y el tambor de la parte posterior de la máquina está ubicado más cerca al techo, estos tambores son controlados por un grupo de mandos hidráulicos, los cuales indican la altura de cada uno para rozar el carbón.

Además, esta rozadora cuenta con una bomba hidráulica de 18,5 KW, sistema de aspersión en los tambores, sistema hidráulico de refrigeración de motores y el cuerpo de la máquina tiene forma de skip, lo que permite el arrastre e izaje en el tajo, por medio de dos cables de acero. El dimensionamiento y ficha técnica de la rozadora se muestran en la Figura 25 y la Cuadro 12.

Figura 25. Dimensiones de la rozadora Poisk II.



Mackina-Westfalia S.A

Cuadro 12. Ficha técnica rozadora Poisk II.

FICHA TÉCNICA ROZADORA POIK	
II	
Regulación inferior en altura del tambor atrasado (mm)	400
Regulación superior en altura del tambor atrasado (mm)	850
Descenso del tambor por debajo del muro (mm)	50
Achura nominal de corte del tambor, mm	1000
Velocidad de avance de la rozadora (velocidad del cable en el radio medio de enrollamiento del tambor del cabrestante) (m/min) Trabajo	0,76 / 1,33 / 1,95
Maniobra	5,9
Esfuerzo de tracción máximo en el cable de trabajo del cabrestante (KN)	115
Potencia del accionamiento de la rozadora (KW)	2 X 30
Tensión de alimentación (V)	440
Rendimiento calculado (Ton/min)	0,6

Dimensiones principales, máquina estándar	4.340
Largo (mm)	1.335
Ancho (mm)	305
Alto (mm)	3.838
Masa (Kg)	

Fuente: Autores. Mackina-Westfalia S.A.

Esta máquina es sostenida y halada por dos cables de acero de una pulgada de diámetro; uno de los cables presta el servicio de trabajo o movimiento de la máquina en ascenso para efectuar la rozada en el tajo y para la bajada de la máquina donde se realiza la limpieza del mineral sobrante en el tajo y posteriormente se guarda en el nicho de protección para la máquina, el otro cable es el de seguridad para detener la máquina y evitar que esta pierda el control en el tajo cuando de efectuó cualquier tipo de maniobra distinta a la de extraer mineral, es decir cambio de vagonetas, paradas por falta o exceso de agua, ente otras; además, a este cable se asegura por medio de grapas, el cable eléctrico de alimentación de la rozadora, el cual estará cubierto por un caucho lona. La rozadora que se va a implementar en mina Samacá es una rozadora de derecha, puesto que los tambores de rozado se encuentran ubicados a la derecha del chasis del equipo.

La rozadora puede trabajar con tres velocidades para el ascenso y operación, las cuales son controladas desde el cabrestante, estas dependen de la dureza del carbón, donde el primer cambio de velocidad es para mayor dureza y el tercer cambio para menor dureza, además se cuenta con un cambio de maniobra que es el usado para bajar la máquina.

4.3.2 Funcionamiento del cabrestante.

El cabrestante es un dispositivo que cuenta con un motor eléctrico de 15 KW de potencia, el cual impulsa dos rodillos sobre los cuales giran los cables de acero que permiten el ascenso y descenso de la rozadora por el tajo. Este tiene 3 cambios de velocidades para el ascenso de la rozadora, los cuales dependen de la dureza del carbón y es el operador de la rozadora quien indica por medio de genéfono al operador del cabrestante con cual cambio se trabajará. Además, cuenta con otro cambio para el descenso de la rozadora, el cual se denomina “maniobra” y es el cambio de mayor velocidad.

Para el inicio de la rozada el cabrestante se ubica en el nivel superior, 30 metros por delante de la calle a rozar, pero a medida que se avance el tajo se debe correr este dispositivo, por medio de polipastos manuales de cadena; la distancia mínima a la cual debe quedar de la calle a rozar son 15 metros.

4.3.3 Funcionamiento de la placa de poleas.

La placa de poleas consta de dos rodillos con canales por los cuales pasan las guayas de acero que vienen del cabrestante y las direcciona al tajo. Adicional a esto a la guaya de seguridad se asegura el cable de alimentación de la rozadora por medio de grapas y la manguera del agua para la refrigeración de motores de la rozadora.

En la placa de poleas, se va a tener a un colaborador quitando las grapas que están asegurando el cable eléctrico y la manguera del agua a la guaya de seguridad, cuando la rozadora está ascendiendo por el tajo, para que esta se enrolle con normalidad en los rodillos del cabrestante; también tiene que estar colocando las grapas cuando la rozadora este descendiendo por el tajo, para asegurar el mangón donde va el cable eléctrico y la manguera del agua. Esta se ubica en el nivel superior en la salida del tambor rozadora y se debe correr 1 metro en cada turno de rozada, cuando la rozadora este a 2 metros de llegar al nivel superior, para poder realizar el despunte de esos dos últimos metros con martillo picador neumático.

4.3.4 Funcionamiento del tablero de control.

El tablero de control es donde se tienen los mandos de parada y puesta en marcha de la rozadora y el cabrestante, adicional a esto, cuenta con una parada de emergencia la cual bloquea a los dos equipos al tiempo. Entonces de este tablero sale el cable de alimentación eléctrica para el cabrestante y para la rozadora, este último se dirige hasta la placa de poleas donde se va a asegurar a la guaya de seguridad con grapas para realizar el ingreso al tajo. Este dispositivo eléctrico, va sobre un soporte con carretones para facilitar su desplazamiento porque a medida que se avanza el tajo se tiene que desplazar; al iniciar la rozada se debe ubicar a 25 metros por delante de la calle a rozar y debe quedar a una distancia mínima de 10 metros por delante de la calle a rozar, cuando

se encuentre a esta distancia se debe desplazar el tablero de control junto con el cabrestante y ubicar a la distancia que se mencionó inicialmente.

4.4 CRITERIOS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE ROZADO EN EL TAJO

4.4.1 Criterios geológicos.

- Continuidad del manto en rumbo y buzamiento.
- El espesor del manto debe estar entre 0,44 y 0,85.
- El buzamiento debe ser mayor a 35°.

4.4.2 Criterios geológicos.

Para el diseño del tajo se tiene que:

- La longitud máxima del tajo debe ser de 160 metros.
- El ángulo de volcamiento debe estar entre 10 y 40°.
- El tajo debe presentar un sesgo de 80°.

4.4.3 Criterios operativos.

- El tajo debe contar con una red de comunicación mediante genéfonos, como mínimo debe tener disponibles 3 de estos.
- La mina debe contar con un sistema de energía eléctrica que garantice el funcionamiento de la rozadora y el cabrestante, para ello se debe garantizar un voltaje de 440V y una carga total de 76,23 KVA, la cual debe ingresar a un tablero de control antes de ser direccionada a la rozadora y el cabrestante, por lo que se deben tener en cuenta los demás equipos que requieren energía eléctrica para su funcionamiento, que estén en el mismo nivel del sistema de la rozadora.
- La rozadora requiere de un sistema de agua para refrigeración de motores, la cual a su vez funciona como control de polvo al tener salida por unos aspersores ubicados en los tambores de corte, para lo cual en el nivel superior del tajo se debe con una red de agua y una cuba para su almacenamiento y control.
- Teniendo en cuenta el rendimiento de la rozadora de 0,6 ton /min, la mina debe contar con sistema de transporte continuo o si el caso es de continuar con el sistema discontinuo con locomotora y vagonetas, se debe tener disponibilidad de

mayor numero de vagonetas y garantizar que en el turno se evacue todo el material que se arranca del tajo.

4.4.4 Criterio de formación.

La implementación de la rozadora como sistema de arranque del tajo, requiere una formación adicional, que debe ser contemplada por la empresa; pero que además representa para mineros, ingenieros, técnicos y tecnólogos en seguridad y salud en el trabajo, electromecánica y en topografía, un valor agregado en la experiencia de su hoja de vida.

4.4.5 Criterio de rendimientos.

- La operación de arranque de carbón en tajos para avanzar una calle de 0,9m, con rozadora tiene una duración de 2 a 3 horas, mientras que si se utilizan martillos picadores esta operación dura 8 horas.
- La cantidad de personal requerido para el arranque en el tajo con rozadora es de 6 colaboradores, en cambio la cantidad de colaboradores para operar el tajo de mina Samacá con martillos picadores es de 14 picadores.

4.4.6 Criterio de seguridad.

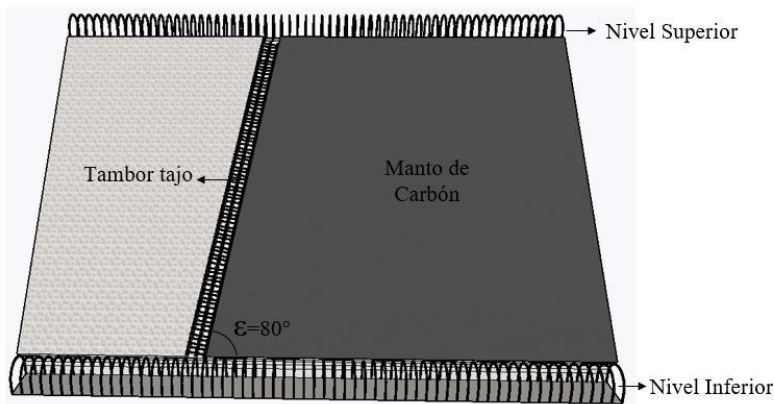
- El arranque de carbón en un tajo implementando rozadora requiere de 2 colaboradores en el tajo, los cuales estarán operando la máquina mediante mandos hidráulicos, mientras que en el tajo de mina Samacá operado con martillos picadores, requiere 14 picadores, lo cual implica mayor personal expuesto a difíciles condiciones de trabajo, como lo es el alto nivel de vibración de un martillo picador y la mala postura expuesta a altos niveles de esfuerzo a la hora de arrancar el carbón con un martillo picador, sumado a otras condiciones como la proyección de partículas, los altos niveles de ruido, el esfuerzo por sostenerse en una superficie que presenta una inclinación de 48° como lo es el tajo de mina Samacá.
- La operación del tajo con rozadora requiere de 6 colaboradores, los cuales 2 estarán en el tajo operando la rozadora y los demás estarán en el nivel superior operando el cabrestante, el tablero de control y estarán pendientes de la placa de

poleas, luego del realizar el arranque estos colaboradores se distribuirán en el tajo para realizar el posteo o instalación de sostenimiento en el espacio vacío luego de la operación, mientras que la operación del tajo con martillos picadores requiere 14 colaboradores, los mismos que realizan el arranque realizan el posteo, lo que implica de nuevo un mayor número de personas en el tajo expuesto a golpes por caída de roca, de elementos de sostenimiento y de herramientas, así como a cortes o machucones a la hora de realizar el corte e instalación de la madera.

4.5 TAJO LARGO CON RELLENO

El método de tajo largo con relleno, es la forma como se llevará a cabo la explotación en mina Samacá y comprende la delimitación de un bloque de explotación por medio de dos niveles, los cuales se conectan por un tambor que se avanza por el buzamiento del manto extrayendo su espesor de base a techo y a partir de este se inicia la explotación por calles a lo largo del tajo (Ver Figura 26). El tratamiento al espacio vacío se realizará mediante relleno con el material arrancado del avance de las labores del nivel superior.

Figura 26. Diseño del método de explotación.



Autores.

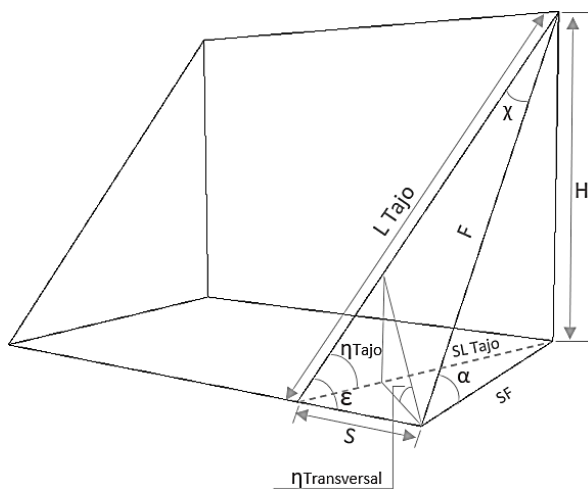
Con este método de explotación se implementará un sistema de arranque mecanizado mediante rozadora Poisk II, el sostenimiento es con madera, utilizando escaleras dobles y el descargue del material se efectúa por gravedad, debido a la inclinación del tajo.

En pie de tajo posterior a la calle de explotación, se tienen tambores de descargue contruidos a doble calle con una longitud de 5m para almacenar el material arrancado en el ciclo de rozada y posteriormente descargarlo a las vagonetas que se encuentran en el nivel inferior. Los tambores de descargue se conectarán entre sí y con la calle de avance del tajo por medio de diagonales, las cuales guiarán la carga hacia para el descargue, por lo que presentan un ángulo de inclinación de 45°, además estas labores servirán como vía de evacuación en caso de alguna emergencia. El tratamiento al espacio vació que queda luego de la explotación del carbón, se realizará con la construcción de un cajón para llenado con el material arrancado en el nivel superior.

4.5.1 Dimensionamiento del tajo.

Definición de parámetros que se utilizan para el dimensionamiento del tajo:

Figura 27. Dimensionamiento del tajo.



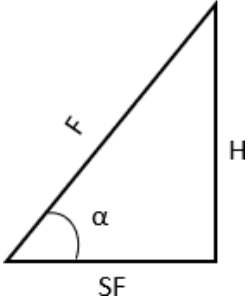
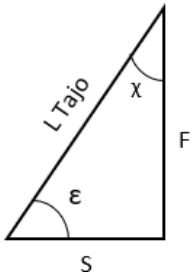
Módulo 1.

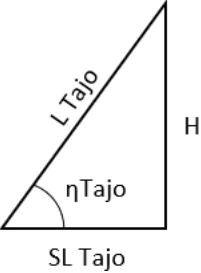
- Diferencia de cota (H): distancia vertical entre los dos niveles que delimitan el bloque.
- Longitud de tajo (L Tajo): distancia medida en la dirección del eje del tajo y entre las paredes interiores de las vías que delimitan el tajo.
- Longitud normal en el buzamiento (F): distancia normal sobre el piso del manto entre los dos niveles.

- Longitud de adelanto (S): distancia medida en la dirección de a galería inferior entre la longitud normal en el buzamiento y el eje del tajo.
- Proyección de F (SF): es la proyección sobre la horizontal de la longitud normal en el buzamiento.
- Proyección de L tajo (SL Tajo): proyección horizontal de la longitud del tajo.
- Angulo de buzamiento (α): ángulo de elevación con respecto a la horizontal del manto o capa.
- Angulo de sesgo (ϵ): es el ángulo medido sobre el piso del manto entre la línea del rumbo y el eje del tajo. siempre es menor a 90° .
- Angulo de inclinación del tajo (η Tajo): es el ángulo de inclinación del eje del tajo.
- Angulo Transversal (η Transversal): es el ángulo en un plano vertical, en el vértice donde confluye, longitud normal en el buzamiento, proyección de la longitud normal en el buzamiento y la línea de sesgo; y formando el plano, la línea horizontal desde este vértice hasta cortar perpendicularmente la línea de proyección del eje del tajo, luego la línea vertical hasta el piso del tajo, para cerrar en el vértice inicial.
- Ángulo de volcamiento (χ): es el ángulo determinado sobre el piso del manto entre la línea de buzamiento y el eje del tajo en su extremo superior.

Cuadro 13. Cálculos para el dimensionamiento geométrico del tajo.

Datos de entrada	
Diferencia de cota = $H = 71,944 \text{ m}$	Angulo de Buzamiento = $\alpha = 48,24^\circ$
Cálculos	

	<p>Longitud normal en el buzamiento:</p> $F = 71.94 / \sin(48.24) \quad (1)$ $F = 96,447 m.$ <p>Proyección horizontal de la longitud normal en el buzamiento:</p> $SF = 96,447 m * \cos(48,24^\circ) \quad (2)$ $SF = 64,234 m$
	<p>Longitud del tajo</p> $L_{Tajo} = 96.447 / \sin(80) \quad (3)$ $L_{Tajo} = 97,934 m$ <p>Longitud de adelanto</p> $S = \cos(80^\circ) * 97,934 m \quad (4)$ $S = 17,006 m$ <p>Angulo de volcamiento</p> $\chi = \sin^{-1}(17.006) / 97.934 \quad (5)$

	$X = 9,999^\circ$
	<p>Angulo de inclinación del tajo:</p> $\eta_{Tajo} = \sin^{-1} (71.94) / 97.934 \quad (6)$ $\eta_{Tajo} = 47,27^\circ$ $SL_{Tajo} = 66,452 \text{ m}$
<p>$\sin \eta_{Tajo} = \sin a * \sin s \quad (8)$</p> $\eta_{Tajo} = \sin^{-1}(\sin 48,24^\circ * \sin 80^\circ)$ $\eta_{Tajo} = 47,27^\circ$	<p>$\sin \eta_{Transversal} = \sin a * \cos (S) \quad (9)$</p> $\eta_{Transversal} = \sin^{-1}(\sin 48,24^\circ * \cos 80^\circ)$ $\eta_{Transversal} = 7,44^\circ$

Fuente: Autores.

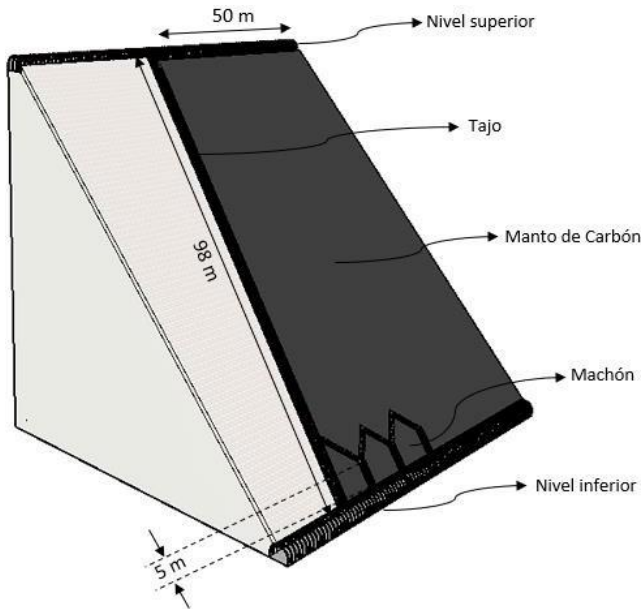
4.5.2 Características del tajo.

Para la implementación de la rozadora, el tajo deberá cumplir con unas características específicas las cuales se enuncian a continuación y se representan en la Figura 31.

- Las labores de desarrollo en ambos niveles deberán estar avanzadas como mínimo 50 metros en sentido del rumbo.
- Se iniciará con un tambor a doble calle, que partirá desde la galería de manto “C” realizando el arranque con martillo neumático.
- El tambor presentará un ángulo de sesgo de 80° en sentido del arranque.
- El tambor anteriormente mencionado se ensanchará para así tener como mínimo tres calles.
- Se avanzarán 0,4 metros desde la última calle, para adecuar el frontón y poder hacer el ingreso de la rozadora.
- La cuelga o distancia entre niveles será de 98 metros.

- Se dejarán machones de 5 metros en el pie de tajo, para proteger el nivel inferior mientras se realiza el arranque en el tajo; posteriormente serán recuperados con martillos picadores y se instalarán canastas.

Figura 28. Representación gráfica del tajo.



Autores.

4.6 SELECCIÓN DE LA MÁQUINA Y CARACTERÍSTICAS

Para la elección de este equipo se debe tener mucho cuidado, puesto que cada equipo posee características distintas en cuanto a condiciones de trabajo y costos (directos e indirectos), además de la funcionalidad que debe presentar, de esta manera se mencionan algunos criterios en la elección de estos equipos. De tal forma y según los criterios seleccionados “considerando las características de la mina, del macizo rocoso y del mismo equipo” la rozadora elegida fue la Poisk-II. Estos equipos son relativamente fáciles en su manejo, el cual se realiza a través de cofres de mando que se encuentran en el nivel de cabecera, y en la maquina misma la cual se maneja a través de unas palancas de mando (manuales) que impiden que el equipo se desvíe (atravesase en el tajo) de su trayectoria (Figura 29), como ya fue mencionado es importante mantener el suministro de agua para el equipo, se debe recordar que este equipo se escogió con su fuente de movimiento a través de energía y no neumáticamente, esto debido a que las

maquinas neumáticas reducen su efectividad, además el consumo por m³ de aire es más costoso que el costo por kW consumido, con el montaje eléctrico se aumenta la eficiencia del equipo y su mantenimiento es menor, simplemente basta con realizar chequeos periódicos al cableado.

Cuadro 14. Tipos de máquinas rozadoras.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES	TIPOS DE MAQUINAS			
	H-2	H-1	TEMP-1	POISK-2
Potencia en régimen permanente o potencia de cabeza	90Kw	120Kw	70Kw (38unih.)	2*22Kw
Número de motores	1	1	1	2
Refrigeración del motor	Agua	Agua	Aire	Agua
Longitud total	4,452m	6,182m	4,980m	4,290m
Altura	0,470m	0,590m	0,480m	0,280m
Número de tambores	2	2	2	2
Diámetro de los tambores	650 mm	650/800mm	650mm	330/400 mm
Longitud de los tambores	1000mm	1000/900mm	900mm	900mm
Altura máxima de corte	1202mm	1158/1233mm	1200mm	830mm
Profundidad máxima de corte al muro	151mm	185/260mm	30mm	30mm
Accionamiento	Manual	Manual	Manual	Manual
Peso	8,500Kg	9,500Kg	4,100Kg	3,910Kg
Resistencia a la compresión del carbón	650Kg/cm ²	800Kg/cm ²	250Kg/cm ²	300Kg/cm ²
Buzamiento de la capa	35-90°	35-90°	35°-80°	35-85°
Potencia de la capa	0,6-1,2m	0,8-1,2m	0,5-1,2m	0,36-0,75m

Fuente: UNIMINAS S.A.

Los diversos tipos de rozadoras existentes se acondicionan a terrenos con ciertas características geológicas, geotécnicas y topográficas, esto considerando que no todos los ambientes mineros bajo tierra se comportan de manera similar, más aún en el túnel Casablanca, en donde las condiciones geológicas son demasiado variables y micro fallas o fallas satélites que solamente pueden ser apreciadas en el avance interno de la mina. Los datos descritos a continuación fueron realizados por los contratistas, encargados del montaje y puesta en marcha del equipo, sabiendo que ellos tienen una trayectoria en el manejo de estos equipos de más de 40 años.

Figura 29. Rozadora tipo H1.



UNIMINAS S.A.

La rozadora tipo H1 y Poisk-II mostradas en las figuras 31 y 32 son las que más se emplean en países europeos como España, Rusia, Ucrania, Alemania, entre otros. En la figura 33 se tiene un plano real de la máquina que se utiliza para la elaboración de este proyecto e implementación en mina SAMACÁ (**Anexo C**).

Figura 30. Rozadora Poisk-II para proyecto.



UNIMINAS S.A.

4.6.1 Rendimientos de la rozadora

Para calcular el rendimiento que puede obtener una máquina rozadora es necesario sopesar todos los factores que pueden afectar al mismo. Para el cálculo de dicho rendimiento se propone la siguiente expresión:

$$R_{exd} = C_e * R_t * n * C_i * C_d$$

- R_{exd} : Rendimiento de excavación.
- C_e : Coeficiente de eficiencia (Cuadro 16).
- n : Número de trabajo de horas al día.
- C_i : Coeficiente de número de tiempo muerto no disponible en cada relevo.
- C_d : Coeficiente de tiempo disponible para el rozado.

El coeficiente C_d se define del Cuadro 15:

Cuadro 15. Valores de C_d .

C_d	Condiciones de Trabajo
10%	Condiciones pésimas.
20%	Terrenos malos con varias frases de ejecución realizadas con la misma rozadora en los que se coloca un sostenimiento sistemático importante.
50%	Cuando se trabaja por un frente en una sola fase y con un sostenimiento de cuantía ligera.
85%	En condiciones óptimas sin ningún impedimento para el trabajo de la máquina (situación no real)

Fuente: UNIMINAS S.A.

Cuadro 16. Tabla de valores CE.

Grado	Condiciones de trabajo	Coefficiente de Eficiencia C_E
1	Buenas condiciones. Se produce poco polvo	1
2	Solera en malas condiciones. Poco polvo.	0,86
3	Mucho polvo. A veces toca interrumpir el trabajo.	0,69
4	Solera en malas condiciones. Mucho polvo	0,52

Fuente: UNIMINAS S.A.

Cuando la roca es muy abrasiva, para una misma dureza de la matriz rocosa, disminuye el rendimiento instantáneo de rozado.

4.6.2 Costo de utilización.

Los sumandos que componen el costo de utilización de una rozadora son:

$$C_u = C_{EX} + C_P + C_I/V \text{ (ptas/m}^3\text{)}$$

Donde:

C_u : Costo de utilización

C_{EX} : Costos de excavación (maquinaria, repuestos, reparación, aceites, etc.)

C_P : Costo de picas.

C_I : Costo de instalación

V : Metros cúbicos totales rozados.

4.6.3 Costo de excavación.

El costo de excavación se obtiene de la siguiente expresión:

$$C_{ex} = P/R_{exd}$$

Donde:

C_{ex} : Costo de excavación

P : Pesetas día.

R_{exd} : m³/día (rendimiento).

La determinación de R_{exd} se obtienen del Cuadro 17:

Cuadro 17. Rendimiento de rozado.

Potencia de la cabeza de corte (kW)	Resistencia a la compresión simple del terreno (kg/cm ²)					
	1200	1000	500	300	200	80
	Rendimiento m ³ /h ($C_E = 1$) R_t					
3300	23	29	50	72	94	116
200		12	29	48	67	81
110			27	27	34	46
50				12	17	41
40				6	12	35
20					3	12

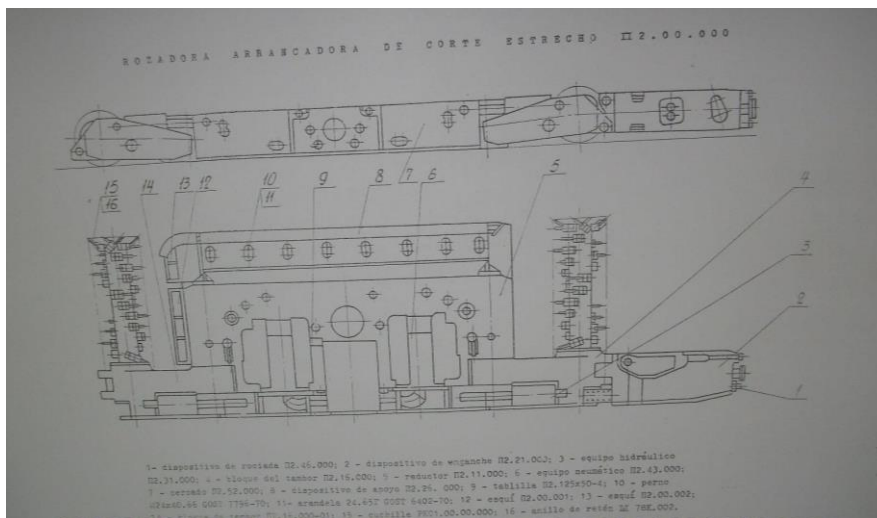
Fuente: UNIMINAS S.A.

La anterior tabla muestra los rendimientos de rozado para distintas durezas del terreno y potencias de las máquinas.

4.6.4 Rozado y carga en una misma operación.

Este sistema se desarrolló por la firma alemana Westfalia, en el que el cabezal de corte girando de abajo hacia arriba, a la vez que corta, carga el material y alimenta un transportador central colocado en el mismo brazo articulado. Este sistema permite efectuar excavaciones puntuales de dimensiones muy reducidas de aplicación en túneles en terrenos blandos cuya estabilidad así lo aconseja. Este sistema se emplea únicamente en máquinas de potencia media, siendo los dos sistemas primeramente descritos los utilizados para máquinas de mayor potencia.

Figura 32. Vista lateral y superior de la rozadora Poisk-II.



UNIMINAS S.A.

La rozadora de carbón es una máquina de 2 x 30 kW (Cuadro 18.) de potencia equipada con dos tambores de corte adecuada para trabajar en capas inclinadas estrechas. La rozadora tiene dos versiones: normal y realzada, de esta forma las potencias de roza alcanzadas se encuentran en un rango entre 1,1 a 2,5 m.

Cuadro 18. Datos técnicos de rozadora Poisk-II.

Regulación inferior en altura de tambor, mm	400
Reg. Superior en altura del tambor atrasado, mm	850
Descenso del tambor por debajo del muro, mm	50
Anchura nominal de corte del tambor, mm	1000
Velocidad de avance de la rozadora (velocidad del cable en el radio medio de enrollamiento del tambor del cabrestante), m/min. Trabajo maniobra	0,76/1,33/1,95/5,9

Esfuerzo de tracción mínimo del cable cabrestante, KN	115
Potencia del accionamiento de la rozadora, kW	2x30
Tensión de alimentación, V	3xVarias
Rendimiento calculado, t/min.	0,6
Dimensiones principales, máquina estándar:	
Largo, mm.	4340
Ancho, mm.	1335
Alto, mm.	305
Masa, kg.	3838

Fuente: UNIMINAS S.A.

4.7.1 Motor y sistema eléctrico.

La potencia se suministra a la rozadora mediante un motor asíncrono trifásico antideflagrante de las siguientes características:

- Potencia nominal: 80/120kW.
- Tensión nominal: 525V.
- Frecuencia nominal: 50Hz
- Número de polos: 4.
- Clase de aislamiento: F.
- Clase de servicio: S1.
- Modo de protección: EEx d I LOM 03ATEX1087x.

El motor está refrigerado por agua y dispone de sondas térmicas para desconexión en caso de sobrecalentamiento superior a 120 °C. La conexión de potencia se realiza a través de una entrada de cable antideflagrante. El motor tiene en un compartimento separado la caja de conexiones y el seccionador.

La parada de emergencia del motor se lleva a cabo mediante dos interruptores situados en los extremos de los brazos de la máquina. Los interruptores quedan bloqueados tras pulsarse y se desbloquea mediante tracción (**Anexo E**).

El equipo de arranque está formado por dos tambores con el eje de rotación horizontal, situados en los extremos del cuerpo. Las particularidades constructivas características de la rozadora son las siguientes: La rozadora tiene dos motores eléctricos cinemáticamente enlazados entre sí. El dispositivo de enganche está unido con el bloque de tambor por medio de articulación.

El tablero de mando de la posición de los tambores está situado delante de los tambores en el dispositivo de enganche. Los pulverizadores del dispositivo de rociado están situados directamente en los brazos de los tambores. El montaje de nuevo de la máquina en un taller de diferente mano no necesita piezas recambiables y no hace falta montar de nuevo los tambores con las cuchillas, los elementos de transmisión y la inversión de los motores. Los tambores pueden ser desconectados independientemente del reductor.

4.7.2 Sistema hidráulico.

El sistema hidráulico de la rozadora tiene como función la operación de los cilindros hidráulicos mediante los cuales se consigue el movimiento de los brazos, así como el engrase de los reductores. Existen 3 circuitos independientes, el primero o principal se encarga del accionamiento de los cilindros responsables del movimiento vertical de los brazos, y los otros dos o auxiliares se encargan de engrasar los reductores. Los cilindros, de doble efecto, de elevación de los tambores tienen carreras diferentes, estando limitada la del cilindro delantero respecto al trasero.

Este sistema cuenta además de un bloque hidráulico 3/8G de paso libre y dos correderas, un sistema con válvula de seguridad en la rozadora como se muestra a continuación.


Figura 33. Bloque hidráulico con válvula de seguridad.



UNIMINAS S.A.

Figura 34. Válvula de retención pilotada del bloque hidráulico.

Válvula de retención pilotada <i>Pilot check valve</i>	
Datos técnicos hidráulicos <i>Hydraulic technical data</i>	
Presión máxima de trabajo <i>Max. working pressure</i>	250 bar
Caudal nominal <i>Nominal flow rate</i>	Ver diagramas <i>See performance curves</i>
Relación predescompresión <i>Pre-descompression ratio</i>	15:1
Relación apertura <i>Opening ratio</i>	2,4:1
Fluido recomendado <i>Fluid to be used</i>	ISO 6743 Tipo HM, HV ó HG ISO 3448 Cat. VG32, VG46
Gama de temperaturas del fluido <i>Fluid temperature range</i>	-20° C... +80° C
Gama de viscosidades <i>Viscosity range</i>	4 - 500 cST
Grado de limpieza del aceite <i>Recommended fluid cleanliness</i>	19/16 s/. ISO 4406 - RP70H
Peso aproximado <i>Aprox. weight</i>	1.850 kg.



Serie / Type 1VRH

Roquet.

El bloque hidráulico que se encuentra a continuación del motor tiene por función alimentar el sistema hidráulico de la rozadora. La carcasa del bloque hace de depósito de aceite. Dentro de ella se encuentra una bomba que participa del giro del motor y que es la encargada de dar la presión necesaria al aceite para mover los cilindros hidráulicos, así como para engranar todos los engranajes y rodamientos. El aceite se introduce en el reductor, engrasa todos los sistemas y vuelve libremente al bloque hidráulico. Asimismo,

aquí se encuentran también los pulsadores o equipos de mando de la rozadora para hacer subir o bajar los cilindros hidráulicos, así como la válvula de seguridad.

4.7.3 Sistema de refrigeración.

La máquina dispone de un circuito de agua que cumple la doble función de refrigeración del motor eléctrico y desempolvado, para reducir la emisión de polvo al ambiente. La conexión de la red de agua a la máquina a través del dispositivo de enganche, el agua pasa por las camisas de refrigeración de los motores, volviendo al dispositivo de enganche. Mediante una tubería flexible, dicha agua puede ser reconducida al sistema de pulverizado o bien ser enviado a través de manguera fuera del tajo.

4.7.4 Sistema reductor.

El reductor está destinado para la transmisión del movimiento de rotación a los brazos de los tambores. Es la base para el montaje de las partes integrantes de la rozadora y determina su base rígida. El cuerpo del reductor tiene dos cámaras separadas interiores, dos vanos laterales y un vano central, abiertos por arriba y desde el lado de la pared delantera, dos mandrinados en los extremos del cuerpo desde el lado de la pared delantera, los cuales junto con los mandrinados de los costados forman los apoyos de los bloques de tambor. Para disminuir el desgaste, en estos mandrinados están empotrados unos casquillos templados. La parte voladiza de la base del cuerpo desde el lado de su pared de fondo (canal) sirve como salida (escape) para el carbón arrancado por el tambor adelantado. En la cámara interior más grande, que tiene dos orificios laterales de montaje, tapados con tapas, están situados los elementos del reductor: engranajes, manguitos dentados, árboles, ejes, cojinetes, etc. En la cámara interior central, que tiene un orificio de montaje superior, tapado está situado el bloque de la bomba.

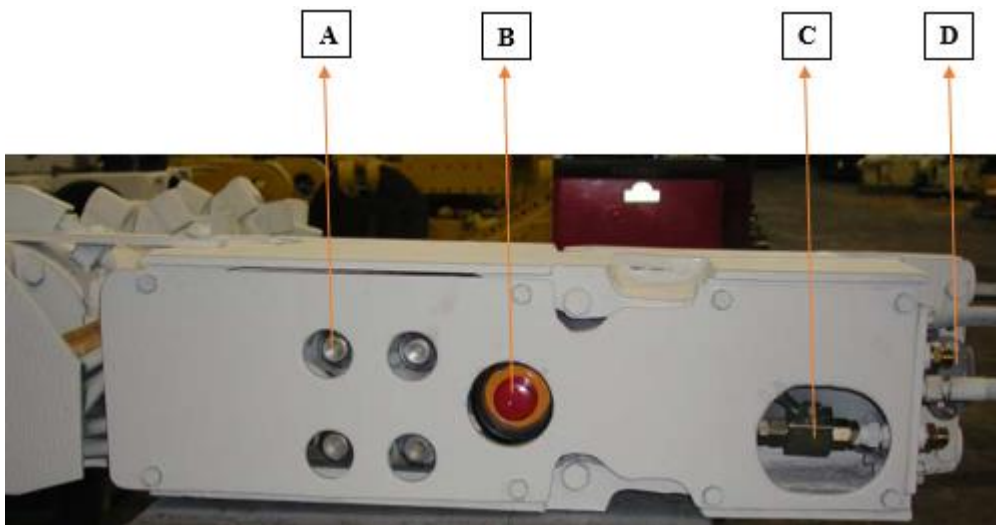
4.8 LUBRICACIÓN

La lubricación de las ruedas dentadas y de los cojinetes se efectúa por medio de inmersión y pulverización. El llenado y el control de lubricación se realizan de acuerdo con la carta del esquema de lubricación. El brazo de tambor está destinado para la

colocación del tambor del órgano ejecutivo y la transmisión del movimiento de rotación del reductor al tambor. En su parte superior se fijan los pulverizadores de agua.

El cuerpo tiene una Cámara interior con los mandrinados, dos espigas cilíndricas para el acoplamiento con el reductor y orejetas para el acoplamiento del dispositivo de enganche los cilindros hidráulicos. En la cámara interior están ubicados los elementos de transmisión: engranajes, piñón - eje, semiembrague, ejes, cojinetes, etc. El árbol de entrada (árbol de accionamiento 3 está provisto del semiembrague, que puede ser engranado o desengranado con el semiembrague 4 del reductor. Los tambores poseen 36 portapicas tipo U40, montándose de origen picas tipo U40 HD. La lubricación de las ruedas dentadas y de los cojinetes se hace por medio de inmersión y pulverización. El dispositivo de enganche está destinado para el acoplamiento de la rozadora con los cables de tracción y de seguridad del mecanismo de avance (cabrestante), siendo articulado respecto al brazo de roza. Se ubican además sobre él los siguientes dispositivos, según se ve en la siguiente figura 35.

Figura 35. Algunos dispositivos de rozadora.



UNIMINAS S.A.

De la figura anterior se puede describir:

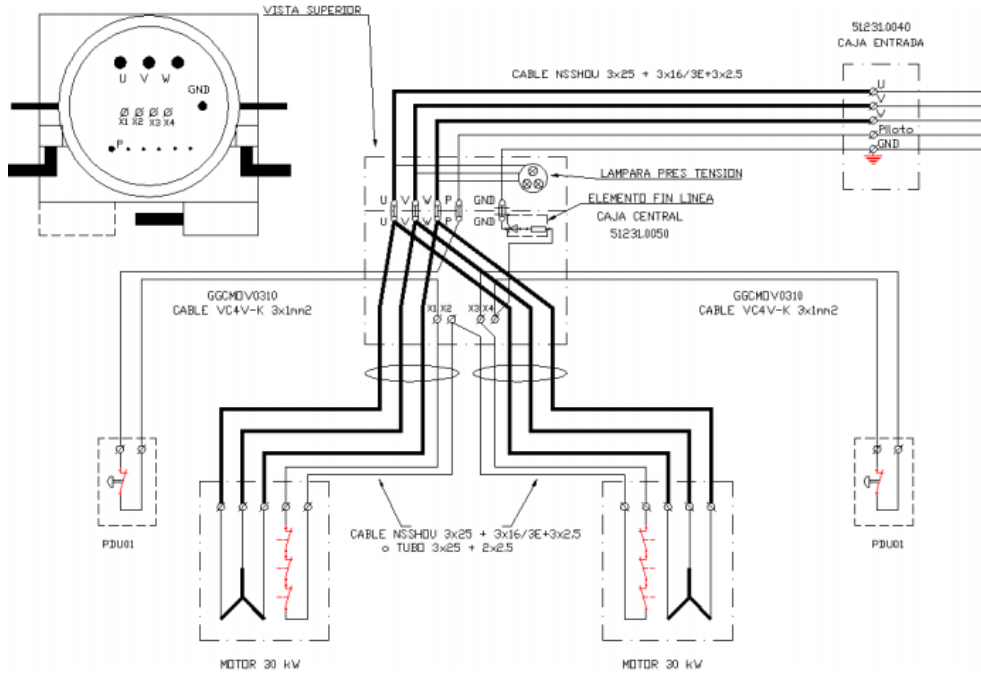
- A: Accionamiento de elevación de los dos tambores.
- B: Parada de urgencia.

- C: Llave de paso general de agua.
- D: Prensa de cable alimentación rozadora.

4.9 ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA ROZADORA

El equipamiento eléctrico de la rozadora se indica en el siguiente esquema:

Figura 36. Esquema eléctrico de rozadora.



UNIMINAS S.A.

El mando de la rozadora se realiza desde los propios de cofres de alimentación de esta en la galería de cabeza, los cuales están dotados de las señalizaciones y mandos necesarios:

- Detectores de Metano.
- Botoneras de marcha parada.
- Parada de urgencia.
- Bocina de prearranque.

4.9.1 Sistema eléctrico del cofre.

El cofre IKK150.01 puede utilizarse para realizar dos funciones eléctricas claramente diferenciadas: Control y protección de dos (2) motores eléctricos asíncronos hasta 150 A de consumo unitario, protección de BT de transformador o cofre de seccionamiento y protección de cable; dependiendo de la funcionalidad elegida cambia la apareamiento eléctrica interna y se añade a la nomenclatura común una letra distintiva.

4.9.2 Control de motores.

En tales aplicaciones, el cofre puede alojar en su interior hasta dos (2) módulos o slots idénticos, ambos con el apareamiento de maniobra, control y protección propios de un motor asíncrono de arranque directo en aplicaciones mineras subterráneas de minas clasificadas, brevemente lo siguiente:

- Fusibles tripolares hasta 150 A, categoría aM.
- Contactor tripolar de operación al vacío hasta 150A.
- Protección Lockout para monitorización previa a la conexión de defectos a tierra y, en su caso, inhibición a la conexión.
- Protección de sobrecarga ($I>$) de amplio margen de regulación.
- Protección de cortocircuito ($I>>$) coordinada con las curvas de fusión y limitación de los fusibles.
- Protección de fallo de fase (Ph).
- Monitorización de termistores (θ) internos de motor.
- Sistema de control y enclavamiento externo en categoría [ia] I.

5. ACTIVIDADES PREVIAS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ROZADORA POISK-II

5.1 LABORES DE DESARROLLO

El tajo de manto “C” en mina Samacá, en el cual se centra este proyecto está delimitado por un nivel superior denominado Sobreguía de manto “C” y un nivel inferior denominado Galería de manto “C”; estas labores corresponden a las labores de desarrollo debido a que permiten el acceso al manto y en el momento de la explotación, el ingreso de herramientas e insumos al tajo, así como el transporte del mineral arrancado. Estas labores deben estar adelantadas como mínimo 50 metros, a partir del tambor de la rozadora; debido a que la operación con rozadora requiere de espacio en el nivel superior para instalar el cabrestante, la placa de poleas y el cofre eléctrico, en cuanto al nivel inferior, se debe contar con el espacio suficiente para el estacionamiento del tren de vagonetas que realiza el transporte del material arrancado en el tajo.

5.1.1 Sobreguía de manto “C”.

Esta labor horizontal, corresponde al nivel superior del tajo, el sostenimiento se realiza con arcos de acero 2UA y se tiene una sección de 7,01 m², presenta una cuneta en el costado izquierdo para el desagüe, también se cuenta con una red de aire comprimido de 2” y un ducto de ventilación de 0,3 m de diámetro el cual garantiza la ventilación óptima en el frente por medio de un ventilador 3 KW. El avance se realiza con martillos picadores neumáticos debido a que es una labor de recuperación, el cargué con pala eléctrica y el transporte es con vagonetas y locomotora Trariasa T-50. Este nivel ha avanzado aproximadamente 120 metros desde la salida del tambor de la rozadora, lo que garantiza un desarrollo óptimo para la rozada en el tajo, debido a que el avance garantiza la operación en el tajo sin contratiempo en el nivel superior, por más de 5 meses.

La sobreguía se utiliza para el ingreso de suministros al tajo, como la madera, además permite el ingreso del aire al tajo para cumplir con el circuito de ventilación, también se tendrá en esta labor el mando de control de la rozadora, la comunicación y el ingreso del personal. La dirección de esta labor cambia de acuerdo a la posición del manto, la cual es importante a la hora de diseñar, controlar y realizar el avance; el manto debe estar

ubicado en la parte inferior al costado derecho de la sección, la ubicación del manto respecto a la sección de la sobreguía debe garantizar el óptimo funcionamiento de la operación en el tajo y en la sobreguía; además se debe garantizar que la entrada al tajo desde este nivel tenga en cuenta que el volteo de vagonetas sea efectivo, cuando se esté realizando el descargue del material en el cajón de retro-llenado.

5.1.2 Galería manto “C”.

Esta labor horizontal corresponde al nivel inferior del tajo, el sostenimiento es con arcos de acero 2UA y presenta una sección de 8,15 m², cuenta con red de aire comprimido de 3” y un pulmón para garantizar la presión adecuada de trabajo, debido a que en el arranque y el cargue del material se utilizan equipos neumáticos; para el avance de esta labor se realiza un avance previo en carbón con martillos picadores y posteriormente se perfora, cumpliendo con una malla de perforación y empleando perforadoras neumáticas, finalmente se realiza la fragmentación, con fragmentador autostem y se arranca el material del resto de la sección; para el cargue del material a las vagonetas se utiliza pala neumática. Esta labor también cuenta con un ducto de ventilación de 0,6 m de diámetro que lleva al aire limpio la frente, el cual es impulsado por un ventilador de 21 KW ubicado en superficie.

Este nivel ha avanzado aproximadamente 186 m desde el tambor del tajo donde se iniciará el ciclo de rozado, lo que indica un avance óptimo como labor de desarrollo del tajo. Esta labor al igual que la sobreguía también requiere de un diseño condicionando por la posición del manto (Ver Cap. 7.1 Labores Mineras, apartado G), debido a que esta labor se utilizará para el descargue del material arrancado en el tajo a los dos trenes que estarán circulando por este nivel, transportando el material hasta los pozos de descargue.

5.2 LABORES DE PREPARACIÓN

5.2.1 Tambor para rozadora.

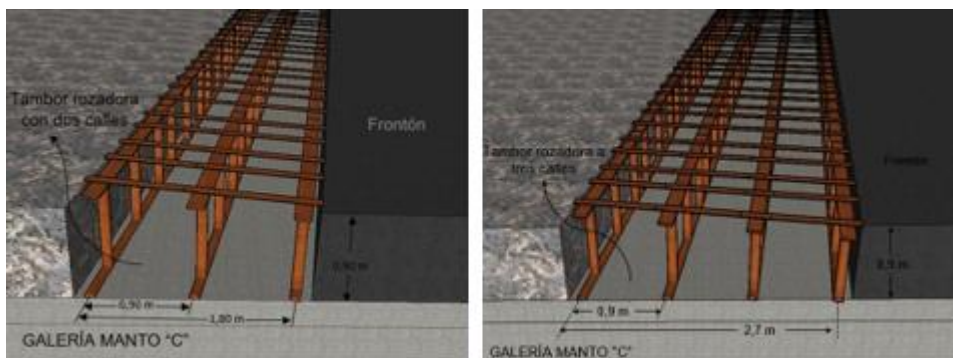
Entre las labores que delimitan el tajo, Sobreguía de manto “C” y la Galería de manto “C”, se construye un tambor a doble calle, desde el nivel inferior en dirección del buzamiento del manto con una longitud de 98 m, el cual presenta un ángulo de sesgo de 80 ° en sentido del arranque, se le da sesgo al tajo para la seguridad del minero ante la carga

arrancada, para mantener la rozadora sobre el frontón y evitar que esta dañe el sostenimiento de la calle inmediatamente anterior al frente de arranque; además porque incrementa la producción al presentarse mayor longitud del tajo, incrementa la presión sobre el frontón, lo cual ablanda el carbón y a su vez este se presenta menos pulverulento. Pero no se debe superar este ángulo de sesgo debido a que la esquina superior del tajo terminará en forma de cuña, lo que puede producir problemas ante el aumento de presiones, manifestándose por el agrietamiento y deterioro de la vía superior por la poca área de soporte.

El arranque en esta labor se realiza con martillo picador y el descargue del material es por gravedad, por ello se construye una tecla de descargue en el pie del tambor para que el material sea descargado al nivel inferior a las vagonetas.

El ancho de las calles es de 0,9 m; el alto es de 0,9 m y la inclinación promedio es de 48° , las dos últimas medidas dependen directamente de las características del manto por lo que a lo largo del tajo se tendrán algunas variaciones en espesor e inclinación (Ver Figura 37).

Figura 37. Tambor de preparación.



Autores.

5.2.2 Ensanchar tambor rozadora.

Se tendrán tres calles para iniciar la operación en el tajo de forma segura y organizada; se denominara tercera calle, la que está más próxima al frontón, esta será utilizada para ingresar los suministros al tajo por medio de canoa y para la ubicación de los operadores de la rozadora cuando se esté rozando, la segunda calle será canasteada para

complementar el sostenimiento y dar mayor seguridad al tajo y la primera calle, será la calle del personal, para lo cual se adecuará, con escalones de manera en el piso y con manila (Ver Figura 32).

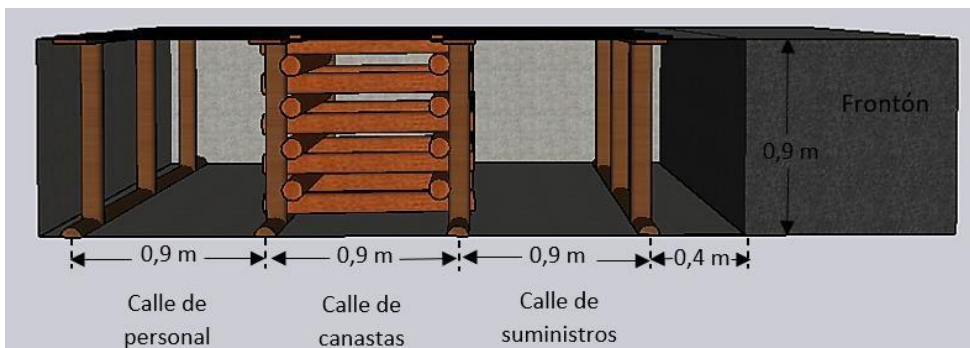
5.2.3 Canastear segunda calle.

Se canastea la segunda calle del tambor de la rozadora con el fin de garantizar el sostenimiento de la sección y mejorar la seguridad en el tajo, esta operación se realiza conjuntamente a medida que se tiene un avance significativo de la tercera calle, el cual permite instalar canastas sin afectar el rendimiento y el espacio adecuado para el trabajo. Las canastas se instalan a lo largo de toda la segunda calle con una separación entre canastas de 3 tacos aproximadamente 2,5 m, estas son canastas no recuperables y están formadas de madera rolliza, 16 tacos por canasta con longitud de 1m, teniendo en cuenta que el espesor del manto puede variar a lo largo del tajo, la cantidad de tacos también varía, lo importante es garantizar que, en la instalación de la canasta al disponer los tacos unos sobre otros cubran el espacio de piso a techo, para que la presión que ejercen estos sostengan los tacos, es por eso que también se utilizan cuñas de madera generalmente en la parte superior que mejore la estabilidad y conformación de la canasta.

5.2.4 Adecuación última calle.

La tercera calle o la calle, se ensancha 0,4 m, este espacio es necesario para la instalación y puesta en marcha de rozadora, debido a que es por ahí donde se extiende el cable de alimentación eléctrico y las guayas de acero que permiten el acenso, descenso e izaje de la rozadora en el tajo, además será el espacio para la parte de la rozadora a la cual se conecta el cable eléctrico, se engancha las guayas y donde se tienen los mandos para subir o bajar los tambores y la parada de emergencia (Ver Figura 38).

Figura 38. Perfil del tambor de preparación para la rozadora.



Autores.

5.2.5 Labores complementarias.

Amarre de arcos en la sobreguía: En la sobreguía se instalan 2 rieles traslapados en un arco, por debajo de las grapas de las palancas de los arcos donde se tiene proyectada la salida del tambor de la rozadora (Ver Figura 59. Inciso a), los cuales conjuntamente amarran 12 arcos; esta labor se realiza cuando se tiene un 60% de avance del tambor a doble calle de la rozadora, ya que el objetivo es que los arcos que serán intervenidos con la salida del tambor, no se caigan y trabajen juntamente con los demás arcos amarrados por los rieles, soportando las presiones del macizo rocoso.

5.2.6 Tambor de descargue.

Por delante del tambor de la rozadora se lleva un tambor de descargue a una distancia de 8 m aproximadamente, el cual se construye a doble calle con una longitud de 5 m y el sostenimiento se realiza con escaleras dobles (Ver Figura 39. b.), este cuenta con una tecla de descargue para evacuar el material arrancado a las vagonetas que están en el nivel inferior. Estos tambores se van construyendo a medida que avanza la operación en el tajo, este proyecto ha establecido como preparación contar con 3 tambores de descargue antes de indicar el ciclo de rozada.

Figura 39. (a) Amarre de arcos nivel sup. (b) Suministro de madera al nivel superior.



(a)

(b)

Autores.

5.2.7 Tambor de descargue.

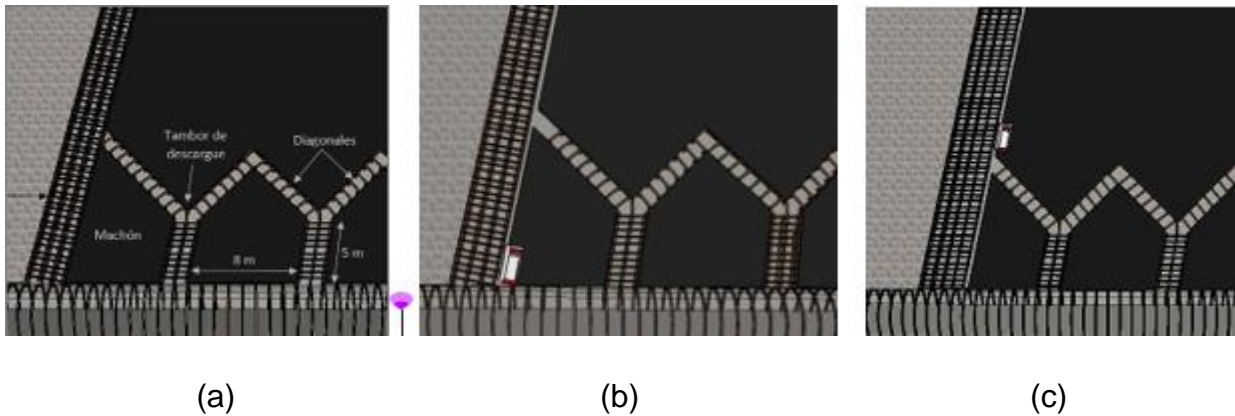
Por delante del tambor de la rozadora se lleva un tambor de descargue a una distancia de 8 m aproximadamente, el cual se construye a doble calle con una longitud de 5 m y el sostenimiento se realiza con escaleras dobles (Ver Figura 39. a.), este cuenta con una tecla de descargue para evacuar el material arrancado a las vagonetas que están en el nivel inferior. Estos tambores se van construyendo a medida que avanza la operación en el tajo, este proyecto ha establecido como preparación contar con 3 tambores de descargue antes de indicar el ciclo de rozada.

5.2.8 Diagonales de preparación.

Estas labores conectan los tambores de descargue con el tambor de la rozadora y los tambores de descargue entre sí y cumplen con dos objetivos, junto con los tambores de descargue, almacenar la carga que se tiene luego de la explotación del manto, si se llegase a presentar retrasos en el ciclo de transporte y por otra parte sirven como vías de evacuación en caso de una emergencia o atascamiento en pie de tajo.

Las diagonales tienen una longitud de 8 m con una inclinación de 45° para garantizar que la carga ruede y pueda ser conducida a los tambores de descargue. Estas diagonales van dispuestas en forma de “V” invertida como se muestra en la figura 40 inciso a.

Figura 40. (a) Tambores de descargue. (b) Ubicación primer nicho. (c) Disposición de nicho.



Autores.

5.2.9 Nicho rozadora.

Es una pieza que se construye para colocar la rozadora y posteriormente iniciar la rozada. Esta tiene de ancho 0,9m y 3 m de longitud, en esta labor no se instala sostenimiento y al iniciar la operación del tajo con rozadora, esta se ubicada en pie de tajo es decir donde el tambor conecta con la galería de manto “C”; posteriormente esta pieza se construirá sobre las diagonales (Ver Figura 40. Incisos b y c).

La función de esta labor es proteger la máquina, garantizar la seguridad en la operación al momento de guardarla o disponerla en el nicho, cuando termine la rozada, en lugar de dejarla izada en el tajo y pueda ocurrir un desgaste y rotura de las guayas de acero a las que está sujeta la rozadora.

5.3 ELECTRIFICACIÓN

El sistema de arranque mecanizado mediante rozadora Poisk II utiliza energía eléctrica para poder llevar a cabo la operación, por lo que se requiere una adecuación del sistema eléctrico para garantizar el voltaje necesario para el funcionamiento de los equipos y posteriormente realizar la instalación y montaje de estos dentro de la mina.

Para esto se realizó la instalación de un transformador Bomar dentro la mina, el cual se calculó con una carga total de 400 KVA, teniendo en cuenta la potencia activa y reactiva de los equipos que estarán operando el nivel patio de manto “C”, esto con el fin de

mantener la potencia necesaria para el sistema eléctrico del nivel; este transformador recibe un voltaje de 4160 V de la subestación eléctrica en superficie y lo entrega a 440 V a los tableros de distribución.

El tablero de distribución Nivel patio manto “C” es el que suministra la energía eléctrica al tablero de distribución y control de la rozadora el cual presenta una carga total de 76,23 KVA, este a su vez energiza a la rozadora con una carga de 56,84 KVA y al cabrestante con una carga de 19,38 KVA. Además, energiza un ventilador Zitron de 21 KW, una pala eléctrica de 49,02 KW y una electrobomba, para la operación en el nivel superior del tajo.

5.3.1 Ingresar transformador y tablero de distribución.

Para ingresar el transformador y el tablero de distribución Nivel patio manto “C” a la mina, se requiere la construcción de nichos eléctricos, los cuales estarán encerados y señalizados; el nicho del transformador está ubicado en túnel en 1 en la abscisa 0+200 (Ver Figura 41. Inciso a) y el nicho del tablero está ubicado en la sobreguía de manto “C”, en la abscisa 0+150 (Ver Figura 41. Inciso b).

Figura 41. (a) Nicho eléctrico transformador. (b) Nicho eléctrico tablero de distribución.



(a)



(b)

Autores.

5.3.2 Medición y distribución de cableado.

La distribución del cableado requiere de 325 metros cable minero 2/0 AWG para energizar el transformador BOMAR que se ingresó a la mina y el cableado de este hasta el tablero

de distribución Nivel patio manto “C”, con 150 m de cable minero 4/0 AWG. Luego se empieza a distribuir el cableado del tablero de distribución a los demás equipos, para la pala eléctrica se utiliza cable 1/0 AWG, para el ventilador Zitron y la electrobomba se utiliza cable N°8. Finalmente, para energizar el tablero de control de la rozadora se requieren 300 m de cable 1/0 AWG y de este sale el cable de alimentación de la rozadora, 120 m de cable N°4 y el cable para el cabrestante, 10 metros de cable N° 8.

5.3.3 Sistema de puesta a tierra.

El sistema de puesta a tierra tiene como objetivo, limitar la tensión que presentan las masas metálicas respecto a tierra, asegurar la actuación de la protección contra sobretensiones transitorias (protección de equipos), y la protección diferencial contra contactos indirectos (protección de personas) y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material eléctrico utilizado. La instalación de la puesta a tierra requiere de personal capacitado para ello y posteriormente de una revisión por parte de un ingeniero eléctrico con el apoyo de un telurómetro

5.3.4 Ensamblaje general del sistema.

Luego de realizar la energización del transformador, los tableros de distribución y control, además de contar con el sistema eléctrico óptimo, se procede a realizar el ensamble general del sistema, el cual empieza con el ingreso del cabrestante, la placa de poleas, los cables de acero, el de trabajo y de seguridad y el cable eléctrico de alimentación, por el nivel superior y el ingreso de la rozadora por el nivel inferior; y finaliza con el acople del sistema y una prueba de instalación del sistema.

5.4 FORMACIÓN

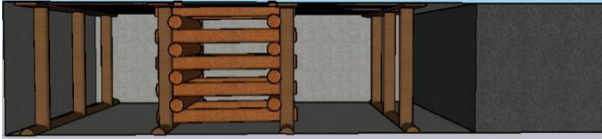

Para la formación del personal que estará en la operación del tajo con el sistema de arranque mecanizado mediante rozadora Poisk II en mina Samacá, se elaboraran Procedimientos de Trabajo seguro (PTS) para las actividades realizadas durante un ciclo de rozada (Ver Cuadro 19) y para la operación de los equipos involucrados en la operación, tomando como referencia la información de una empresa que esté desarrollando arranque en tajo con rozadora (UNIMINAS S.A.S.). Posteriormente se llevaran a los colaboradores e ingenieros involucrados en la operación del tajo con

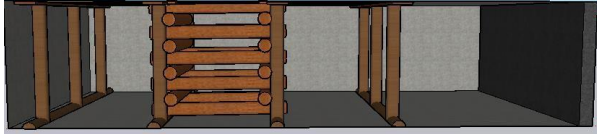

rozadora para capacitarlos en dicha empresa, para tener un aprendizaje practico, poder evidenciar si los PTS, cumplen con el objetivo o necesitan alguna mejora y finalmente socializarlos al personal de mina Samacá.

Los procedimientos de trabajo seguro que se tiene en mina Samacá, para la operación del tajo con rozadora se mencionan a continuación:

- PTS para la operación de canoa.
- PTS para el suministro de madera a labores de explotación en tajos.
- PTS para la operación de la rozadora.
- PTS para la operación del cabrestante.
- PTS para instalación de canastas perdidas en tajo inclinados mayor a 30°.

Cuadro 19. Ciclo de operación en el tajo con rozadora.

<p>Inicio de turno: Ingreso del personal al tajo verificando que las condiciones ambientales sean optimas y posteriormente se construye del nicho donde se va a dejar la rozadora cuando terminé la rozada</p>	
<p>Iniciar rozada: Verificar el sistema de comunicación en el tajo, los parámetros operativos de la rozadora como niveles de aceite, estado de las picas, enganche y estado de los cables, para luego dar marcha a la rozadora.</p>	

<p>Terminar rozada: Una vez la rozadora termine de rozar y genere una calle, teniendo en cuenta que el despunte al nivel superior se realiza con martillo picador, se procede a descargar el material al nivel inferior y bajar la rozadora para ubicarla en el nicho dispuesto para ello.</p>	
<p>Instalar sostenimiento: Se instala una línea de escaleras dobles en la calle que ha dejado la rozadora luego de su operación.</p>	

Fuente: Autores.

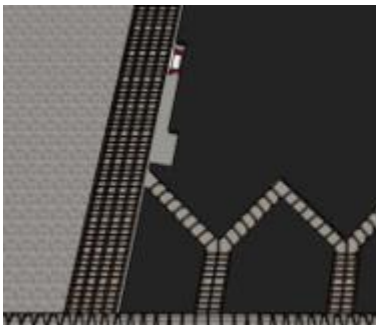
6. OPERACIÓN DEL TAJO CON ROZADORA

6.1 DESCRIPCIÓN DE TAREAS

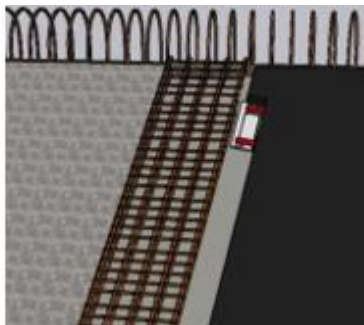
Ingresar al tajo: Los colaboradores llegan a la sobreguía de manto “C”, el nivel superior del tajo, dos de ellos realizan el ingreso al tajo, para verificar que las condiciones del sitio de trabajo y la atmosfera sean adecuadas, además son los encargados de extender el cable del sistema de comunicación por genéfono.

Crear nicho: Luego de revisar la rozadora y verificar el sistema de comunicación del tajo, se procede a subir la rozadora aproximadamente 5 metros, se deja izada la máquina y se construye el nicho en el frontón de 0,9 m de ancho, en sentido del rumbo, por 4 m de largo, en sentido del buzamiento, pieza donde quedará guardada la rozadora al finalizar la rozada (Ver Figura 42. Inciso a).

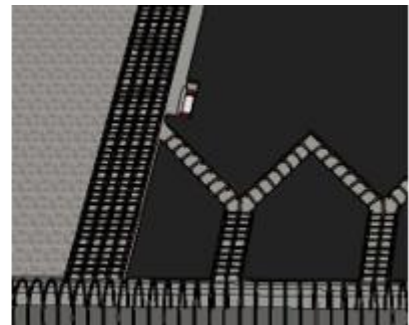
Figura 42. a) Construcción de nicho. b) Espacio para el despunte. c) Rozadora en el nicho.



(a)



(b)



(c)

Autores.

Rozada: La rozadora inicia su operación desde la base del tajo hacia la sobreguía de manto “C” por el eje del tajo (Ver Figura 42. Inciso a), rozando aproximadamente 90 metros de carbón, esta máquina es maniobrada por dos colaboradores, uno de ellos opera los mandos y otro indica la velocidad de la máquina por medio de genéfono a los colaboradores del nivel superior, quienes se encuentran operando el malacate y el tablero de control, donde además se tienen dos colaboradores en la placa de poleas quitando

grapas para que suban los cables de acero que sostienen la rozadora y el cable de alimentación eléctrica sin presentar atascamiento. Esta velocidad dependerá de la dureza del carbón, el tiempo estimado de rozada es de 3 horas.

Corrida de placa de poleas: Se corre la placa de poleas para realizar el despunte de los últimos 2 metros por debajo de la sobreguía de manto “C”, hasta dónde puede llegar la rozadora (Figura 62 inciso b). Esta placa se corre 1 metro del frontón y se asegura con tacos de madera.

Despunte: Se realiza el desprendimiento de carbón de los últimos dos metros con martillo picador neumático, debido a que no es posible arrancar el carbón con la máquina porque afectaría los arcos del nivel superior y la estabilidad de este.

Descargue: El descargue del carbón arrancado en el tajo inicia con la rozada debido a que este se realiza por gravedad, pero depende de la disponibilidad de vagonetas en la galería de manto “C”, nivel inferior del tajo, para finalizar esta actividad.

Bajar la Rozadora: La rozadora se baja al nicho a medida que se realiza la descarga del carbón, esta actividad depende directamente del tiempo de descargue, ya que hasta que no se evacue toda la carga la máquina no podrá llegar al nicho.

Distribución de Tareas y Posteo: Luego de tener la máquina en nichada, se genera el espacio para que los colaboradores realicen el posteo a la calle generada por la rozada. Para esta tarea se contará con tres parejas y teniendo en cuenta que la longitud promedio de la calle rozada es de 90 m, cada pareja de posteadores, instalara 13 escaleras.

Para dividir las tareas de cada pareja se pondrán vendas cada 32 metros, es decir un tablado que proteja a los trabajadores de la roca que se desprende del tajo; cada pareja a su vez pondrá contra vendas en su tarea, con el mismo fin. Para el vendaje, en primer lugar, se pone un taco encozado al piso, sobre la línea donde se instalará el sostenimiento y luego se hace el tablado perpendicular al buzamiento, cubriendo dos calles en sentido del rumbo.

6.2 ORGANIZACIÓN FRENTE DE EXPLOTACIÓN E EL TAJO CON ROZADORA

Cuadro 20. Organización de operación en el tajo con rozadora.

TURNO	HORARIO	ACTIVIDADES	HOMBRES	TOTAL
1	7 am - 3 pm	ROZAR	2	10
		MANIOBRA DE CABLE Y CONTROL	2	
		POSTEO	2	
		PREPARACION	2	
		ELECTROMECHANICO	1	
		SUPERVIZAR	1	

Fuente: Autores.

7. PRODUCCIÓN DEL TAJO

7.1 PRODUCCIÓN DEL TAJO CON ROZADORA

La producción diaria esperada en el tajo de manto "C", en un ciclo de rozada, se obtiene a partir de características del tajo y el manto, empleando la ecuación (10); para efectos de cálculos de producción de la rozadora, para el valor correspondiente a la longitud del tajo, se tomará un promedio, ya que cada rozada tendrá una longitud diferente debido a las diagonales que se construyeron en pie de tajo como se representa en la Figura 43.

$$PT = a * e * L * \gamma \quad (10)$$

Donde:

PT = producción total

a = avance diario

e = espesor del manto

L = longitud del tajo

γ = densidad del carbón

$$PT = 0,9 \text{ m} * 0,9 \text{ m} * 90 \text{ m} * 1,3 \text{ ton/m}^3$$

$$PT = 94,77 \text{ Ton}$$

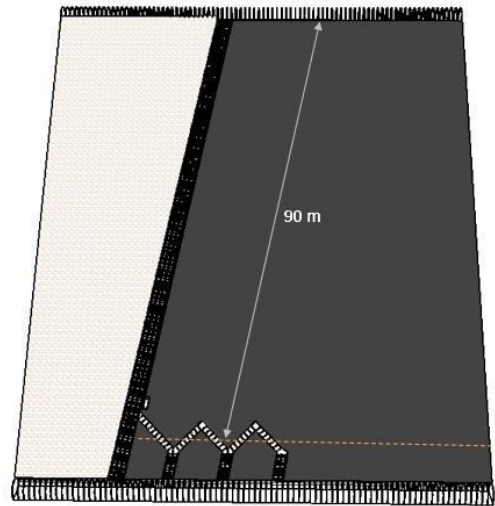


Figura 43. Disposición. Fuente: Autores

Para estimar la producción semanal, se evaluará la operación en el tajo con una rozada diaria, entonces semanalmente se realizarán 6 rozadas, para la producción mensual se tomará la producción de 4 semanas y para la producción anual se tomará lo referente a los 12 meses (Cuadro 18).

Cuadro 21. Producción con rozadora.

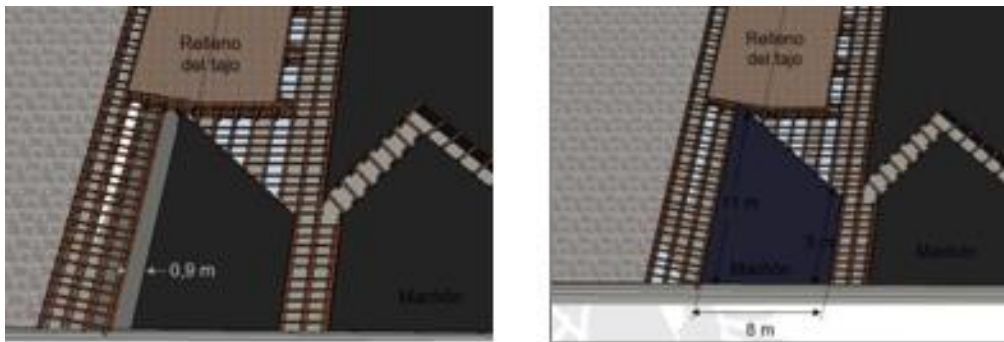
PRODUCCIÓN DE CARBÓN CON ROZADORA			
DIARIA (TON)	SEMANAL (TON)	MENSUAL (TON)	ANUAL (TON)
95	569	2.274	27.294

Fuente: Autores

7.2 PRODUCCIÓN DEL TAJO CON REPARACIÓN DE MACHONES

En el diseño del tajo se menciona que se dejan machones de protección en pie de tajo para proteger el nivel inferior pero también, que estos se van a recuperar a medida que se avanzan las diagonales. La recuperación de los machones se realizará con martillos picadores neumáticos de forma ascendente partiendo desde el nivel inferior, por medio de calles de 0,9 metros de ancho como se evidencia en la Figura 44. Inciso b.

Figura 44. (a) Machón de protección. (b) Recuperación del machón por calles.



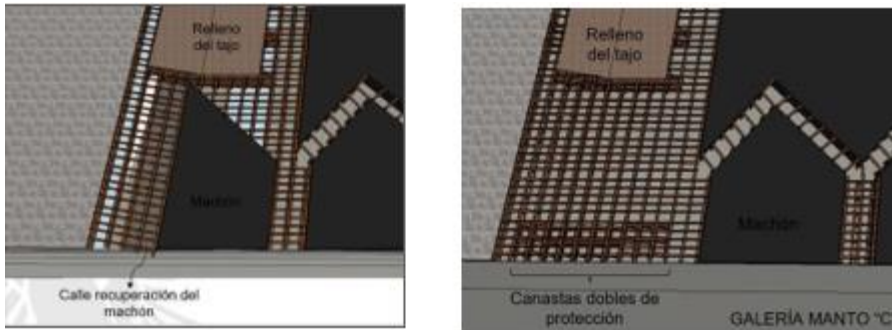
(a)

(b)

Autores.

El sostenimiento en el espacio vacío se realiza de igual forma que en el tajo, con escaleras dobles a medida que se avanza la calle de recuperación (Ver Figura 45). Inciso a) y luego de recuperar el machón de protección se procede a canastear con dos líneas de canastas no recuperables en el pie de tajo para proteger el nivel inferior, como se muestra en la Figura 45. Inciso b.

Figura 45. (a) Sostenimiento de machón. (b) Recuperación del machón.



(a)

(b)

Autores.

Luego de recuperar los machones de protección, se utiliza la ecuación (10) para el cálculo de la producción total de tajo, teniendo en cuenta que la longitud del tajo corresponde a 98 m, la cual se obtuvo en el dimensionamiento geométrico del tajo, en el Cuadro 22. se evidencia la producción total con una calle de avance en el tajo.

Cuadro 22. Producción del tajo.

Producción	
LONGITUD DEL TAJO (m)	98
ESPESOR (m)	0,9
ANCHO DE CALLE (m)	0,9
DENSIDAD DEL CARBON (Ton/m ³)	1,3
PRODUCCIÓN TOTAL (Ton)	103,19

Fuente: Autores.

En el tajo se utiliza se deben tener en cuenta los servicios para realizar los ciclos de rozadora (**Anexo F**); y además el sostenimiento con madera rolliza, tablas y tablillas, formando escaleras dobles a lo largo del tajo, de igual manera se realiza canasteo para así mejorar la seguridad y prevenir cualquier tipo de derrumbe.

8. SUMINISTRO PARA EL TAJO

8.1 CONSUMO DE MADERA

Para el cálculo de la madera que se requiere en el tajo, se tendrán en cuenta las características geométricas del tajo y las dimensiones de las escaleras ya que están conforman el sistema de sostenimiento empleado en el tajo, en el Cuadro 23. se presenta la cantidad y especificaciones de la madera que se utilizará para instalar el sostenimiento en una calle luego de efectuarse la rozada.

Cuadro 23. Consumo de madera por rozada.

Características		Madera por escalera			Madera por rozada		
		Tablones (2,4 m)	Tacos(2,4m)	Tablilla forro (1,2 m)	Tablones (2,4 m)	Tacos (2,4m)	Tablilla a forro (1,2 m)
L. Tajo (m)	90	1	1,5	5	38	56	1 8 8
L. Escalera (m)	2,4						
N° Escaleras	38						

Fuente: Autores.

Teniendo en cuenta que el sostenimiento en el espacio vacío luego de la extracción del mineral se complementa con la instalación de dos líneas de canastas no recuperables luego de tener tres calles libres. El cálculo de la cantidad de madera para canastear una calle se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 24. Consumo de madera por calle canasteada.

Características		MADERA PARA CANASTEO		
		N° Canastas/ Calle	Cant. Tacos/ Canasta	Calle Canasteada (m)
L. tajo (m)	90	15	16	240
Distancia entre canastas (m)	6			

Fuente: Autores.

Como se ha mencionado anteriormente el tratamiento al espacio vacío se realizará con la construcción de un cajón para llenado, el cual implica un tablado a lo largo del tajo, cubriendo de piso a techo la sección y una línea de canastas en la base; es por eso por lo que también se toma en cuenta para el cálculo de la madera que se requiere en el tajo. Finalmente se calcula la cantidad de madera requerida para una semana de operación en el tajo (Ver Cuadro 25), teniendo en cuenta que se realiza una rozada diaria, lo que implica que semanalmente se instalan de 6 líneas de escaleras, se dejan dos calles canasteadas y se realiza la construcción de un cajón.

Cuadro 25. Consumo de madera semanalmente en el tajo.

Madera por semana en el tajo				
Tablón (2,4 m x 0,15m)	Tacos (2,4m)	Tablilla (1,2 m)	Tacos (1m)	Tabla (2,4m x 0,25m)
225	338	1125	528	135

Fuente: Autores.

8.2 ENERGÍA ELÉCTRICA

El consumo diario de energía eléctrica para la mina con la implementación de la rozadora, trabajando con dos turnos diarios como se muestra en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Consumo de energía eléctrica.

Consumo de energía eléctrica mina-SAMACÁ				
Distribución	Equipo	Potencia del Equipo (KW)	Horas de uso/día	Consumo Diario (KW)
Nivel patio Manto "C"	Pala eléctrica	49,02	8	392,16
	Ventilador Zitron	21,00	16	336
	Ventilador Auxiliar	3,00	16	48
	Electrobomba	18,65	2	37,3
	Rozadora	49,00	3	147

8.3 SISTEMA DE AGUA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA ROZADORA.

El funcionamiento de la rozadora requiere de la refrigeración de motores, por lo que se contempla el sistema de agua para la operación del tajo. Para suministrar el agua al tajo se contará con una cuba de 3000 litros de capacidad, en el nivel superior, la cual suministra el agua por medio de una manguera de ½" que se acopla a la rozadora y posteriormente el sistema interno de la máquina conducirá el agua a cada uno de los dos motores, y luego de realizar el ciclo de refrigeración, el agua de cada uno de los motores sale a cada tambor, los cuales cuentan con orificios que sirven de aspersores para la salida del agua y para controlar la polución en el momento del arranque. Esta manguera del agua irá zunchada al mangón que lleva el cable eléctrico que a su vez va unido a la guaya de seguridad por medio de grapas.

9. RENDIMIENTOS

La implementación de la rozadora como sistema de arranque mecanizado en el tajo requiere de una evaluación previa de los rendimientos de la operación comparados con los del sistema de arranque con martillos picadores, los cuales se calculan a partir de la producción sobre el personal requerido en un turno como se muestra en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Rendimientos rozadoras vs. Martillos picadores.

Sistema de arranque con martillos picadores					
Producción/Turno (Ton)	Picadores	Personal L. Preparación (N.H.T)	Canasteros (N.H.T)	Rend. Picador (Ton/N.H.T)	Rend. Tajo (Ton/N.H.T)
95	14	2	7	6,79	4,13
Sistema de arranque con rozadoras					
Producción/Turno (Ton)	Picadores	Personal L. Preparación (N.H.T)	Canasteros (N.H.T)	Rend. Picador (Ton/N.H.T)	Rend. Tajo (Ton/N.H.T)
95	6	2	7	15,83	6,33

Fuente: Autores.

9.1 PERSONAL

En el siguiente cuadro se muestra el costo del personal requerido para operar en la mina con la rozadora o martillos picadores como se muestra en el cuadro 28. En el **Anexo G** se muestra todo lo relacionado a condiciones de seguridad prestados dentro de la mina. En el **Anexo H** se muestra mediante un video computarizado el cómo es que funciona y opera la máquina rozadora en la labor de explotación en Mina Samacá.

Cuadro 28. Costos del personal.

COSTOS QUINCENALES POR PERSONAL UTILIZANDO ROZADORA					
Actividad	N° Hombres	Salarios/ Hombre	Costo Personal diario	Salario Quincenal/ Hombre	Costo Personal/ Hombre
Picada	6	\$ 100.000,00	\$ 600.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 9.000.000,00
Preparacn.	2	\$ 100.000,00	\$ 200.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 3.000.000,00
Canasteo	7	\$ 80.000,00	\$ 560.000,00	\$ 1.200.000,00	\$ 8.400.000,00
Total					\$ 20.400.000,00
Costos quincenales por personal utilizando martillos					
Actividad	N° Hombres	Salario Diario/ Hombre	Costo Personal Diario	Salario quincenal/ Hombre	Costo Personal quincena l
Picada	14	\$ 100.000,00	\$ 1.400.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 21.000.000,00
reparación	2	\$ 100.000,00	\$ 200.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 3.000.000,00
Canasteo	7	\$ 80.000,00	\$ 560.000,00	\$ 1.200.000,00	\$ 8.400.000,00
Total					\$ 32.400.000,00

Fuente: Autores.

9.2 CONSUMO DE ENERGÍA

En la operación del tajo con martillo picador se utiliza aire comprimido, para calcular el consumo de energía es necesario calcular el consumo de aire comprimido (Ver Cuadro 29) para luego determinar la potencia que necesita un compresor para suministrar dicho caudal y así calcular el consumo de energía del compresor.

Cuadro 29. Consumo de aire compresor. en el tajo.

Consumo de aire comprimido en el tajo con martillos					
Equipo	Cantidad	Consumo (CFM)	Demanda pico (CFM)	Factor de uso	Consumo req. (CFM)
Martillo picador ML-37. Preparación	1	38,8	38,8	0,5	19,4
Martillo picador ML-37. Expl.	7	38,3	271,6	0,5	135,8
Winche canoa	1	125	125	0,5	62,5
Total					217,7

Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta el factor de pérdidas y el de seguridad se estima que la operación requiere un compresor de 250 cfm el cual presenta una potencia 53,52 KW, este valor se tomara para el cálculo del consumo de energía para la operación del tajo con martillo picador, como se evidencia en el siguiente cuadro.

Cuadro 30. Consumo de energía en el tajo con martillos picadores.

Consumo de energía en el tajo con martillos					
Equipo	Potencia del equipo (KW)	Consumo diario (KW)	Costo/KW	Costo diario	Costo quincenal
Compresor	53,52	428,16	\$ 420	\$179,827,20	\$2,157,926,40

Fuente: Autores.

En la operación del tajo con rozadora, aunque se utiliza principalmente energía eléctrica también se emplean equipos que utilizan el aire comprimido para su funcionamiento, es por eso que se realiza cálculo la capacidad del compresor que suministra ese caudal requerido para la operación (Ver Cuadro 31).

Cuadro 31. Consumo de aire con rozadora.

Consumo de aire con rozadora					
Equipo	Cantidad	Consumo (CFM)	Demanda pico (CFM)	Factor de Uso	Consumo req. (CFM)
Martillo picador ML-37. Preparación	1	38,8	38,8	0,5	19,4
Martillo picador ML-37. Explotación	1	38,8	38,8	0,01	0,39
Winche canoa	1	125	125	0,5	62,5
Total					82,29

Fuente: Autores.

De acuerdo con el resultado anterior y aplicando un factor de pérdidas de 5% y un factor de seguridad del 10%, se obtiene que la capacidad del compresor debe ser de 95 cfm el cual presenta una potencia de 20,26 KW (Cuadro 32), en el siguiente cuadro se presenta el consumo de energía utilizando rozadora para la explotación del tajo.

Cuadro 32. Consumo de energía en el tajo con rozadora.

Consumo						
Equipo	Potencia (KW)	Consumo	Costo/ KW \$	Costo Diario \$	Costo Semanal \$	Costo Quincenal \$
Rozadora	49,00	147	420,00	61.740,00	\$370.440,00	740.880,00
Cabrestante	15,00	45	420,00	18.900,00	113.400,00	226.800,00
Compresor	20,26	162,08	420,00	68.073,60	408.441,60	816.883,20
TOTAL						1.784.563

Fuente: Autores.

10. CONCLUSIONES

Mediante este proyecto que consistió en introducir un sistema de arranque mecanizado y automático para el corte y posterior extracción de carbón en Mina Samacá, ubicada en el departamento de Boyacá, se logró valorar el método de perforación activo en manto “C” y sus respectivas condiciones de operación, dejando en evidencia algunos factores que repercuten en beneficios inferiores respecto a las expectativas de la empresa C.I MILPA S.A.A.

Posterior a las labores de diagnóstico operacional en tajo de Manto “C”, se constató bajos rendimientos operacionales y de explotación como consecuencia del método de corte del mineral en la mina mediante martillos picadores la empresa determina que se hace necesario suspender dicha actividad viéndose comprometida además la seguridad táctica en el lugar.

A través de dichos análisis operacionales al sistema de martilleo también se evidencia que los bajos resultados de explotación se deben principalmente a características y propiedades como la dureza del carbón y el sentido de corte implicando negativamente estos aspectos en las habilidades y comodidad de los operarios de la mina.

Se encuentran hallazgos importantes en materia de resultados operacionales y de seguridad nos permite y con colaboración principal con la empresa, poner como alternativa de extracción un sistema mecanizado que permita desprender el mineral del frente de explotación por medio de la rozadora Poisk-II y a su vez mejorar las condiciones de trabajo del personal minero en la forma que se consiguió determinar que las características geométricas de manto “C”, como el espesor de la capa de 0.9 metros, continuidad en el rumbo de 1Km y en el buzamiento de 400 metros, se cumplen con las condiciones geológico-mineras para implementar el sistema mecanizado.

Conocidos los resultados de obtención de mineral gracias al uso de arranque mineral con martillo picador, muestran aproximadamente 70 toneladas diarias de carbón en un espacio de 98 metros de longitud y una altura de 90 centímetros en un plano inclinado de

48°, empleando siete parejas y cada una empleando este tipo de herramienta, se evidencia altos costos de extracción como también la seguridad de los trabajadores se ve comprometida al ser expuestos a golpes por desprendimientos inesperados de roca mineral o inclusive instrumentos de manipulación para avanzar en el frente.

Para poner en funcionamiento la rozadora Poisk-II con el objetivo de sustituir el método de explotación mineral con martillos picadores, fue necesario realizar primeramente una serie de actividades como acceso al manto por medio de niveles determinados como Sobreguía de manto “C” o nivel superior y galería de manto “C” o nivel superior. En el nivel de Sobreguía se hace necesario hacer un sistema de amarre con arcos para proyectarla como salida del tambor de la rozadora y como método de soporte de presión del manto rocoso. Estas labores permiten además del ingreso del personal de operación también el suministro de insumos, herramientas, y el espacio suficiente para el aparcamiento del tren de vagonetas para el respectivo traslado del material rozado en el tajo.

La instalación del sistema electrificado además conformado por un transformador Bomar, permite que el sistema de arranque mecanizado sea puesto en marcha gracias a una carga total de 400KVA colocada para el funcionamiento de la rozadora.

Una vez realizada las actividades previas de instalación del sistema, se procede a hacer el ensamblaje en conjunto del sistema de extracción; es decir, se pudo ingresar satisfactoriamente el cabrestante, la placa de poleas, cables de acero, cables de energización por el nivel superior y la rozadora por el nivel inferior.

Con la puesta en funcionamiento de la máquina rozadora se logra obtener una producción diaria aproximada de 95 toneladas, 569 toneladas semanales (6 rozadas por semana) y 2274 toneladas mensuales lo que por lo que representa un incremento diario del 21% respecto a la producción con el sistema de martillo picador.

Con los costos de operación (personal y maquinaria) también se ve una ventaja económica significativa entre los dos sistemas de arranque; siendo para el sistema de explotación con martillos un valor de \$32.000.000,00 y para el sistema de arranque

mecanizado un costo total de \$20.400.000,00, se encuentra un ahorro monetario del 36% implementando el sistema con rozadora.

La implementación de la rozadora implica tomar medidas de cambio para la seguridad del personal que se ve implicada en la operación de la máquina; como consecuencia de golpes por desprendimiento de rocas, sobre esfuerzos y malas posturas, atrapamiento por derrumbe, asfixia por acumulación de carga en rutas de evacuación, y golpes por caída de elementos de sostenimiento.

11. RECOMENDACIONES

En el diseño de las labores de preparación, específicamente las diagonales, se debe considerar un ángulo de inclinación de 45°, esto con el fin de garantizar que la carga ruede y se dirija a los tambores de descargue.

La posición del manto respecto a los niveles superior e inferior es fundamental, en el superior para garantizar el volteo de las vagonetas al cajón de llenado del tajo con el material arrancado en este nivel y en el inferior para garantizar el descargue del carbón a los trenes que lo transportaran hasta los pozos de descargue.

Se debe garantizar el llenado del cajón del tajo por tres razones, en primer lugar, para evitar la convergencia en el tajo y en los niveles superior e inferior, en segundo lugar, para reducir costos en el transporte del material del nivel superior a superficie y por último para contribuir con la parte ambiental al presentarse menos material estéril en superficie. Es importante garantizar un óptimo ciclo de transporte en el nivel inferior, para descargar el material del tajo y no presentarse interrupción en el ciclo de rozada.

Es importante capacitar al personal minero para operar el cabrestante y el tablero de control no solo a los electromecánicos, para que todos los colaboradores del turno de rozada tengan conocimiento y puedan operarlo, en caso de que los encargados no se encuentren disponibles.

Se debe contar con preparaciones de trabajo para el ingreso de todos los equipos que se requieren para la operación del tajo con rozadora, donde se tenga en cuenta al personal necesario, las ayudas mecánicas para el izaje de cargas y las normas y medidas de seguridad para evitar cualquier incidente y/o accidente; debido a que algunos de estos equipos como el cabrestante y la rozadora, por su volumen y peso pueden presentar dificultades e inconvenientes a la hora de realizar el ingreso a la mina.

BIBLIOGRAFÍA

Acerias Paz del Rio. Informe final de exploración geológica del título minero 070-89, zona 2 Samaca, 2017.

BRICOS. Tableros de distribución. {En línea}. 2021. Disponible en: <http://bricos.com/2012/10/tableros-de-distribucion/>

CAMION MILITAR. Genéfono de campaña fabricación Española. {En línea}. Disponible en: <https://www.camion-militar.com/spa/item/MDX0005.html>

C.I MILPA S.A.S. Historia. {En línea}. 2021. [Consulta: 25 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://www.milpa.com.co/historia.html>

C.I MILPA S.A.S Informe general de la empresa. {En línea}. Disponible en: http://www.milpa.com/mision_vision.html

CIRPROTEC. Importancia del sistema de puesta a tierra. {En línea}. Junio de 2016. Disponible en: <http://www.cirprotec.com/es/Solutions/Safeground/Importancia-del-sistema-de-puesta-a-tierra>

COHIMAR. Válvulas de retención Roquet. {En línea}. [Consulta: 30 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.bombaroquet.com/PDF/Valvulas-de-Retencion-Roquet.pdf>

EATON. Tableros de distribución: Conceptos fundamentales de los tableros de distribución. {En línea}. 2021. Disponible en: <https://www.eaton.com/mx/es-mx/products/low-voltage-power-distribution-control-systems/switchboards/switchboard-fundamentals.html>

EMISA, Equipos Mineros e Industriales. Martillos neumáticos La Cruz. {En línea}. Disponible en: <http://www.emisalacruz.com/catalogo/productos/7/martillos-neumaticos-picadores/m-37-b/>

Fichas técnicas de formación en prevención de riesgos laborales para trabajadores de la minería: Ayudante minero en taller con rozadora. {En línea}. Disponible en: <https://www.esm.es/wp-content/uploads/2016/04/ficha08.pdf>

GBTSUD, Servicios Mineros. AUTOSTEM. {En línea}. Disponible en: https://gbtsud.cl/?page_id=232.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. GTC-45 Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. Segunda Actualización. Bogotá. INCONTEC, 2012.

INGETES. Tableros de control eléctricos. {En línea}. 2017. Disponible en: <https://www.ingetes.com.co/tableros-automatizacion-control/>

MACKINA-WESTFALIA. Pala Cargadora EIMCO 21B. {En línea}. Disponible en: <https://www.mackina-westfalia.com/es/productos-mineria/cargue/eimco-21b.html>.

WIKIPEDIA. Labor (minería). {En línea}. 26 de mayo de 2020. [Consulta: 25 de agosto de 2022]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Labor_\(miner%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Labor_(miner%C3%ADa)).